

Influencia del error refractivo en la presión intraocular y en el espesor corneal central en una población de 6 a 17 años

› **Bueno-Gimeno, Inmaculada** *PhD*¹
O.C. 3326

› **Gene-Sampedro, Andres** *MSc*¹
O.C. 3983

› **Morales Hernández, Mari Carmen** *MSc*²

› **España-Gregori, Enrique** *PhD*^{3,4}

¹ Departamento de Óptica. Universidad de Valencia

² Generalitat Valenciana

³ Departamento de Cirugía. Universidad de Valencia

⁴ Hospital Universitario y Politécnico La Fe

PALABRAS CLAVES

PIO, niños, error refractivo, espesor corneal central

INTRODUCCIÓN

La presión intraocular (PIO) es la manifestación del contenido de humor acuoso en circulación en el ojo, siendo fundamental que la producción y drenaje estén dentro de un equilibrio adecuado para mantener en un estado óptimo de funcionamiento las estructuras oculares. Se considera que, dependiendo de cada persona, hay unos valores críticos, a partir de los cuales se produce una alteración microvascular, con un sufrimiento sobre todo de los tejidos nutridos en la zona del nervio óptico. Si persiste en el tiempo ocasiona una neuropatía óptica crónica y progresiva llamada glaucoma.

Siendo un factor de riesgo la PIO con la edad, resulta interesante en grupos que no presentan otras variables que pueden desencadenar el glaucoma, su valoración y control periódico a partir de ciertas edades, tomando muchos clínicos como referencia de partida generalmente los 40 años. Sin embargo, además de esta alteración ocular caracterizada por una PIO no adecuada, también determinadas ametropías cursan con una presión anormal asociada, planteándose si pueden surgir estos cambios en la etapa infantil y adolescente que es cuando se conforman la mayor parte de los errores refractivos.

Se ha puesto de manifiesto la relación entre el grado de miopía y el incremento de la PIO¹⁻³ justificándose por la elongación axial a través de la tensión escleral.⁴ Esta relación se ha encontrado mayor en miopes >-9.00 D. que en miopes ≤-3.00 D.⁵ Considerando que una PIO más elevada podría estar asociada con una longitud axial (LA) mayor.^{6,7} En este sentido, hay autores que han encontrado una relación significativa entre la PIO y la LA tanto en niños⁸ como en adultos.⁹ Siendo más alta en ojos con LA mayores de 25.00 mm.¹⁰ Estos resultados plantean si pudiese existir una relación significativa entre la PIO y el crecimiento de la miopía en niños.¹¹

Al contrario, otros autores¹² no encontraron correlación entre la LA y la PIO en niños, lo que podría justificar que la asociación entre la LA y la PIO sólo está presente en sujetos con los ojos totalmente desarrollados.¹³ También se ha sugerido que puede haber una predisposición genética a la PIO elevada con la miopía, encontrando valores más altos de PIO en niños cuyos padres eran miopes, que en aquellos que los padres no lo eran, planteando que la PIO no es un factor contribuyente en el crecimiento de la miopía, sino una consecuencia de la misma.¹⁴ En este sentido, Goss *et al.*¹⁵ no encontraron valores altos de PIO después del inicio de la miopía.

Actualmente no está aún claro el papel de la PIO en la evolución de las ametropías en función de si la PIO es un precursor del crecimiento axial o una consecuencia del incremento del tamaño del globo ocular.⁸ Ni tampoco existe mucha información sobre los valores de la

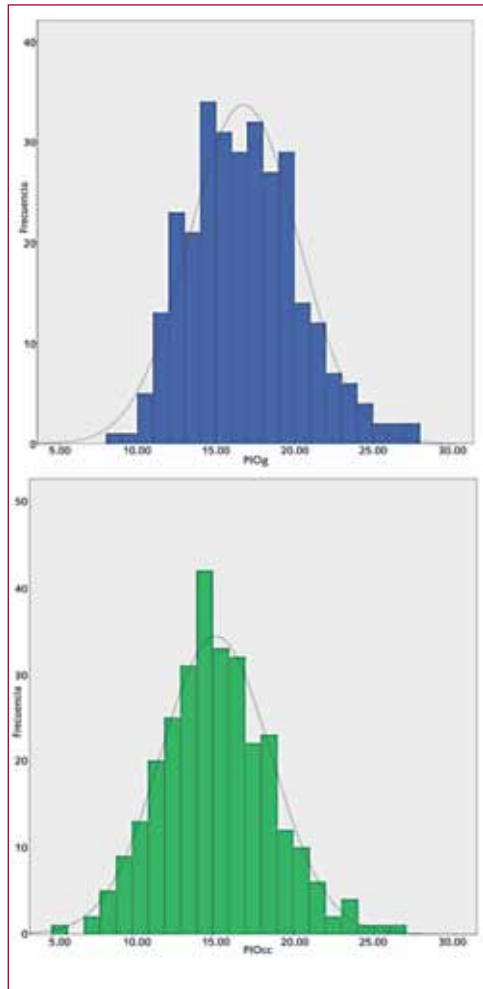


Figura 1. Distribución de las frecuencias de las presiones intraoculares: a) PIOg y b) PIOcc.

PIO en la población sana normal joven ni del espesor corneal central (ECC) siendo una medida clínica a tener en cuenta por su influencia en la interpretación del valor de PIO obtenido.

El objetivo de este estudio sería, en primer lugar, obtener unos valores de referencia tensionales y de ECC en niños y adolescentes; evaluar la posible influencia del error refractivo en los valores de la PIO y por otro,

conocer si existe alguna variación de la PIO con la edad durante el desarrollo. Todo ello en un grupo de niños caucasianos con edades comprendidas entre los 6 y 17 años.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio transversal, descriptivo y no aleatorio, evaluando 293 niños sanos (135 niños y 158 niñas), con edades comprendidas entre los 6 y 17 años.

Se dividió a los sujetos en tres grupos, en función del error refractivo: 99 emétopes como grupo control, (45 niños y 54 niñas); 100 miopes (36 niños y 64 niñas) y 94 hipermétropes (54 niños y 40 niñas). Los niños miopes e hipermétropes se dividieron en tres subgrupos basados en el equivalente esférico (EE): miopes bajos, error refractivo comprendido entre ≥ -0.50 y -3.00 D; miopes medios, entre -3.25 y -6.00 D y miopes altos de más de -6.00 D.¹⁶ Los hipermétropes fueron divididos en otros tres subgrupos: hipermétropes bajos, error refractivo entre $\geq +1.00$ y $+3.00$ D; hipermétropes medios, entre $+3.25$ y $+6.00$ D, e hipermétropes altos de más de $+6.00$ D.¹⁷ La emetropía se consideró como el EE entre < -0.50 y $< +1.00$ D.¹⁸ A su vez, se dividió a los niños en función de la edad en tres grupos: de 6 a 10 años, ya que según algunos autores es cuando se producen los cambios más importantes en el proceso de emetropización final;^{19,20} grupo de preadolescentes, de 11 a 13 años y adolescentes de 14 a 17 años.

Los criterios de inclusión en el estudio es que fuesen caucásicos, sanos, sin historia de patología ocular o cirugía intraocular previa y con agudeza visual con corrección óptica (si la precisaba) igual a 20/20 o mejor en cada uno de sus ojos. Los sujetos con cilindro mayor de 2.00 D y mayores de 18 años fueron excluidos del estudio.

Tabla 1. Valores promedio y desviación estándar del OD de todos los parámetros evaluados divididos según la ametropía.

	Total sujetos (n=293)	Emétopes (n=99)	Miopes (n=100)	Hipermétropes (n=94)	p Valor (ANOVA)
Edad (años)	10.84±3.05	11.88±2.97	12.11±2.76	9.08±2.57	<0.001*
LA (mm)	23.12±1.49	23.12±0.79	24.51±1.11	21.64±0.89	<0.001*
EE (D)	+0.14±3.41	+0.34±2.41	-3.32±2.32	+3.99±1.82	<0.001*
PIOg (mmHg)	16.75±3.49	16.74±3.40	16.79 ± 3.67	16.73± 3.43	0.92
PIOcc (mmHg)	15.19±3.42	14.71±3.22	15.75±3.52	15.11±3.47	0.10
ECC (µm)	542.68±37.20	543.85±35.65	543.02±45.38	541.11±28.45	0.88

*Significancia estadística (ANOVA).

Tras explicarles las pruebas a realizar a todos los padres, tutores o representantes legales, con el consentimiento de los menores, se les solicitó permiso para ser incluidos en el estudio mediante la firma de un consentimiento informado. El estudio se realizó siguiendo las directrices de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el comité ético de la Fundación Oftalmológica del Mediterráneo.

PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN

En el examen optométrico se valoró: la agudeza visual; la motilidad ocular; el examen objetivo, (mediante retinoscopia, y autorrefractómetro Topcon KR-8100P) y finalmente el examen subjetivo. La valoración de las estructuras oculares, tanto el segmento anterior como el posterior, se exploró mediante biomicroscopia.

La segunda parte de las exploraciones se efectuaron quince días después, dejando un tiempo de reposo entre cada una de ellas de al menos 15 minutos, con el fin de restablecer la película lagrimal. Estas pruebas fueron realizadas por un único examinador (I.B.G.), bajo las mismas condiciones, y siempre en la misma franja horaria (entre las 3 y las 6 de la tarde), para reducir los posibles efectos de las variaciones corneales durante el día.²¹

Las medidas de la PIO se tomaron con el sistema analizador de respuesta ocular (ORA, Reichert Ophthalmic Instruments, Depew, New York. Software versión 1.10), el cual es un neumotonometro similar al tonómetro de aire estándar de no contacto, que utiliza un impulso rápido de aire y un avanzado sistema electro-óptico que registra dos mediciones de presión por aplanación. La técnica del ORA ya ha sido descrita,²²⁻²⁴

así como su repetibilidad, tanto en niños,²⁵ como en adultos.²⁶

Con el ORA se obtiene una presión intraocular equivalente a la tonometría de aplanación Goldmann (PIOg), y una presión intraocular compensada por las propiedades biomecánicas de la córnea (PIOcc), cuyo valor no depende del espesor corneal. Además nos proporciona dos valores correspondientes a las propiedades biomecánicas corneales, la histéresis corneal (CH), que es un indicador de la capacidad de amortiguación de la córnea, y refleja la capacidad del tejido corneal de absorber y disipar energía, y el factor de resistencia corneal (CRF), el cual es un indicador de la resistencia total de la córnea, ante la fuerza aplicada.

El ORA lleva incorporado una sonda que nos proporciona el ECC, pero es necesario el uso de anestésico tópico. En el presente trabajo el ECC fue evaluado mediante una técnica de no contacto: la tomografía de segmento anterior, Visante™ OCT (versión 3.0.1.8., Carl Zeiss Meditec). Tiene una alta reproducibilidad,²⁷ buena correlación con la paquimetría ultrasónica,^{28,29} rapidez y no contacto, características fundamentales al tratarse de una población infantil. En cada sujeto, se realizaron cuatro medidas de cada ojo, alternando un ojo con otro, para evitar el efecto del aprendizaje, obteniéndose la media de las cuatro y descartando aquellas que no fuesen de calidad.

La medida de la LA y de la potencia dióptrica corneal media (Km) se tomó con el interferómetro de coherencia parcial o biómetro óptico (IOLMaster®, Carl Zeiss, Meditec, Inc. Software versión 5.2.1), cuya técnica y repetibilidad ya han sido descritas en niños.^{30,31} El IOLMaster también proporciona la medida de la profundidad de la

Tabla 2. Valores promedio y desviación estándar del OD de todos los parámetros evaluados divididos según la edad.

	6-10 años (n=122)	11-13 años (n=101)	14-17 años (n=70)	p Valor (ANOVA)
Edad (años)	7.99±1.31	11.37±0.87	15.13±1.39	<0.001*
LA (mm)	22.29±1.27	23.60±1.35	23.90±1.34	<0.001*
EE (D)	+1.78±3.34	-0.74±2.92	-1.46±2.96	<0.001*
PIOg (mmHg)	16.95±3.63	17.48±3.55	15.33±2.67	<0.001*
PIOcc (mmHg)	15.23±3.39	15.76±3.72	14.30±2.82	0.02*
ECC (µm)	547.39±36.51	543.02±45.38	527.20±30.46	<0.001*

*Significancia estadística (ANOVA).

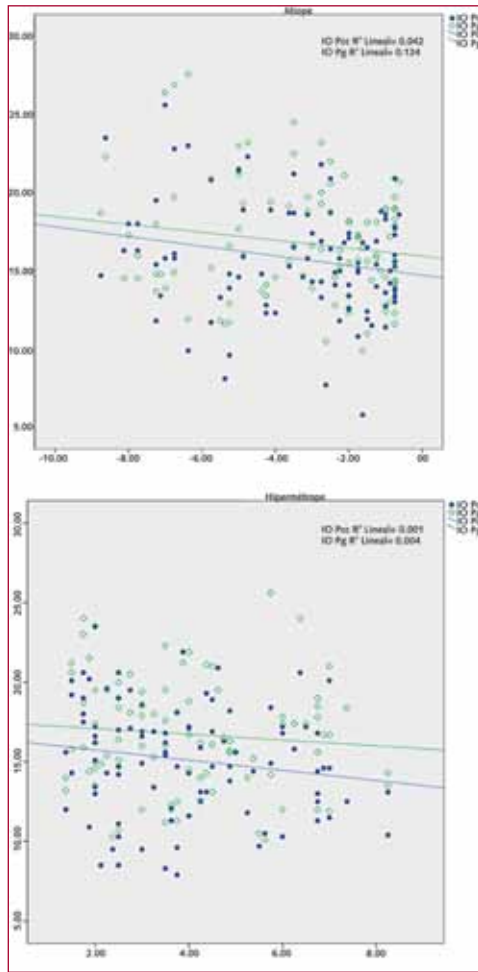


Figura 2. Correlación de las PIOs con las ametropías: a) Miopía y b) Hipermetropía.

cámara anterior (PCA), sin embargo, para el estudio estadístico se considera la que proporciona la OCT de segmento anterior, Visante™ OCT, debido a que ésta última

facilita la medida real de la PCA, tomada desde la cara posterior de la córnea hasta la parte más convexa de la cara anterior del cristalino.

Todas las medidas son automáticas y se tomaron en ambos ojos, ajustando previamente el aparato al ojo del paciente y explicando la realización de la prueba.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El cálculo y el análisis estadístico se realizaron mediante el programa estadístico SPSS (versión 19.00) para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL). Para el estudio del comportamiento que siguen los datos, se ha aplicado el test de Kolmogorov Smirnov. Todos los datos siguieron una distribución normal utilizando por tanto el coeficiente de correlación de Pearson para el análisis de la relación existente entre los diferentes parámetros medidos, considerando este valor estadísticamente significativo para un valor de *p* inferior a 0.05. Se hizo el análisis de regresión lineal múltiple, método de pasos sucesivos para examinar y cuantificar la relación entre las variables dependientes (PIOg y PIOcc) y las variables independientes o explicativas (LA, PCA, Km, ECC, y edad).

Para valorar si existen diferencias significativas entre ambos sexos en todos los parámetros evaluados, así como entre ambos ojos, se utilizó la *t*-test de Student. El análisis de varianza entre grupos, ANOVA se realizó para evaluar la influencia tanto de la edad,

Tabla 3. Valores promedio y desviación estándar del OD de todos los parámetros evaluados divididos por grupos de ametropías.

	>-6.00D (n=17)	-3.25 a 6.00D (n=24)	≥-0.50 a -3.00D (n=59)	Emétropes (n=99)	≥+1.00 a +3.00D (n=37)	+3.25 a +6.00D (n=41)	>+6.00D (n=16)	<i>p</i> -valor (ANOVA)
Edad (años)	11.01 ± 2.81	13.74 ±2.60	11.76 ±2.57	11.88 ±2.97	9.69 ±2.59	8.87 ±2.85	8.16 ±1.14	<0.001*
LA (mm)	25.37 ± 0.46	25.38 ±1.04	23.91 ±0.84	23.12 ±0.79	22.40 ±0.75	21.28 ±0.59	20.79 ±0.37	<0.001*
EE (D)	-7.34 ±0.71	-4.56 ±0.78	-1.64 ±0.77	+0.34 ±2.41	+2.20 ±0.50	+4.45 ±0.83	+6.95 ±0.55	<0.001*
PIOg (mmHg)	17.99 ±4.97	17.05 ±3.96	16.33 ±3.04	16.74 ±3.40	17.23 ±3.39	16.14 ±3.54	17.07 ±3.17	0.51
PIOcc (mmHg)	17.40 ±4.28	15.95 ±3.95	15.18 ±2.95	14.71 ±3.22	15.80 ±3.65	14.80 ±3.53	14.31 ±2.71	0.04*
ECC (µm)	577.76 ±58.50	536.25 ±35.70	535.76 ±40.48	543.85 ±35.65	532.56 ±27.88	544.39 ±28.98	552.50 ±23.80	0.001*

*Significancia estadística (ANOVA).

como del error refractivo en las medidas de la PIO. Para identificar la existencia de diferencias significativas entre grupos se utilizó el análisis post hoc, aplicando el test HSD Tukey.

RESULTADOS

Se evaluaron 293 ojos de 293 niños. La edad media (\pm DE) fue de 10.84 ± 3.05 años, siendo los valores medios de PIOg y PIOcc 16.75 ± 3.49 y 15.19 ± 3.42 mmHg respectivamente. El valor medio del ECC fue de 542.68 ± 37.20 μ m, siendo el del EE $+0.14 \pm 3.41$ D (rango de -8.75 a $+8.25$ D).

Todos los parámetros evaluados siguieron una distribución normal, en la **Figura 1** se muestra la distribución de los valores de PIOg y PIOcc. No se encontraron diferencias significativas entre el ojo derecho y el ojo izquierdo, así como entre ambos sexos ($p > 0.05$ para todos los parámetros evaluados, *t*-test Student), por lo que en el análisis se incluyó sólo el OD. Las medidas de PIO dadas por el ORA (PIOg y PIOcc), correlacionaron positivamente entre sí ($r = 0.82$, $p < 0.001$), y con el ECC, ($r = 0.43$, $p < 0.001$) y ($r = 0.18$, $p = 0.002$) para la PIOg y PIOcc respectivamente.

En la **Tabla 1** se encuentran reflejados los principales resultados (media \pm DE) de los parámetros evaluados, en el total de los sujetos evaluados y divididos por grupos en función de la ametropía. En la columna de la derecha se muestra el valor de p realizado mediante el análisis de varianza ANOVA, correspondientes a la comparación entre los tres grupos de ametropía. Al comparar la PIO entre los distintos grupos, en función de la ametropía, no se encuentran diferencias significativas en la PIOg ($p = 0.92$), ni en la PIOcc ($p = 0.10$).

La PIOcc aumenta con el incremento de la LA ($r = 0.19$, $p = 0.001$) y con el aumento de la miopía ($r = 0.21$, $p = 0.04$), disminuyendo con el incremento de la hipermetropía ($r = -0.17$, $p = 0.04$). Estas correlaciones fueron menores en la PIOg (**Figura 2**). Se encontró una correlación negativa entre la edad y la PIOg ($r = -0.16$, $p = 0.01$), posiblemente sin traducción clínica.

Cuando se muestran desglosados por grupos de edad los parámetros analizados (**Tabla 2**), se encuentra con diferencias significativas ($p < 0.001$) un aumento de la LA con

Tabla 4. Resultados del análisis de regresión lineal múltiple asociado con la PIOg y la PIOcc.

	PIOg			PIOcc		
	Coefficiente Regresión	Error Tip.	p Valor	Coefficiente Regresión	Error Tip.	p Valor
Edad (años)	-0.15	0.07	0.04*	-0.19	0.07	0.009*
LA (mm)	0.21	0.19	0.29	0.56	0.20	0.006*
PCA (mm)	0.42	0.88	0.63	-0.03	0.92	0.97
Km (D)	-0.13	0.14	0.34	-0.31	0.14	0.03*
ECC (μ m)	0.04	0.01	<0.001*	0.01	0.01	0.05

*Significancia estadística.

la edad, y de la miopía. Así como una disminución significativa del ECC con la edad. A nivel de la PIO se encuentran diferencias significativas tanto en la PIOg ($p < 0.001$), como en la PIOcc ($p = 0.02$).

Cuando se divide a los sujetos en subgrupos en función de la ametropía (**Tabla 3**), se encuentra diferencias significativas en la PIOcc entre emétopes y miopes altos ($p = 0.04$), cuya diferencia de medias fue de 2.69 mmHg (HSD Tukey) y en el ECC ($p = 0.001$). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la PIOg entre los distintos grupos divididos, según los grupos de ametropías ($p = 0.51$).

En la **Tabla 4** se muestra el análisis de regresión lineal múltiple encontrando que la PIOg y la PIOcc disminuyen con el incremento de la edad ($p = 0.04$ y $p = 0.009$ respectivamente); aumentando con la LA la PIOcc ($p = 0.006$), y con el ECC la PIOg ($p < 0.001$). La Km disminuye con la PIOcc ($p = 0.03$). Las variables LA y Rx no se analizaron juntas debido a la alta colinealidad entre ellas ($r = 0.86$).

DISCUSIÓN

La importancia de tener unos valores de referencia de la PIO en todas las edades es útil a nivel clínico para caracterizar el estado tensional ocular de un sujeto específico. En edades pediátricas, estos valores de referencia, además de ayudar a valorar la normalidad, pueden permitir conocer el comportamiento bajo diversos factores como pueden

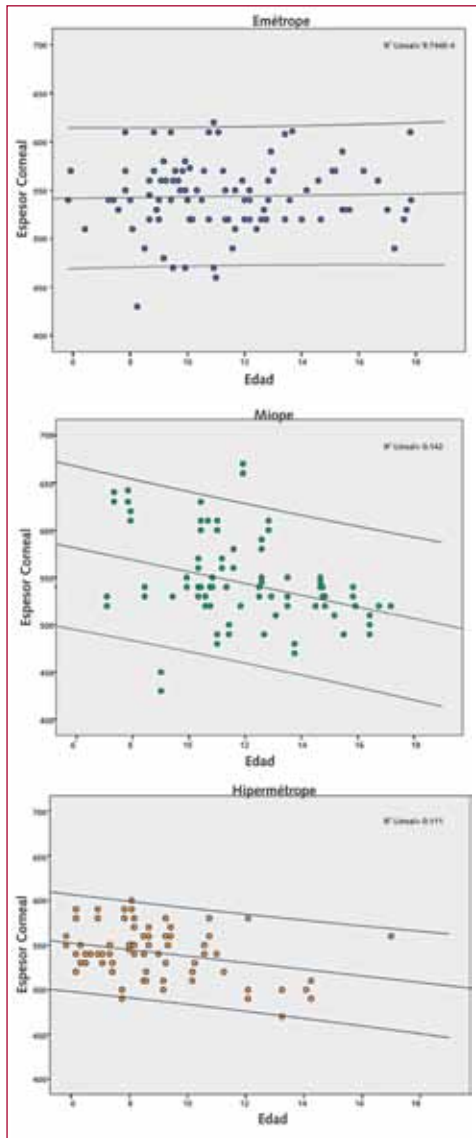


Figura 3. Cambios en el espesor corneal central con la ametropía: a) Emetropía, b) Miopía y c) Hipermetropía.

ser el desarrollo ocular, la ametropía, la LA y el En este estudio se muestran los datos normativos de PIO y ECC en niños, obtenidos por edad y ametropía (**Tabla 5**). Además de la PIO, el ECC es una medida clínica a tener en cuenta, siendo imprescindible en el glaucoma pediátrico.³² En niños sanos con una PIO moderadamente elevada, y sin otros signos de glaucoma, pueden ser valorados más conservadoramente si su ECC es sustancialmente mayor que lo normal para su edad y ametropía. Por contra, un niño con una PIO moderadamente elevada, si su ECC es sustancialmente menor que lo normal para su edad y ametropía es necesario controlarlo más a menudo para monitorizar la posible aparición de signos de glaucoma.

En nuestro estudio existe una asociación del ECC ($r=0.43, p<0.001$) y ($r=0.18, p=0.002$) con la PIOg y PIOcc respectivamente, por tanto como es de esperar, según el instrumento empleado, la PIOcc se ve menos afectada por el ECC porque es una medida que ya lo compensa. Una vez descartado el ECC (PIOcc), sí que observamos que se producen diferencias significativas en la PIO entre miopes altos y emétopes. Si se tiene en cuenta la influencia del ECC en la tensión ocular (PIOg) no se aprecian diferencias (**Tabla 3**). También se observa que, tal como aumenta la edad, se produce una disminución en el ECC, tanto en miopes como en hipermetropes, no produciéndose casi cambios en el grupo de emétopes (**Figura 3**). Quizás se pueda justificar nuestros resultados por el mismo proceso de la eme-

Tabla 5. Valores de referencia obtenidos de Presión Intraocular y Espesor Corneal Central en base a grupos de edad y a grupos de ametropía.

Años	Variable	Emetropes		Miopía		Hipermetropía	
		Media±DE	IC 95%	Media±DE	IC 95%	Media±DE	IC 95%
6-10	PIOcc	15.23±3.09	14.24-16.21	17.12±3.55	15.36-18.89	14.76±3.40	13.91-15.61
	PIOg	17.32±3.57	16.17-18.46	17.77±3.86	15.85-19.69	16.59±3.62	15.68-17.49
	ECC	543.38±37.92	531.25-555.50	556.22±61.53	525.62-586.82	547.42±24.82	541.22-553.62
11-13	PIOcc	14.97±3.59	13.71-16.22	16.07±3.60	15.00-17.14	16.58±4.14	14.64-18.52
	PIOg	17.04±3.50	15.82-18.26	17.63±3.81	16.50-18.76	18.11±3.04	16.68-19.53
	ECC	540.68±36.09	528.09-553.27	557.07±45.32	543.61-570.52	538.50±25.81	526.42-550.58
14-17	PIOcc	13.72±2.78	12.55-14.90	14.65±3.14	13.59-15.71	14.42±1.21	13.55-15.29
	PIOg	15.68±2.82	14.49-16.87	15.22±2.85	14.26-16.19	14.89±1.53	13.80-15.98
	ECC	549.13±31.81	535.69-562.56	518.47±19.38	511.92-525.03	506.00±31.34	483.58-528.42

DE: desviación estándar.

IC: Intervalo de Confianza al 95%.

tropización el cual, como mecanismo de autorregulación, conduce a un crecimiento adecuado de los componentes ópticos del ojo; manteniéndose estable en los emétopes durante el desarrollo, y viéndose alterados los componentes ópticos en los amétopes, en un intento posible de proveer una imagen focalizada en la retina.

Hussein *et al.*³³ valoraron el ECC en 108 niños y encontraron que el ECC aumentaba con la edad. Sin embargo, este estudio sólo tuvo 18 sujetos mayores de 10 años, por tanto no es extrapolable con nuestro estudio. Coincidiendo con nuestros resultados, Haider *et al.*³⁴ encontraron que la media del ECC era menor en niños tanto caucásicos como afroamericanos de 10 a 18 años, comparado con niños más jóvenes. Por el contrario otros investigadores^{35,36} en diferentes razas, no han encontrado ningún efecto del ECC con la edad.

A nivel de la PIO, en nuestro estudio los cambios con la edad no son notables, no teniendo relevancia clínica dado el rango de edad corto del estudio.

Del análisis de regresión multilínea se puede decir que, por cada milímetro de incremento en la LA, aumenta la PIOcc 0.6mmHg, siendo un cambio sin significación clínica. Por el contrario, por cada 100µm de incremento del ECC, aumenta 5.6 mmHg la PIOcc. Esto sí que puede tener significación clínica, pese a que según las instrucciones del fabricante del ORA dicho valor no depende del espesor corneal. Otros autores^{32,37,38} han encontrado valores menores variando entre 1.5 a 2 mmHg de diferencia media lo cual puede justificarse por la PIO que mide el tonómetro usado.

ERROR REFRACTIVO

En la tabla 1 llama la atención que el grupo de hipermetropes es de una edad significativamente menos que el resto, y aunque ello podría afectar a los resultados, es una cosa normal dentro del proceso de emetropización prevaleciendo más el error refractivo hipermetrópico en los más jóvenes, y siendo más miopes los más mayores.

En los tres grupos de ametropía evaluados en este trabajo, no encontramos diferencias significativas ni en la PIOg ($p=0.92$) ni en la PIOcc ($p=0.10$) (**Figuras 2 y 3**). Al no existir una relación fuerte entre el estado re-

fractivo y la PIO, hace considerarnos que el error refractivo no influye en las medidas de la PIO en el total de sujetos evaluados.

Con respecto a la miopía, siendo más común encontrar más miopes en los pacientes con glaucoma o hipertensos oculares, se ha llegado a barajar la posibilidad de que la PIO elevada influyese en la miopía. No obstante, en nuestro estudio en sujetos sanos, aunque se aprecia una ligera tendencia al aumento de la PIO tal como aumenta la cuantía de la miopía, no encontramos cambios significativos en los miopes. Encontrando cambios de PIO algo más elevadas entre miopes grandes y emétopes. De igual manera otros estudios han demostrado que la instauración de la miopía no está precedida de un aumento de la PIO¹⁵ que justifique la relación causa-efecto, aunque sí se ha observado aumento de la PIO tras la instauración de la miopía¹⁻³. Por tanto, no podemos considerar que la PIO sea un precursor del incremento en la miopía.

CONCLUSIÓN

Con el crecimiento del ojo, en los niños se producen cambios significativos en la longitud axial, y en el estado refractivo. En este trabajo se ha mostrado que el ECC, en jóvenes sanos, cambia modestamente con la edad en los emétopes, siendo mayores los cambios en miopes e hipermetropes produciéndose una disminución del ECC con la edad, que puede influir en los valores obtenidos de PIO.

Dada la limitación de datos existentes para describir el rango normal de PIO en jóvenes, en la edad escolar, en este estudio se ha obtenido una base de datos útil de las medias y los rangos normales de medida de presión que se pueden esperar usando el ORA, tanto en base a la edad como a la ametropía del sujeto, y valorando los valores de ECC.

Con la evolución del Óptico-Optometrista, en la atención sanitaria visual, el examen y cuidado visual en niños y adolescentes puede requerir la medida de la PIO y del ECC. Por ello, disponer de datos normativos puede orientar y ayudar en el manejo y en la práctica clínica. Al no encontrar ninguna influencia del error refractivo en los valores de la PIO, se debe investigar más para encontrar si existen otras posibles causas de influencia, aparte de los cambios anatómicos y fisiológicos. ↷

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Edwards MH, Brown B. Intraocular pressure in a selected sample of myopic and nonmyopic Chinese children. *Optom Vis Sci.* 1993;70:15-17.
- 2.- Wong TY, Klein BEK, Klein R, Knudtson M, Lee KE. Refractive errors, intraocular pressure, and glaucoma in a white population. *Ophthalmology.* 2003;110:211-217.
- 3.- Nomura H, Ando F, Niino N, Shimokata H, Miyake Y. The relationship between intraocular pressure and refractive error adjusting for age and central corneal thickness. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004;24:41-45.
- 4.- Lee SM, Edwards MH. Intraocular pressure in anisometropic children. *Optom Vis Sci.* 2000;77:675-679.
- 5.- Shen M, Fan F, Xue A, Wang J, Zhou X, Lu F. Biomechanical properties of the cornea in high myopia. *Vision Research.* 2008;48:2167-2171.
- 6.- Tomlinson A, Phillips CI. Applanation tension and axial length of eyeball. *Br J Ophthalmol.* 1970;54:548.
- 7.- Tsutsui K, Uozato H, Handa T, Shoji N, Mukuno K, Shimizu K. Diurnal variation of axial length and intraocular pressure in young adults. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003;44:436.
- 8.- Song Y, Congdon N, Li L, Zhou Z, Choi K, Lam DS, Pang CP, Xie Z, Liu X, Sharma A, Chen W, Zhang M. Corneal hysteresis and axial length among Chinese secondary school children: The Xichang Pediatric Refractive Error Study (X-PRES) Report No. 4. *Am J Ophthalmol.* 2008;145:819-826.
- 9.- Klein BE, Klein R, Linton KL. Intraocular pressure in an American community: the Beaver Dam Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1992;33:2224-2228.
- 10.- Congdon, NG, Broman AT, Bandeen-Roche K, Grover D, Quigley HA. Central corneal thickness and corneal hysteresis associated with glaucoma damage. *Am J*
- 11.- Chang PY, Chang SW, Wang JY. Assessment of corneal biomechanical properties with the Ocular Response Analyzer in childhood myopia. *Br J Ophthalmol.* 2009;94:877-881.
- 12.- Lee AJ, Saw SM, Gazzard G, Cheng A, Tan DT. Intraocular pressure associations with refractive error in children. *Br J Ophthalmol.* 2004;88:5-7.
- 13.- Lee KE, Klein BEK, Klein R. Changes in refractive error over a 5-year interval in the Beaver Dam Eye Study. *Invest Ophthalmol. Vis. Sci.* 1999;40:1645-1649.
- 14.- Edwards MH, Chun CY, Leung SS. Intraocular pressure in an unselected sample of 6- to 7-year-old Chinese children. *Optom Vis Sci.* 1993;70:198-200.
- 15.- Goss DA, Caffey TW. Clinical findings before the onset of myopia in youth: 5. Intraocular pressure. *Optom Vis Sci.* 1999;76:286-291.
- 16.- Weymouth FW, Hirsch MJ. Theories, definitions, and classifications of refractive errors. in refractive anomalies, Editors Grosvenor T, Flom MC. Stoneham:1991, Butterworth-Heinemann, 1-14.
- 17.- Al-Rowaily M A. Prevalence of refractive errors among pre-school children at King Abdulaziz Medical City, Riyadh, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Ophthalmology.* 2010;24:45-48.
- 18.- Mutti DO. To emmetropize or not to emmetropize? The question for hyperopic development. *Optom Vis Sci.* 2007;84:97-102.
- 19.- Hirsch, M.J. The Refraction of Children, Ch 5, in *Vision of Children*, M.J. Hirsch and R.E. Wick, eds. Philadelphia: Chilton, 1963b.
- 20.- Zadnik K, Mutti DO, Mitchell GL, Jones L A, Burr D, Moeschberger ML. Normal Eye Growth in Emmetropic Schoolchildren. *Optom Vis Sci.* 2004;81:819-828.
- 21.- Gonzalez-Meijome JM, Queiros A, Jorge J, az-Rey A, Parafita MA. Intraoffice Variability of Corneal Biomechanical Parameters and Intraocular Pressure (IOP). *Optom Vis Sci.* 2008;85:457-462.
- 22.- Luce DA. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:156-162.
- 23.- Kotecha A. What biomechanical properties of the cornea are relevant for the clinician? *Surv Ophthalmol.* 2007;52:S109-S114.
- 24.- Ortiz D, Piñero D, Shabayek MH, Arnalich-Montiel F, Alio JL. Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33:1371-1375.
- 25.- Hon Y, Cheung SW, Cho P, Lam AKC. Repeatability of corneal biomechanical measurements in children wearing spectacles and orthokeratology lenses. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012;32:349-354.
- 26.- Moreno-Montañés J, Maldonado MJ, García N, Mendiluce L, García-Gómez PJ, Seguí-Gómez M. Reproducibility and clinical relevance of the ocular response analyzer in non operated eyes: corneal biomechanical and tonometric implications. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008;49:968-974.
- 27.- Mohamed S, Lee GKY, Rao SK, Wong AL, Cheng ACK, Li EYM, Chi SCC, Lam DSC. Repeatability and reproducibility of pachymetric mapping with Visante anterior segment-optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48:5499-5504.
- 28.- Li Y, Shekhar R, Huang D. Corneal pachymetry mapping with high-speed optical coherence tomography. *Ophthalmology.* 2006; 113:792-799. e2.
- 29.- Zhao PS, Wong TY, Wong W-L, Saw S-M, Aung T. Comparison of central corneal thickness measurements by Visante anterior segment optical coherence tomography with ultrasound pachymetry. *Am J Ophthalmol.* 2007;143:1047-1049.
- 30.- IOLMaster manual and user training version 5. Versión 07/2007. <http://www.augenklinik.uni-wuerzburg.de/eulib/index.htm>
- 31.- Carkeet A, Saw S-M, Gazzard G, Tang W, Tan DTH. Repeatability of IOLMaster biometry in children. *Optom Vis Sci.* 2004;81:829-834.
- 32.- Pediatric Eye Disease Investigator Group. Central corneal thickness in children. *Arch Ophthalmol.* 2011;129:1132-1138.
- 33.- Hussein MA, Paysse EA, Bell NP, et al. Corneal thickness in children. *Am J Ophthalmol.* 2004;138(5):744-748.
- 34.- Haider KM, Mickler C, Oliver D, Moya FJ, Cruz OA, Davitt BV. Age and racial variation in central corneal thickness of preschool and school-aged children. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2008;45(4):227-233.
- 35.- Dai E, Gunderson CA. Pediatric central corneal thickness variation among major ethnic populations. *J AAPOS.* 2006;10(1):22-25.
- 36.- Zheng Y, Huang G, Huang W, He M. Distribution of central and peripheral corneal thickness in Chinese children and adults: the Guangzhou Twin Eye Study. *Cornea.* 2008;27(7):776-781.
- 37.- Bradfield YS, Kaminski BM, Repka MX, Melia M, Pediatric Eye Disease Investigator Group. Comparison of Tono-Pen and Goldmann applanation tonometers for measurement of intraocular pressure in healthy children. *J AAPOS.* 2012;16:242-248.
- 38.- Burdova MC, Ferrova K, Filous A, Oskorypova K, Lezatková P, Sedlackova P. Correlation of intraocular pressure measured by applanation tonometry, noncontact tonometry and TonoPen with central corneal thickness. *Cesk Slov Oftalmol.* 2011;67:154-157.