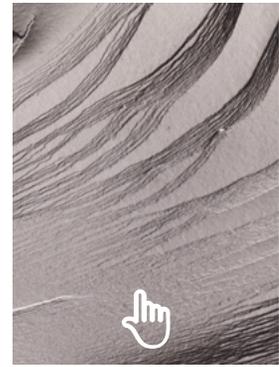


Revista Salud Bosque

ISSN 2248-5759 (impresa) | ISSN 2322-9462 (digital)



REDIB

latindex
ratology

Artículo original



Historial del artículo:

Recibido: 9 | 12 | 2021
Evaluado: 25 | 04 | 2022
Aprobado: 20 | 04 | 2022
Publicado: 15 | 06 | 2022

Autor de correspondencia:

Rey-Rodríguez Diana Valeria
Universidad El Bosque, Bogotá-Colombia
reydiana@unbosque.edu.co

How to cite

Rey-Rodríguez DV, Alvarez-Peregrina C, Moreno-Montoya J, Angarita-Contreras YL. Comparación dióptrica del error refractivo antes y después de cicloplejia en universitarios. Rev. salud.bosque. 2022;12(1):1-9

DOI: <https://doi.org/10.18270/rsb.v12i1.3832>

Comparación dióptrica del error refractivo antes y después de cicloplejia en universitarios

Rey Rodríguez Diana Valeria
Universidad El Bosque, Bogotá-Colombia
Álvarez Peregrina Cristina
Universidad Europea de Madrid

Moreno Montoya José
Fundación Santa Fe de Bogotá, Subdirección de Estudios Clínicos
Angarita Contreras Yury Lady
Universidad El Bosque, Bogotá-Colombia

Resumen:

Objetivo. Identificar diferencias en el valor dióptrico del error refractivo de universitarios y analizar la sensibilidad, especificidad y los valores predictivos de los valores de autorefracción no ciclopléjica para miopía e hipermetropía.

Materiales y métodos. Estudio observacional de corte transversal con 208 participantes incluidos. El error refractivo fue medido con autorefractómetro antes y después del uso de ciclopentolato tópico al 1 %. Para determinar la validez de la autorefracción no ciclopléjica se analizaron la prueba de sensibilidad, especificidad y valores predictivos para miopía e hipermetropía.

Resultados. Las estimaciones de prevalencia de miopía sin cicloplejia y con cicloplejia fueron antes del 74.88 % [IC 95 % -0.95-4.79] y después del 29.71 % [IC 95% -1.60-2.31] y para hipermetropía antes del 2.46 % [IC 95 % 1.16-2.70] y después del 25.14 % [IC 95 % 0.83-1.32]. La magnitud de miopía antes y después de cicloplejia fue de -2.87 D y -1.96 D y para hipermetropía +1.93 D y +1.08 D, respectivamente. La diferencia entre el examen sin y con cicloplejia para miopía fue de -0.91 D, y para hipermetropía +0.85 D. La validez de la autorefracción no ciclopléjica, identificó correctamente a 96.6 % de sujetos miopes y erróneamente a 39.43 %. En hipermetropía la prueba no ciclopléjica identificó de forma correcta a los hipermétropes (90.90 %) y no hubo ninguna clasificación errónea en este diagnóstico.

Conclusiones. La valoración sin ciclopejia refleja diferencias en la magnitud de las ametropías bajas y medias hasta en una dioptría, en comparación con el examen de ciclopejia. La validez de la prueba de autorefracción sin ciclopejia demostró una identificación errónea de sujetos miopes, resultando un incremento en la prevalencia de miopía en población menor a 40 años. Por lo tanto, es conveniente identificar a los sujetos miopes por medio de valoración ciclopléjica.

Palabras clave: ciclopejia, miopía, hipermetropía, sensibilidad, especificidad, autorefracción.

Dioptric comparison of refractive error before and after cycloplegia in university students

Abstract

Objective: To identify differences in the dioptric value of refractive error in university students and to analyse the sensitivity, specificity and predictive values of non-cycloplegic autorefraction values for myopia and hyperopia.

Materials and Methods: A cross-sectional observational study with 208 participants included. Refractive error was measured with an autorefractometer before and after the use of topical 1 % cyclopentolate. To determine the validity of non-cycloplegic autorefraction, the sensitivity, specificity and predictive values for myopia and hyperopia were analysed.

Results: Prevalence estimates for myopia without cycloplegia and with cycloplegia were 74.88 % before [95 % CI -0.95-4.79] and after 29.71 % [95 % CI -1.60-2.31] and for hyperopia before 2.46 % [95 % CI 1.16-2.70] and after 25.14 % [95 % CI 0.83-1.32]. The magnitude of myopia before and after cycloplegia was -2.87 D and -1.96 D and for hyperopia +1.93 D and +1.08 D, respectively. The difference between the test without and with cycloplegia for myopia was -0.91 D, and for hyperopia +0.85 D. The validity of non-cycloplegic autorefraction correctly identified 96.6 % myopic and erroneously 39.43 %. In hyperopia, the non-cycloplegic test correctly identified hyperopia (90.90 %) and there was no misclassification in this diagnosis.

Conclusions: The assessment without cycloplegia reflects differences in the magnitude of low and medium ametropic up to one dioptre, compared to the cycloplegia test. The validity of the autorefraction test without cycloplegia demonstrated an erroneous identification of myopic subjects, resulting in an increase in the prevalence of myopia in the population under 40 years of age. Therefore, it is convenient to identify myopic subjects with a cycloplegic evaluation.

Keywords cycloplegia, myopia, hyperopia, sensitivity, specificity, autorefraction.

Comparação do erro refrativo antes e depois da ciclopejia em estudantes universitários

Resumo

Objetivo. Identificar diferenças no valor dióptrico do erro refrativo em estudantes universitários e analisar a sensibilidade, especificidade e valores preditivos de valores de autorrefração não ciclopléjicos para miopia e hipermetropia.

Métodos. Estudo observacional transversal com incluídos 208 participantes. O erro de refração foi medido com um autorrefratômetro antes e após o uso tópico de ciclopentolato a 1%. Para determinar a validade da autorrefração não ciclopléjica, foram analisados a sensibilidade, especificidade e valores preditivos para miopia e hipermetropia.

Resultados: As estimativas de prevalência para miopia sem ciclopejia e com ciclopejia foram 74,88% antes [IC 95% -0,95-4,79] e após 29,71% [IC 95% -1,60-2,31] e para hipermetropia antes de 2,46% [IC 95% 1,16-2,70] e após 25,14% [IC 95% 0,83-1,32]. A magnitude da miopia antes e depois da ciclopejia foi de -2,87D e -1,96D e para hipermetropia +1,93D e +1,08D, respectivamente. A diferença entre o teste sem e com ciclopejia para miopia foi de -0,91D, e para hipermetropia +0,85D. A validade da autorrefração não ciclopléjica identificou corretamente 96,6% míopes e erroneamente 39,43%. Na hipermetropia, o teste não ciclopléjico identificou corretamente a hipermetropia (90,90%) e não houve erro de classificação neste diagnóstico.

Conclusões. A avaliação sem ciclopejia reflete diferenças na magnitude da ametropia baixa e média até uma dioptria, em comparação com o teste de ciclopejia. A validade do teste de autorrefração sem ciclopejia demonstrou uma identificação errónea de indivíduos miopes, resultando em aumento da prevalência de miopia na população abaixo de 40 anos. Portanto, é conveniente identificar indivíduos miopes por meio de avaliação ciclopléjica.

Palavras-chave: ciclopejia, miopia, hipermetropia, sensibilidade, especificidade, auto refração.

Introducción

Los defectos refractivos son considerados la tercera causa de ceguera prevenible en el mundo (1,2), y se asocian con morbilidades oculares que pueden causar reducción de la agudeza visual de forma irreversible (3). Para su diagnóstico, las mediciones de la refracción varían dependiendo del estado acomodativo del globo ocular (4). Los valores refractivos sin cicloplejia por lo general están sobreestimados para miopía y subestimados para hipermetropía en población joven (4–6), con variaciones en la magnitud precicloplejia y poscicloplejia que oscilan entre -0.50 dioptrías (D) en miopes y hasta 2 D en hipermétropes (7). Estas diferencias pueden variar con la edad debido a un estado de acomodación más activo en jóvenes (4,8,9).

De acuerdo con la asociación Médica de Oftalmología en China, la miopía puede clasificarse en pseudomiopía, cuyo valor refractivo negativo desaparece con la aplicación de ciclopléjicos y miopía mixta, en donde la magnitud de la miopía sin cicloplejia varía con la aplicación del medicamento (10). Cifras obtenidas de dicha población atribuyen la pseudomiopía y la miopía mixta hasta en un 60 % a factores acomodativos (10,11).

Aunque la refracción ciclopléjica puede causar efectos secundarios e implica mayores desafíos metodológicos, la evidencia actual la propone como prueba de referencia para estudios epidemiológicos de miopía en personas con edades entre 20 años y 50 años (5). No obstante, aún existe discrepancia en la edad sugerida para indicar la valoración ciclopléjica debido a diferencias menores (-0.25 D) entre las técnicas de autorefracción ciclopléjica y no ciclopléjica en adultos mayores de 20 años (4).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar diferencias en el valor dióptrico del error refractivo de universitarios y analizar la sensibilidad, especificidad y los valores predictivos de los valores de autorefracción no ciclopléjica para miopía e hipermetropía.

Materiales y métodos

Población de estudio

Estudio descriptivo observacional de corte transversal que incluyó estudiantes universitarios con miopía o hipermetropía. Se invitaron 254 personas con edades entre 18 años y 37 años a participar en el estudio; se excluyeron los participantes con opacidad en algún medio refractivo, antecedente de cirugía refractiva o patologías que comprometieran el eje visual y contraindicaciones para la aplicación de ciclopléjicos, tales como ángulo iridocorneal estrecho. En total 204 participantes fueron incluidos en el análisis. El ojo derecho constituyó la unidad de muestra y el comité de ética de investigación de la Universidad El Bosque en Bogotá otorgó el aval del estudio.

Valoración clínica

La valoración incluyó examen de refracción por medio de autorefractometría con el equipo POTEK 6000. El mismo profesional registró tres medidas, considerando el promedio de los datos siempre y cuando la diferencia no superara 0.50 D en la esfera y/o cilindro; en caso contrario los datos serían excluidos. Los exámenes fueron realizados por optómetras entrenados y la calibración del equipo se realizó antes de cada jornada de atención. Previo a la cicloplejia, cada participante fue sometido a biomicroscopía y en todos los casos se evaluaron las estructuras oculares y la profundidad de cámara anterior mediante el examen y clasificación de Van Herick (12).

Durante la valoración con cicloplejia, se aplicó una gota de ciclopléjico al 1 % en el ojo derecho dos veces con un intervalo de cinco minutos. Treinta minutos después de la instilación se realizó la valoración refractiva con el autorefractómetro POTEK 6000 (13). La compensación del medicamento fue de +0,75 D y el equivalente esférico (EE)

se definió como el valor esférico más la mitad del valor cilíndrico. Se clasificaron miopía e hipermetropía con valores superiores a 0,50 D.

Análisis estadístico

El análisis descriptivo incluyó el cálculo de medidas de tendencia central y desviación estándar para las variables cuantitativas y el uso de frecuencias y porcentajes para las cualitativas. Los análisis crudos consideraron la refracción con y sin cicloplejia como variable para la conformación de grupos. Los procedimientos fueron desarrollados en el paquete estadístico SPSS (versión 24.0; IBM-SPSS Chicago, IL, EE. UU).

Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para examinar si los parámetros seguían una distribución normal, se empleó la estadística no paramétrica de Mann Whitney para la comparación y se analizó la correlación de Spearman entre el examen precicloplejia y postcicloplejia. Valores $<0,05$ fueron considerados significativos.

La valoración del desempeño diagnóstico para la clasificación de miopía de la autorefracción no ciclopléjica (en comparación con la autorefracción ciclopléjica, considerada como prueba de referencia), se realizó por medio del cálculo de sensibilidad, especificidad y valores predictivos.

Resultados

Fueron invitados a participar 254 estudiantes, de los cuales 46 se excluyeron por cirugía ocular, prótesis, contraindicación para la aplicación del ciclopentolato y al final 208 participantes fueron incluidos en el análisis.

Las variables cuantitativas no siguieron una distribución normal. La validez de la autorefracción no ciclopléjica para la determinación del error refractivo utilizando el punto de corte para miopía de $<-0,50$ D y para hipermetropía $>+0,50$ D, identificó a la mayoría de miopes (96,6 %) y clasificó erróneamente a varios participantes como miopes (39,43 %). En el caso de hipermetropía, la prueba no ciclopléjica identificó de forma correcta a los hipermétropes (90,90 %) y no hubo ninguna clasificación errónea en el diagnóstico (100 %) (Tabla 1).

Tabla 1. Validez de la autorefracción no ciclopléjica en miopía e hipermetropía

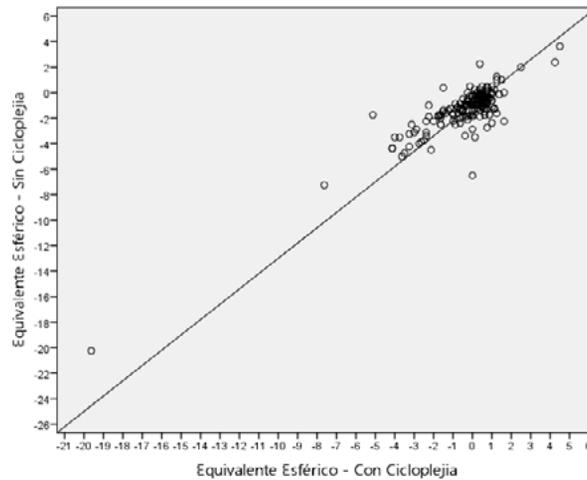
Validez	Miopía	Hipermetropía
Sensibilidad (%)	96,6 %	90,9 %
Especificidad (%)	39,4 %	100 %
VPP (%)	40,2 %	100 %
VPN (%)	100 %	76,3 %

*VPP: Valor predictivo positivo VPN: Valor predictivo negativo

Fuente: Elaboración propia

La prueba de U Mann Whitney indicó una diferencia estadísticamente significativa $<0,05$ entre los dos grupos precicloplejia y poscicloplejia. El coeficiente de correlación de Spearman entre el valor preciclopléjico y posciclopléjico fue de 0,66 con un valor de significancia $<0,005$ (Figura 1). Clínicamente estos resultados suponen diferencias que deben considerarse cuando se prescribe la corrección óptica.

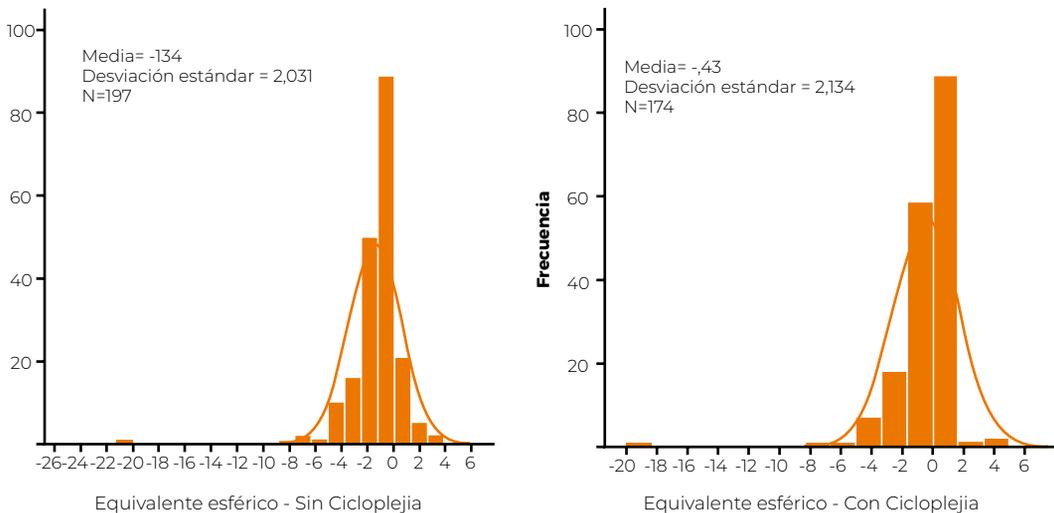
Figura 1. Gráfico de dispersión error refractivo precicloplejia y poscicloplejia



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la muestra, el rango de edad fue de 18 años a 37 años, la mediana de la edad fue de 20 años \pm 3,22 años, el 75,96 % (158) fueron mujeres (Figura 2).

Figura 2: Distribución del error refractivo con y sin cicloplejia



Fuente: Elaboración propia

Las estimaciones de prevalencia de miopía sin cicloplejia y con cicloplejia definida por el equivalente esférico fue del 74,88 % [IC 95 % -0,95-4,79] y 29,71 % [IC 95 % -1,60-2,31] y para hipermetropía fue del 2,46 % [IC 95 % 1,16-2,70] y 25,14 % [IC 95 % 0,83-1,32] respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Prevalencia de miopía e hipermetropía antes y después de cicloplejia

Error refractivo (EE)	Refracción sin Cicloplejia			Refracción con Cicloplejia			P
	n	(%)	IC 95 %	n	(%)	IC 95 %	
Miopía	152	74,88 %	-0,95 -4,79	52	29,71	-1,60 -2,31	<0,001
Hipermetropía	5	2,46 %	1,16 2,70	44	25,14	0,83 1,32	<0,001

Fuente: Elaboración propia

El promedio de miopía antes y después de cicloplejia fue de -2,87 D y -1,96 D y para hipermetropía de +1,93 D y +1,08 D, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Distribución de valores refractivos antes y después de la cicloplejia

Miopía	Promedio	Mediana	Mínimo	Máximo	DE	P
Sin cicloplejia	-2,87	-2,68	-0,88	-5,63	1,83	<0,001
Con cicloplejia	-1,96	-1,63	-0,54	-5,13	1,17	<0,001
Diferencia	-0,91	-1,05	-0,34	-0,5	0,66	

Hipermetropía	Promedio	Mediana	Mínimo	Máximo	DE	P
Sin cicloplejia	1,93	2	1	3	0,73	<0,001
Con cicloplejia	1,08	0,75	0,63	4,5	0,81	<0,001
Diferencia	0,85	1,25	0,37	-1,5	-0,08	

Fuente: Elaboración propia

Discusión

Este estudio comparó la prevalencia de error refractivo con cicloplejia y sin cicloplejia en universitarios entre 18 años a 37 años, encontrando diferencias clínicamente relevantes. Las estimaciones de prevalencia de miopía sin cicloplejia y con cicloplejia fueron del 74,88 % y 29,71 % y para hipermetropía de 2,46 % y 25,14 %, respectivamente. Los resultados indicaron una sobrestimación de la miopía y una subestimación de la hipermetropía en el examen sin cicloplejia, siendo coherente con los resultados reportados en varios estudios en donde la medición ha sido por medio de autorefractometría (4,5,9).

Por ejemplo, en estudiantes de Mongolia en China las cifras de miopía fueron de 76,7 % y 54,1 % y en hipermetropía 2,8 % y 15,5 % antes y después de cicloplejia, demostrando que la refracción no ciclopéjica conduce a mayor miopía y menor hipermetropía (8). A diferencia del presente estudio, Zhu et al., analizaron tres puntos de corte para la definición del error refractivo. Cuando el punto de corte fue >0,75 D la prevalencia para miopía e hipermetropía se redujo (8).

En un estado de Australia con 1295 sujetos en edades de 13 años a 26 años se encontró una diferencia hasta de 0,50 D entre la valoración precicloplejia y poscicloplejia (4). Sin embargo, para mayores de 20 años esta diferencia disminuyó (4). Mientras tanto, el estudio de Sankaridurg et al., evidenció en niños menores de 12 años una diferencia casi de una dioptría (-0,95 D), mientras que en niños mayores a 12 años se

observó que se redujo en más de la mitad (-0,33 D) (6). Esta diferencia es menor en adultos mayores (0,14 D), al parecer por la reducción de la respuesta acomodativa en actividades cercanas (14).

En el presente estudio el valor promedio de miopía fue de -2,87 D antes de ciclopejía y -1,96 D después de esta. Las diferencias entre las valoraciones pre y pos ciclopejía han sido también reportadas por Sankaridurg et al., en donde se reducen en adultos con miopías mayores a -2,50 D y con longitud axial >25 mm. Este comportamiento obedece a una reducción de la acomodación en ojos miopes con magnitudes superiores a -2 D, en donde al aproximar objetos en visión próxima la divergencia de los rayos permite enfocar en la retina evitando activar la acomodación (6).

La validez de la prueba diagnóstica sin ciclopejía ha sido reportada en la literatura por Fotouhi et al., indicando una sensibilidad para miopía del 99 % y una especificidad del 80,4 %, contrario a la hipermetropía con un 47,9 % de sensibilidad y 99,4 % de especificidad, en todas las edades. Aquí la evaluación de la prueba sin ciclopejía para miopía obtuvo una sensibilidad de 96,6 % y especificidad de 39,49 %. Estos resultados evidenciaron una clasificación errónea en los sujetos que no presentan miopía con autorefracción ciclopejía. Mientras tanto, el comportamiento de la prueba para el caso de hipermetropía fue el 90,90 % de sensibilidad y una especificidad hasta del 100 %, siendo una prueba válida para el diagnóstico de hipermetropía.

Algunos factores que podrían predecir las diferencias entre ciclopejía y no ciclopejía han sido estudiados por Zhu et al (8). En donde la disminución de la presión intraocular en jóvenes podría reducir la contracción del musculo ciliar lo cual arrojaría valores más hipermetrópicos debido a la relajación de la acomodación (8). Otro factor que se relaciona con las diferencias refractivas entre las dos técnicas es la edad, considerando menores cambios después de 25 años, por lo tanto la ciclopejía podría ser un examen complementario en adultos (4).

Respecto a la influencia de la acomodación en la medición de los errores de refracción Se ha determinado en niños un esfuerzo acomodativo de -0,17 D por unidad de cambio en la refracción dinámica antes de ciclopejía y de +0,90 D después de esta. Motivo por el cual las refracciones ciclopejías presentan magnitudes más positivas, siendo comparable los resultados entre la refracción manual y automática. A diferencia, de la autorefracción antes de ciclopejía la cual podría sugerir un mayor esfuerzo acomodativo, resultando en correcciones más negativas (15).

Las diferencias en la valoración preciclopejía y posciclopejía entre los estudios se pueden atribuir a las características étnicas, etarias y sociodemográficas de cada población, la metodología propuesta, los protocolos de valoración, el punto de corte para la clasificación del error refractivo y el tipo de autorefractómetro empleado (16). En el estudio de Ying et al., la comparación entre dos autorefractómetros proporciono medidas diferentes con relación a la esfera y al cilindro hasta de 0,50 D (17).

Este estudio pretendió disminuir los sesgos a través de la valoración del error refractivo por el mismo examinador y la inclusión de protocolos definidos para cada examen, así como la calibración antes de cada jornada de atención y el registro de tres tomas por cada participante. Sin embargo, parte de la variabilidad de los datos refractivos en comparación con otros estudios puede atribuirse a un único autorefractómetro empleado (POTEC 6000), teniendo en cuenta que las características técnicas del equipo pueden diferir de un instrumento a otro (17). Asimismo, se sugiere para posteriores estudios la comparación con pruebas de refracción objetivas y subjetivas, así como la evaluación del estado acomodativo de los participantes recomendando la medición de estos parámetros en los mismos momentos del día.

En conclusión, este estudio ha demostrado que la ausencia de ciclopejía en la medición de errores refractivos se relaciona con clasificaciones erróneas en magnitudes bajas y medias, sobreestimando la miopía y subestimando la hipermetropía hasta en 1 D. No obstante, la validez de la prueba de autorefracción sin ciclopejía señaló una identificación errada de sujetos miopes, resultando un incremento de la prevalencia de miopía en población menor a 40 años.

Referencias

1. Pan CW, Ramamurthy D, Saw SM. Worldwide prevalence and risk factors for myopia. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012; 32(1):3-16.
DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
2. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, Wong TY, Naduvilath TJ, Resnikoff S. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology.* 2016; 123(5):1036-42.
DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
3. Rosello-Leyva A, Rodríguez-Masó S, Rojas-Rondón I, Linares-Guerra M, Ramos-Gómez EA, Vázquez-Adan Y. Defectos refractivos mas frecuentes que causan baja visión. *Rev Cuba Oftalmol.* 2011;24(2):271-8.
4. Sanfilippo PG, Chu BS, Bigault O, Kearns LS, Boon MY, Young TL, Hammond CJ, Hewitt AW, Mackey DA. What is the appropriate age cut-off for cycloplegia in refraction? *Acta Ophthalmol.* 2014; 92(6): e458-62.
DOI: 10.1111/aos.12388.
5. Morgan IG, Iribarren R, Fotouhi A, Grzybowski A. Cycloplegic refraction is the gold standard for epidemiological studies. *Acta Ophthalmol.* 2015; 93(6):581-5.
DOI: 10.1111/aos.12642.
6. Sankaridurg P, He X, Naduvilath T, Lv M, Ho A, Smith E 3rd, Erickson P, Zhu J, Zou H, Xu X. Comparison of noncycloplegic and cycloplegic autorefraction in categorizing refractive error data in children. *Acta Ophthalmol.* 2017 Nov;95(7):e633-e640.
DOI: 10.1111/aos.13569.
7. Mimouni M, Zoller L, Horowitz J, Wagnanski-Jaffe T, Morad Y, Mezer E. Cycloplegic autorefraction in young adults: is it mandatory? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2016; 254(2):395-8.
DOI: 10.1007/s00417-015-3246-1.
8. Zhu D, Wang Y, Yang X, Yang D, Guo K, Guo Y, Jing X, Pan CW. Pre- and Postcycloplegic Refractions in Children and Adolescents. *PLoS One.* 2016;11(12):e0167628.
DOI: 10.1371/journal.pone.0167628.
9. Chen J, Xie A, Hou L, Su Y, Lu F, Thorn F. Cycloplegic and noncycloplegic refractions of Chinese neonatal infants. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011; 52(5):2456-61.
DOI: 10.1167/iovs.10-5441.
10. Hu DN. Pseudo-myopia: is it common and treatable? *Ophthalmol. China.* 2006;15(1):10-2.
11. Lin Z, Vasudevan B, Ciuffreda KJ, Zhou HJ, Mao GY, Wang NL, Liang YB. The difference between cycloplegic and non-cycloplegic autorefraction and its association with progression of refractive error in Beijing urban children. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2017;37(4):489-97.
DOI: 10.1111/opo.12381.

12. Gispets J, Cardona G, Verdú M, Tomàs N. Sources of variability of the van Herick technique for anterior angle estimation. *Clin Exp Optom*. 2014;97(2):147–51.

DOI: 10.1111/cxo.12094.

13. Zhu D, Wang Y, Yang X, Yang D, Guo Y, Jing X, Pan CW. Pre- and postcycloplegic refractions in children and adolescents. *PLoS One*. 2016;11(12):1:11.

DOI: 10.1371/journal.pone.0167628.

14. Fotouhi A, Morgan IG, Iribarren R, Khabazkhoob M, Hashemi H. Validity of noncycloplegic refraction in the assessment of refractive errors: the Tehran Eye Study. *Acta Ophthalmol*. 2012; 90(4):380-6.

DOI: 10.1111/j.1755-3768.2010.01983.

15. Krishnacharya PS. Study on accommodation by autorefractometry and dynamic refraction in children. *J Optom*. 2014;7(4):193-202.

DOI: 10.1016/j.optom.2014.07.001.

16. Sanfilippo PG, Chu BS, Bigault O, Kearns LS, Boom MY, Young TL, Hammond CJ, Hewitt AW, Mackey DA. What is the appropriate age cut-off for cycloplegia in refraction? *Acta Ophthalmol*. 2014;92(6):e458-62.

DOI: 10.1111/aos.12388.

17. Ying GS, Maguire MG, Kulp MT, Ciner E, Moore B, Pistilli M, Candy R; VIP-HIP Study Group. Comparison of cycloplegic refraction between Grand Seiko autorefractor and Retinomax autorefractor in the Vision in Preschoolers-Hyperopia in Preschoolers (VIP-HIP) Study. *J AAPOS*. 2017; 21(3):219-23.e3.

DOI: 10.1016/j.jaapos.2017.05.008.