

# Curvas percentiles de errores refractivos en una población pediátrica española

Clara Martínez Pérez<sup>a\*</sup>, Belén Pérez Sánchez<sup>b</sup>, César Villa Collar<sup>c</sup>

<sup>a</sup>SEC Lisboa. Instituto Superior de Educación y Ciencias, Lisboa, Portugal.

<sup>b</sup>Departamento de Estadística, Matemáticas e Informática, Universidad Miguel Hernández, Elche, España.

<sup>c</sup>Departamento de Farmacia, Biotecnología, Nutrición, Óptica y Optometría, Facultad de Ciencias Biomédicas y de la Salud, Universidad Europea de Madrid, España.

**Fuente:** Martínez Pérez C, Pérez Sánchez B, Villa Collar C. Percentile curves of refractive errors in a Spanish paediatric population. *J Optom* 2022. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2022.08.005>.

## Resumen

**Objetivo.** El objetivo principal de este estudio fue obtener curvas de percentiles de errores refractivos en una población pediátrica española entre 3 y 12 años.

**Materiales y métodos.** Se realizó un estudio descriptivo, observacional y transversal, en el que se incluyeron niños con edades comprendidas entre los 3 y los 12 años que no presentaban enfermedades oculares y/o sistémicas conocidas. Se utilizó el método de muestreo por conveniencia para seleccionar la muestra de tres colegios y un hospital de la Comunidad de Madrid. El error refractivo se obtuvo utilizando un autorrefractómetro *Retinomax K-plus 3* (RTX; Right Mfg. Co. Ltd, Tokyo, Japón). Los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95 se calcularon utilizando el *software* estadístico *IBM SPSS Statistics v. 24* (IBM Corporation, Armonk, NY, Estados Unidos).

**Resultados.** Se examinaron un total de 688 niños con una edad media de  $7,68 \pm 2,17$  años. En la curva del percentil 50, los valores del equivalente esférico comenzaron a volverse miopes a los tres años ( $SE < -0,50$  D) y los de la curva del percentil 75 también se tornaron miopes a los 4 años. Como resultado, se observó que el valor del equivalente esférico se hizo más negativo con el tiempo, a partir de las edades indicadas anteriormente. Por lo tanto, la curva del percentil 90 fue negativa a los 11 años.

**Conclusión.** Se presentan por primera vez las curvas de percentiles de defectos refractivos en población pediátrica española con el fin de ayudar a los profesionales de la visión a detectar a niños con defectos refractivos a una edad temprana.

**Palabras clave:** errores refractivos, percentiles, infancia.

## Introducción

La emetropización es un proceso de desarrollo en el que las potencias dióptricas de la córnea y el cristalino

se equilibran con la longitud axial, lo que significa que cuando la acomodación ocular está relajada, el punto remoto está en el infinito óptico<sup>1,2</sup>. A medida que crece el globo ocular, el error de refracción tiende a la emetropía, un proceso que ocurre más rápidamente durante los dos primeros años de vida<sup>3,4</sup>.

Mediante la medición del error refractivo, es posible estimar la probabilidad de que un niño desarrolle miopía en el futuro en el caso de que presente una hipermetropía menor a la esperada para su edad<sup>5</sup>. El proceso de emetropización se divide en dos etapas: antes y después de los 6 años, ya que hasta los 6 años suceden cambios importantes<sup>6</sup>. Se observan tres procesos desde los tres meses de edad hasta los 3,5 años: 1) un cambio en la refracción de +2,00 D a aproximadamente +0,75 D, 2) una disminución en la variabilidad refractiva, y 3) refracciones más positivas de lo establecido (4.14). Después de esta etapa, alrededor de los 6 años, la hipermetropía persiste, y el proceso de emetropización está casi completo<sup>7</sup>. Pasados los 6 años está a punto de culminar, pero todavía es sensible a factores que pueden derivar en un error refractivo, ya sea hipermetropía, miopía o astigmatismo; se considera que este proceso finaliza a los 7 años de edad<sup>7,8</sup>. Por otra parte, la detección precoz y el tratamiento adecuado de los defectos refractivos podrían prevenir la ambliopía o la aparición de estrabismo<sup>9-11</sup>. Tradicionalmente, el método utilizado para la identificación de errores refractivos en lactantes era la retinoscopia ciclopléjica y no ciclopléjica. una técnica que requiere un amplio entrenamiento y que suele ser realizada por profesionales de la visión experimentados<sup>12</sup>. En los últimos años, se han desarrollado diferentes técnicas y herramientas para la detección de defectos refractivos que requieren una mínima colaboración por parte del niño. Los autorrefractómetros son ampliamente utilizados entre los profesionales de la



visión porque les permiten llevar a cabo una evaluación rápida y fácil<sup>13</sup>. Los autorrefractómetros portátiles son particularmente útiles cuando se examinan los errores de refracción en niños, bebés y en aquellos adultos que no pueden apoyarse en instrumentos montados en una mesa, dado que es posible que se deban tomar medidas mientras el paciente está en posición supina. Sin embargo, y hasta la fecha, muy pocos estudios han analizado realmente la precisión de estos instrumentos<sup>13</sup>.

Las curvas de percentiles se utilizan como una herramienta para evaluar el desarrollo y el buen estado de los niños<sup>14</sup>. El estudio realizado por Chen et al.<sup>15</sup> introdujo el uso de curvas de referencia para la refracción como un medio para identificar a los niños con alto riesgo de miopía, con el fin de asesorar a los padres sobre las formas en las que se podría mejorar el estilo de vida de sus hijos para reducir este riesgo.

No obstante, las curvas de percentiles de defectos refractivos son específicas de cada población<sup>16,17</sup>. Truckenbrod et al.<sup>18</sup> analizaron curvas de percentiles en Europa central. Así, obtuvieron que para todos los grupos étnicos se podía observar una tendencia a la miopía con el aumento de la edad, pero que la progresión de la miopía es mucho mayor en China y en Corea que en Alemania. El estudio realizado por Chen et al.<sup>15</sup> en Guangzhou (China), concluyó que se deben realizar más investigaciones para desarrollar curvas de percentiles refractivas.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar las curvas de percentiles de los errores refractivos en una población pediátrica española de entre 3 y 12 años.

## Materiales y métodos

### Tipo de estudio

Se realizó un estudio descriptivo, observacional y transversal que incluyó niños que no presentaban ninguna enfermedad sistémica y/u ocular conocida. Los padres de todos los participantes firmaron el formulario de consentimiento informado, declarando que habían entendido completamente los objetivos del estudio. Los sujetos de estudio fueron incluidos durante el tercer trimestre escolar de los años académicos 2016-2017 y el primer trimestre de 2017-2018. Esta investigación se realizó de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki y fue aprobada por el Comité de Ética de la Universidad Europea de Madrid.

### Muestra

La muestra se seleccionó mediante un muestreo por conveniencia en tres colegios (Colegio El Carmelo Teresiano de Madrid, Colegio Público Dulce Chacón de Fuenlabrada y Colegio Público Hermanos Torá de Humanes) y un hospital (Hospital Universitario Rey Juan Carlos de Móstoles); todos ellos ubicados en la Comunidad de Madrid. Se siguieron los mismos criterios de inclusión que en los estudios realizados por Navas-Navia et al.<sup>19,20</sup> en cuanto a agudeza visual y estereopsis. Como resultado, los participantes que se reclutaron en el entorno escolar eran niños desde preescolar hasta sexto grado, y los participantes que se reclutaron en el hospital eran niños que asistían a su primer examen oftalmológico de rutina sin antecedentes de patologías oculares. Se analizaron un total de 688 niños, de los cuales el 50,7% eran varones, según los datos de la población censal española. Los participantes tenían entre 3 y 12 años, y la edad media fue de  $7,68 \pm 2,17$  (3 años: 7; 4 años: 50; 5 años: 59; 6 años: 79; 7 años: 140; 8 años: 127; 9 años: 86; 10 años: 61; 11 años: 37; 12 años: 42). Los niños del centro hospitalario incluidos en el estudio fueron aquellos que acudieron a un primer examen oftalmológico de rutina y que no presentaban patología ocular evidente ni síntomas de defectos refractivos. Se excluyeron del estudio los niños que presentaban alguna patología sistémica u ocular. La información sobre la existencia de patología fue proporcionada por los padres o tutores durante la anamnesis que se realizó previamente.

### Materiales y procedimiento

Los datos de refracción no ciclopléjica se obtuvieron utilizando un autorrefractómetro *Retinomax K-plus 3* (RTX; Right Mfg. Co. Ltd., Tokio, Japón). Este dispositivo tiene una repetibilidad de 0,902. Esto indica que presenta una alta concordancia<sup>21</sup>. La concordancia y la repetibilidad fueron demostradas en varios estudios donde se compararon sus resultados con otros autorrefractómetros portátiles, retinoscopia y refracción bajo cicloplejia y sin cicloplejia<sup>21-26</sup>.

*Retinomax K-plus 3* es un instrumento inalámbrico y portátil con un cargador. Si no se toman medidas en seis segundos, la unidad entra automáticamente en "modo rápido" y se toma una medida en 0,07 s.

Para realizar una lectura adecuada, tanto el instrumento como el paciente debían mantenerse en una ↵

↪ posición estacionaria y el paciente debía parpadear poco o nada durante la prueba. A los pacientes se les mostró una imagen en color de un campo con un árbol de Navidad en el medio. El árbol parecía estar muy lejos e inicialmente estaba borroso. Cuando el dispositivo se movió hacia el ojo, la imagen se volvió mucho más clara para el paciente y cuando comenzaba la lectura, se escuchaba un débil pitido. Después de ocho lecturas adecuadas, se comprobó el otro ojo. El rango esférico varió de -18 a +22 dioptrías (D) aumentando 0,25 D cada vez; y el rango de cilindro era de 12 D.

**Análisis estadístico**

Se obtuvieron datos estadísticos descriptivos y diagramas de caja para la muestra total, así como para los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95. Para comparar los resultados de los ojos izquierdo y derecho, se utilizó el *software JASP v.0.13.1* (JASP Team, Universidad de Ámsterdam, Países Bajos) para evaluar la normalidad de los datos. Asimismo, se realizó una prueba no paramétrica o paramétrica, según los resultados obtenidos. Todo el análisis se realizó con un nivel de significación del 5% ( $p < 0,05$ ), utilizando el *software IBM SPSS Statistics v.24* (IBM Corporation, Armonk, NY, Estados Unidos).

**Resultados**

**Muestra**

En la *Tabla 1* se muestra el análisis descriptivo de los valores refractivos y equivalente esférico obtenidos con el autorrefractómetro *Retinomax K-plus 3*.

**Comparación ojo derecho-ojo izquierdo**

La prueba de Kolmogorov-Smirnov rechazó la normalidad de los datos; como resultado, se utilizó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para la comparación de medias. No se encontraron diferencias significativas ni en la esfera ( $Z= 0,476$ ;  $p= 0,634$ ) ni en el cilindro ( $Z= 0,855$ ;  $p= 0,393$ ), ni en el equivalente esférico RE y LE ( $Z= 0,282$ ;  $p= 0,778$ ). En cuanto a la edad, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre RE y LE para ninguna edad entre 3 y 12 años ( $p > 0,05$ ).

TABLA 1

Análisis descriptivo de errores de refracción.

Tabla 1	Análisis descriptivo de errores refractivos				
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Esfera OD	688	-8.25	6.00	-0.77	1.58
Cilindro OD	688	-4.50	1.00	-0.32	0.56
Esfera OI	688	-10.00	7.00	-0.78	1.65
Cilindro OI	688	-4.50	0.50	-0.31	0.52
EE OD	688	-8.63	5.38	-0.93	1.54
EE OI	688	-10.00	6.63	-0.94	1.62
Media de la Esfera AO	688	-8.75	6.50	-0.78	1.54
Media del Cilindro AO	688	-4.50	0.38	-0.32	0.59
Media EE AO	688	-9.19	6.00	-0.94	1.51

EE: equivalente esférico; OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo; AO: ambos ojos

**Curvas percentiles**

Las *Figuras 1 y 2* muestran el diagrama de caja del valor esférico medio y el equivalente esférico medio, respectivamente, por edad para la muestra total. No se encontraron diferencias entre OD y OI, por lo que se especificó el valor medio de ambos ojos.

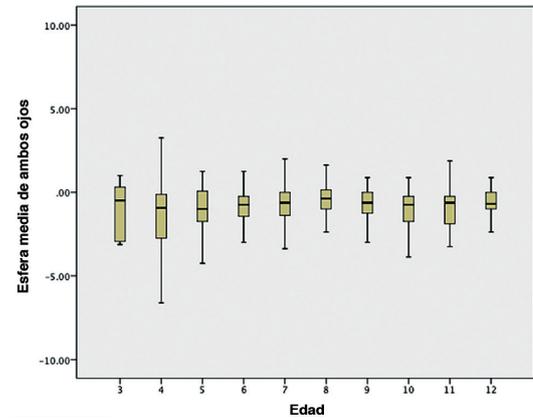


FIGURA 1

Media del valor esférico según la edad.

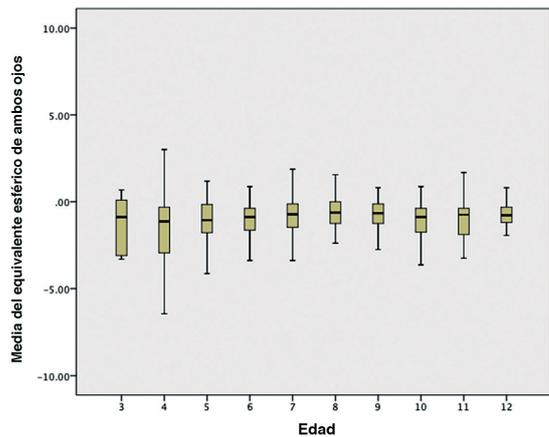


FIGURA 2

Media del equivalente esférico según la edad.

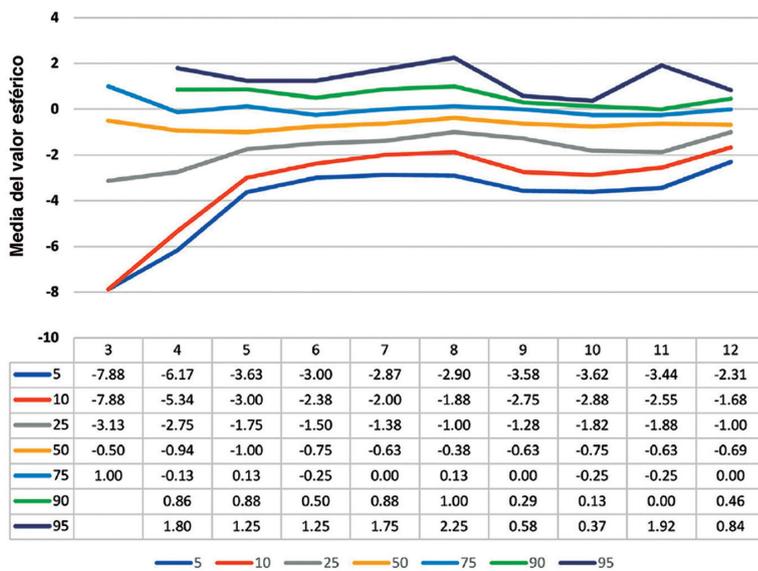


FIGURA 3

Curvas de los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95 del valor esférico según la edad.

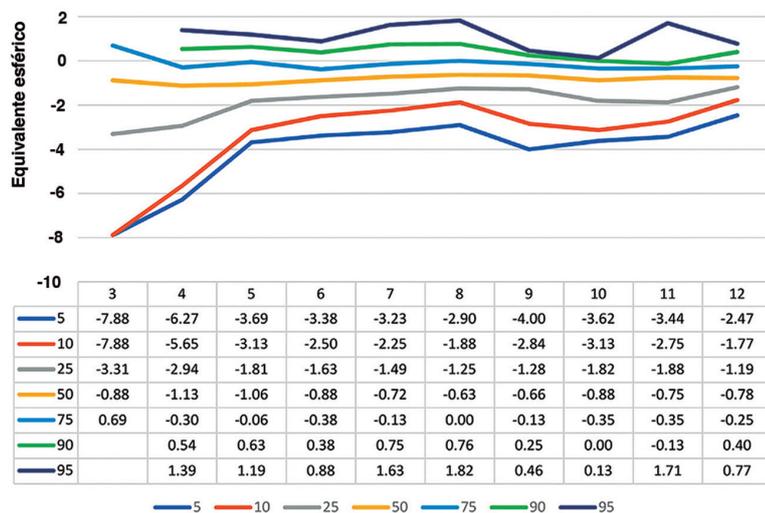


FIGURA 4

Curvas de los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95 de la media del equivalente esférico según la edad

Las Figuras 3 y 4 muestran las curvas para la media del valor esférico y la media del equivalente esférico, respectivamente; junto con la media de sus valores numéricos para los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95 por edad.

## Discusión

Los principales hallazgos de este estudio fueron que a medida que aumentan los años, el equivalente esférico se vuelve más negativo. A su vez, a medida que aumenta la edad, los valores del equivalente esférico se acercan en cada percentil. En las últimas décadas se ha producido un aumento sin precedentes de la prevalencia de la miopía en prácticamente todo el mundo, pero con diferencias regionales muy significativas, siendo su frecuencia muy superior en el Este

y Sudeste Asiático, seguido de Europa. En Latinoamérica, con excepción de México, y en África, se han reportado tasas de miopía en valores más bajos. Entre los factores que han desencadenado esta epidemia se han identificado tanto los hereditarios como los ambientales, siendo estos últimos aparentemente los de mayor impacto<sup>27-31</sup>.

*Retinomax* es un autorrefractómetro portátil que permite una estimación rápida del estado refractivo. Desde su introducción en 1995, este dispositivo se ha utilizado ampliamente, específicamente para evaluar los estados de refracción de los niños, tanto en un entorno práctico como con fines de investigación. Gracias a características como su portabilidad y buena sensibilidad y especificidad (0,90 y 0,94 respectivamente, en niños de 36 a 72 meses), se considera un dispositivo útil para obtener medidas definitivas del error refractivo en condiciones ciclopléjicas, particularmente en estudios de investigación. Asimismo, es útil para detectar errores refractivos elevados en niños pequeños y en condiciones no ciclopléjicas<sup>24,32,33</sup>. En cuanto a la cicloplejía, *Retinomax* se ha utilizado para comparar y medir el error refractivo en estudios epidemiológicos considerando las enfermedades oculares en poblaciones pediátricas<sup>34,35</sup>. Por lo tanto, estudios previos de cribaje visual han demostrado que es una herramienta útil para el diagnóstico de errores refractivos<sup>24,36</sup>. Un estudio realizado por Tuncer et al.<sup>12</sup> comparó el uso de *Retinomax* en condiciones ciclo-

pléjicas con el uso de retinoscopia en 127 pacientes con una edad media de 96,7 meses, y no encontró diferencias significativas entre ambos dispositivos en cuanto a la esfera, cilindro y equivalente esférico. Por lo tanto, destaca el hecho de que *Retinomax* se puede utilizar con éxito como herramienta de detección. Un estudio similar realizado por Ying et al.<sup>37</sup> compararon la retinoscopia no ciclopléjica con *Retinomax* y con *SureSight Vision Screener* (Welch Allyn Medical Products, Skaneateles Falls, NY) en condiciones ciclopléjicas en niños preescolares. Todos los dispositivos ofrecieron una precisión igualmente alta para detectar deficiencias visuales en todo tipo de evaluaciones. Al realizar exámenes con *Retinomax* en condiciones no ciclopléjicas, Liang et al.<sup>38</sup> encontraron que los valores eran 0,59 D más negativos que los alcanzados ↵

↪ al usar cicloplejía en la esfera. Sin embargo, no se encontraron diferencias en el cilindro y en el eje. Además de los datos de esfera obtenidos en condiciones no ciclopléjicas, en general, el 90% de las diferencias de la esfera y el cilindro estaban dentro de 0,5 D, y más del 97% de las diferencias en el eje bajo condiciones ciclopléjicas, y el 68% de aquellos en condiciones no ciclopléjicas estaban dentro de los 20°. Estos resultados estaban en consonancia con los obtenidos en los estudios de Tuncer et al.<sup>12</sup> y Truckenbrod et al.<sup>18</sup>, en los que la diferencia entre los valores obtenidos en condiciones ciclopléjicas y no ciclopléjicas fue de 0,80 D y 0,75 D, respectivamente. Como resultado, la literatura revisada confirmó que *Retinomax* se puede emplear con éxito como herramienta de detección; sin embargo, es posible que no brinde la precisión requerida para prescribir gafas.

Los datos sobre las curvas de percentiles en niños se presentaron por primera vez en un estudio RESC (*Refractive Error Study in Children*), que se llevó a cabo en la ciudad de Guangzhou en China<sup>15</sup>. En esta investigación realizada en China, a diferencia de este estudio, se reportaron curvas de percentiles por sexo y edad, y solo se obtuvieron los percentiles 3, 50 y 97. No obstante, al comparar resultados, España muestra un entorno más miope en niños de 5 a 9 años; y es importante señalar la diferencia entre los resultados del percentil 3, obtenidos en China, y los del percentil 5, obtenidos en España a los 5 años. Asimismo, en China, el percentil 3 para niñas y niños fue -0,25; y en España, el percentil 5 fue -3,69. En cambio, esta situación evoluciona a partir de los 10 años, con China convirtiéndose en un entorno más negativo.

Esto puede deberse a que en China la etapa preescolar se inicia a los 5 años, mientras que en España se inicia a los 3 años. Asimismo, en China, el horario escolar para los niños de esa franja de edad es de 7:30 a 16:00 horas, y los niños tienen más deberes y dedican más horas a realizar actividades en visión cercana<sup>39</sup>. Esto se relaciona directamente con la idea de que cuantas más horas se dedican a actividades de visión cercana, mayor es el riesgo de desarrollar miopía<sup>40,41</sup>.

Posteriormente, un estudio realizado en Corea en 2018, con niños de 5 años, reportó valores de +0,72 D y +0,04 D para el percentil 10 y 50, respectivamente<sup>42</sup>. A pesar de que el equivalente esférico fue más negativo entre los niños españoles, los valores del equivalente esférico fueron más similares. Esto confirma la tendencia al alza en cuanto a la prevalencia en los últimos años de la miopía en niños.

En Europa, solo se ha publicado un estudio sobre curvas de percentiles de errores refractivos, y este estudio se realizó en Alemania en 2020<sup>18</sup>. Este trabajo siguió la misma metodología que la utilizada en el estudio realizado por Chen et al.<sup>15</sup>. Nuestros resultados mostraron una vez más un entorno más miope hasta los 10 años. Como se mencionó anteriormente, esta diferencia podría estar relacionada con el año en que se tomó la muestra y si fue antes del confinamiento

provocado por la pandemia. No obstante, la prevalencia de miopía en niños alemanes fue menor que en niños españoles, con una prevalencia del 20,1% entre los niños españoles de 5 a 7 años<sup>42</sup> y del 13,3% entre los niños alemanes de 3 a 17 años<sup>17</sup>.

Una de las principales fortalezas de este estudio es que los valores normativos presentados son los únicos que se han registrado en España. Por otro lado, la principal limitación de este estudio fue que se utilizó un muestreo por conveniencia, lo que explica por qué estos resultados no son directamente extrapolables a toda la población; además, estas curvas pueden entenderse como indicativas. Este aspecto debe ser considerado en futuros estudios. A su vez, se debe considerar que el instrumento utilizado (*Retinomax*) es más preciso cuando se utiliza en condiciones de cicloplejía, y en este estudio la refracción se realizó sin cicloplejía. También hay que destacar que la muestra procede en su totalidad de hospitales de la Comunidad de Madrid, por lo que sería interesante llevarla a cabo también en otras comunidades autónomas.

## Conclusiones

Se presentó por primera vez una curva de percentiles en una población pediátrica española. Al comparar este estudio con estudios similares realizados en Asia y Alemania, se evidencia que hay más casos de miopía en España. No obstante, al igual que en los otros estudios, la tasa de progresión de la miopía aumenta con la edad. Las curvas de percentiles obtenidas en este estudio muestran la distribución del error refractivo por edad, mostrando claramente que la prevalencia de la miopía está aumentando paulatinamente. Estas curvas pueden servir como base para detectar niños con deficiencias refractivas a una edad temprana.

## Declaración de competencia de intereses

Ninguno de los autores tiene un interés financiero o de propiedad en ninguno de los materiales o métodos mencionados. La investigación ha sido financiada por el proyecto CAT0001305 de la Cátedra Fundación Salud Visual - Universidad Europea de Madrid.

**Nota:** Los percentiles de agudeza visual y de esteoreopsis se pueden encontrar en los números de *Gaceta de Optometría y Óptica Oftálmica* de mayo de 2021 y de febrero de 2022, respectivamente.

## Referencias

1. Wenbo L, Congxia B, Hui L. Genetic and environmental-genetic interaction rules for the myopia based on a family exposed torisk from a myopic environment. *Gene*. 2017;30:305-8. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2017.05.051>.
2. Troilo D, Smith 3<sup>rd</sup> EL, Nickla DL, et al. IMI-report on experimental models of emmetropization and myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019;60:M31-M88. <https://doi.org/10.1167/iovs.18-25967>.



3. Gwiazda J, Thorn F, Bauer J, et al. Emmetropization and the progression of manifest refraction in children followed from infancy to puberty. *Clin Vis Sci.* 1993;8:337-44.
4. Morgan I, Rose K. How genetic is school myopia? *Prog Retinal Eye Res.* 2005;24:1-38. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2004.06.004>.
5. Mutti DO, Hayes JR, Mitchell GL, et al. Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007; 48:2510-19. <https://doi.org/10.1167/iovs.06-0562>.
6. Sánchez Espinosa JM, Merchán Price MS. Estudio retrospectivo del estado refractivo en niños prematuros de tres a cuatro meses de edad corregida, realizado en el programa Madre Canguro Integral, Hospital San Ignacio, Bogotá. *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul.* 2012;10:11-21.
7. Flitcroft DI. Emmetropisation and the aetiology of refractive errors. *Eye (Lond).* 2014;28:169-79. <https://doi.org/10.1038/eye.2013.276>.
8. Merchán MS, Merchán G, Dueñas M. Influencia de la prematuridad sobre el proceso de "emetropización. *Pediatría (Bucur).* 2014;47:83-9.
9. Khandekar R, Parast N, Arabi A. Evaluation of 'vision screening' program for three to six-year-old children in the Republic of Iran. *Indian J Ophthalmol.* 2009;57:437-42. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.57151>.
10. Harvey EM. Development and treatment of astigmatism-related amblyopia. *Optom Vis Sci.* 2009;86: 634-9. <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e3181a6165f>.
11. van Leeuwen R, Eijkemans MJ, Vingerling JR, et al. Risk of bilateral visual impairment in individuals with amblyopia: the Rotterdam study. *Br J Ophthalmol.* 2007;91:1450-1. <https://doi.org/10.1136/bjo.2006.113670>.
12. Tuncer I, Zengin MO, Karahan E. Comparison of the Retinomax handheld autorefractor versus table-top autorefractor and retinoscopy. *Int J Ophthalmol.* 2014;7:491-5. <https://doi.org/10.3980/j.issn.2222-3959.2014.03.19>.
13. Seymen Z, Bekmez S, Eris E, et al. Comparison of adult refractive disorder measurements using HandyRef-K, retinomax, plusoptix, and table-top autorefractometer devices. *Beyoglu Eye J.* 2021;6:108-14. <https://doi.org/10.14744/bej.2021.28247>.
14. Borghi E, de Onis M, Garza C, et al. Construction of the World Health Organization child growth standards: selection of methods for attained growth curves. *Stat Med.* 2006;25:247-65. <https://doi.org/10.1002/sim.2227>.
15. Chen Y, Zhang J, Morgan IG, He M. Identifying children at risk of high myopia using population centile curves of refraction. *PLoS ONE.* 2016;11: e0167642. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167642>.
16. Wu PC, Huang HM, Yu HJ, et al. Epidemiology of Myopia. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2016;5:386-93. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000236>.
17. Foster PJ, Jiang Y. Epidemiology of myopia. *Eye (Lond).* 3652014;28:202-8. <https://doi.org/10.1038/eye.2013.280>.
18. Trukenbrod C, Meigen C, Brandt M, et al. Reference curves for refraction in a German cohort of healthy children and adolescents. *PLoS ONE.* 2020;15:e0230291. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230291>.
19. Navas-Navia B, Garcia-Montero L, Pérez-Sánchez B, Martínez-Pérez C, Villa-Collar C. Percentile curves of stereacuity in a Spanish paediatric population. *J Optom.* 2021;S1888-4296(21): 00065-0. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2021.10.001>.
20. Navas-Navia B, Garcia-Montero L, Pérez-Sánchez B, Villa-Collar C. Visual acuity percentile curves in a Spanish paediatric population. *J Optom.* 2021. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2021.01.001>.
21. Yilmaz I, Ozkaya A, Alkin Z, Ozbengi S, Yazici AT, Demirok A. Comparison of the Plusoptix A09 and Retinomax K-Plus 3 with retinoscopy in children. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2015;52:37-42. <https://doi.org/10.3928/01913913-2014123006>.
22. Peng MY, Matta N, Silbert D, Tian J, Singman E. Accuracy of the Retinomax K-plus 3 in measuring refractive error in a pediatric population. *J AAPOS.* 2014;18:327-31. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2014.02.017>. 



23. Cordonnier M, Dramaix M, Kallay O, de Bideran M. How accurate is the hand-held refractor Retinomax(R) in measuring cycloplegic refraction: a further evaluation. *Strabismus*. 1998;6:133-42. <https://doi.org/10.1076/stra.6.3.133.661>.
24. Harvey EM, Miller JM, Wagner LK, Dobson V. Reproducibility and accuracy of measurements with a hand held autorefractor in children. *Br J Ophthalmol*. 1997;81:941-8. <https://doi.org/10.1136/bjo.81.11.941>.
25. Ying GS, Maguire MG, Kulp MT, et al. 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;21:219-23.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2017.05.008>.
26. Choong YF, Chen AH, Goh PP. A comparison of autorefraction and subjective refraction with and without cycloplegia in primary school children. *Am J Ophthalmol*. 2006;142:68-74. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2006.01.084>.
27. Morgan IG, French AN, Ashby RS, et al. The epidemics of myopia: aetiology and prevention. *Prog Retin Eye Res*. 2018;62:134-49. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2017.09.004>.
28. Grzybowski A, Kanclerz P, Tsubota K, Lanca C, Saw SM. A review on the epidemiology of myopia in school children worldwide. *BMC Ophthalmol*. 2020;20:27. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1220-0>.
29. Galvis V, Tello A, Otero J, Serrano AA, Gómez LM, Castellanos Y. Refractive errors in children and adolescents in Bucaramanga (Colombia). *Arq Bras Oftalmol*. 2017;80:359-63. <https://doi.org/10.5935/0004-2749.20170088>.
30. Gómez-Salazar F, Campos-Romero A, Gómez-Campaña H, et al. Refractive errors among children, adolescents and adults attending eye clinics in Mexico. *Int J Ophthalmol*. 2017;10:796-802. <https://doi.org/10.18240/ijo.2017.05.23>.
31. Galvis V, Tello A, Camacho PA, Parra MM, Merayo-Llodes J. Bioenvironmental factors associated with myopia: an updated review. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2017;92:307-25. <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2016.11.016>.
32. Vision in Preschoolers Study Group. Preschool vision screening tests administered by nurse screeners compared with lay screeners in the vision in preschoolers study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46:2639-48. <https://doi.org/10.1167/iovs.05-0141>.
33. Schmidt P, Maguire M, Dobson V, et al. Comparison of preschool vision screening tests as administered by licensed eye care professionals in the Vision In Preschoolers Study. *Ophthalmology*. 2004;111:637-50. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2004.01.022>.
34. Borchert MS, Varma R, Cotter SA, et al. Risk factors for hyperopia and myopia in preschool children the multi-ethnic pediatric eye disease and Baltimore pediatric eye disease studies. *Ophthalmology*. 2011;118:1966-73. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.06.030>.
35. Giordano L, Friedman DS, Repka MX, et al. Prevalence of refractive error among preschool children in an urban population: the Baltimore Pediatric Eye Disease Study. *Ophthalmology*. 2009;116:739-46.e1-4. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.12.030>.
36. Agarwal A, Bloom DE, deLuise VP, et al. Comparing low-cost handheld autorefractors: a practical approach to measuring refraction in low-resource settings. *PLoS ONE*. 2019;14: e0219501. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219501>.
37. Ying GS, Maguire M, Quinn G, et al. ROC analysis of the accuracy of noncycloplegic retinoscopy, Retinomax Autorefractor, and SureSight Vision Screener for preschool vision screening. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52:9658-64. <https://doi.org/10.1167/iovs.11-8559>.
38. Liang CL, Hung KS, Park N, et al. Comparison of measurements of refractive errors between the hand-held Retinomax and on-table autorefractors in cycloplegic and non-cycloplegic children. *Am J Ophthalmol*. 2003;136:1120-8. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(03\)00789-x](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(03)00789-x).
39. Wellington J. Teaching and learning in a Chinese primary school. *Education*. 1992;20:810.
40. Ip JM, Saw SM, Rose KA, et al. Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008;49:2903-10. <https://doi.org/10.1167/iovs.07-0804>.
41. Lin Z, Vasudevan B, Mao GY, et al. The influence of near work on myopic refractive change in urban students in Beijing: a three-year report. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2016;254:2247-55. [doi.org/10.1007/s00417-016-3440-9](https://doi.org/10.1007/s00417-016-3440-9).
42. Kim DH, Lim HT. Myopia growth chart based on a population-based survey (KNHANES IV-V): a novel prediction model of myopic progression in childhood. *J Pediatric Ophthalmol Strabismus*. 2019;56:73-7. <https://doi.org/10.3928/01913913-20181003-01>.
43. Álvarez-Peregrina C, Martínez-Pérez C, Villa-Collar C, et al. The prevalence of myopia in children in Spain: an updated study in 2020. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:12375. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312375>. 