

## Curvas percentiles de estereoagudeza en población pediátrica española

Borja Navas Navia<sup>1</sup>, Laura García Montero<sup>2</sup>, Belén Pérez Sánchez<sup>3</sup>, Clara Martínez Pérez<sup>4</sup>, César Villa Collar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Oftalmología, Hospital Universitario Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid.

Dirección electrónica: borjanavas@gmail.com.

<sup>2</sup>Servicio de Oftalmología, Hospital Universitario Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid.

<sup>3</sup>Departamento de Estadística, Matemáticas e Informática, Universidad Miguel Hernández, Elche, España.

Dirección electrónica: m.perezs@umh.es.

<sup>4</sup>Departamento de Farmacia, Biotecnología, Nutrición, Óptica y Optometría, Facultad de Ciencias Biomédicas y de la Salud, Universidad Europea de Madrid, Madrid, España.

**Fuente:** Borja Navas-Navia, et al. Percentile curves of stereoacuity in a Spanish Paediatric population. *J Optom.* 2022. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2021.10.001>

**Palabras clave:** estereoagudeza, percentiles, barras rojo-verdes, puntos aleatorios, test de Howard Dolman.

### Resumen

**Objetivo:** El objetivo principal de este estudio fue obtener curvas percentiles de estereoagudeza en segundos de arco para una población española de entre tres y doce años de edad.

**Materiales y métodos:** Se realizó un estudio descriptivo, observacional y transversal, que incluyó a niños de entre tres y doce años que no presentaron ninguna enfermedad ocular y/o sistémica conocida. Se utilizó el método de muestreo por conveniencia para seleccionar la muestra de tres escuelas y un hospital de la Comunidad de Madrid. Para medir la estereoagudeza se utilizó la prueba de puntos aleatorios (*random dot test*) de la Unidad de Visión Bueno-Matilla. Se realizó una estadística descriptiva con los valores de estereoagudeza que se obtuvieron para los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95.

**Resultados:** Se analizaron los valores de estereoagudeza de 1.300 niños. En la curva del percentil 50 se determinó que, a partir de los cuatro años de edad, estaban presentes valores de estereoagudeza cercanos a 40 seg/arco, y a los cuatro años y nueve meses ya se observaron valores de estereoagudeza cercanos a 28 seg/arco dentro de dicho percentil, con valores similares a los esperados en la población

adulto. Se postula un aumento progresivo hasta alcanzar los 19 seg/arco antes de los seis años, estableciéndose este valor de estereoagudeza en niños a partir de los siete años.

**Conclusión:** Si bien dado el tipo específico de muestreo que se realizó no fue posible generalizar los resultados a toda la población, estos percentiles pueden ayudar a los pediatras en su evaluación del desarrollo de esta capacidad visual, la cual es indicativa del grado de desarrollo de la visión binocular.

### Introducción

Al evaluar las capacidades del sistema visual a lo largo del desarrollo de un individuo, podemos deducir si se está siguiendo un rumbo normal, es decir, si se están desarrollando capacidades sin alteración o si, por el contrario, están presentes valores fuera de la norma, lo que sugeriría, por lo tanto, que el sistema visual no se está desarrollando como se anticipó originalmente. Un reto que los optometristas tienen que superar a diario es cómo establecer los valores normales para los diferentes grupos de edad en función de los resultados obtenidos a través de los exámenes optométricos. No obstante, para ciertas habilidades visuales, como la estereoagudeza, aún no se han determinado los valores normativos para los diferentes grupos de edad.

La estereoagudeza es un componente crucial de la función del sistema visual. Para asegurar su correcto

desarrollo, el paciente no debe presentar ninguna alteración oculomotora que condicione la alineación ocular y, al mismo tiempo, no debe presentar ninguna patología ocular o ambliopía refractiva que pueda condicionar la agudeza visual de cada ojo.

Los niños nacen con una capacidad binocular que experimenta un desarrollo considerable durante los primeros seis meses de vida, como resultado del aumento de la distribución de columnas de dominancia en el cortex visual estriado y la aparición de células corticales de respuesta binocular y estereoscópica<sup>1</sup>. La fijación bifoveal comienza a partir del tercer mes, y entre el tercer y el sexto mes es posible fusionar dos imágenes a nivel cortical. A partir de ese momento, esta fusión mejora progresivamente y, así mismo, la visión estereoscópica también mejora a lo largo de los dos primeros años de vida<sup>1,2</sup>.

Obtener valores normativos para la evolución de la estereoagudeza es una tarea desafiante, especialmente para sujetos jóvenes. Las pruebas utilizadas para alcanzar dichos valores pueden resultar complejas para los pacientes del rango de menor edad de la población pediátrica y, si no se logra la respuesta, no será posible determinar estos valores. Sin embargo, varios estudios han demostrado que es posible utilizar pruebas de exploración estereoscópica, como el test de Randot para determinar los valores de visión estereoscópica, observándose que sujetos con edades comprendidas entre los tres y los cinco años alcanzaron valores similares a los registrados en el estudio sobre población adulta<sup>3,4,5</sup>.

Partiendo del entendimiento de que para poder evaluar el desarrollo normal de la visión binocular y mejorar el cribado y la detección de alteraciones visuales, primero se debe determinar la estereoagudeza, este estudio tiene como objetivo determinar las curvas percentiles de estereoagudeza en una población española de niños y niñas de entre tres y doce años.

## Materiales y métodos

### Tipo de estudio

Se realizó un estudio descriptivo, observacional y transversal, que incluyó a niños que no presentaban patología sistémica y/u ocular conocida. Para este estudio se siguieron los principios de la Declaración de Helsinki y, posteriormente, el estudio fue evaluado y aprobado por el comité de ética de la Universidad Europea de Madrid (España). Todos los participantes debían firmar un formulario de consentimiento informado.

### Muestra

Las características de la muestra y sus criterios de inclusión fueron los mismos que los utilizados para determinar las curvas percentiles de agudeza visual en el estudio realizado por Borja-Navas et al<sup>6</sup>. Así, los niños de las escuelas que participaron en el estudio fueron clasificados entre estudiantes de preescolar y estudiantes de sexto grado, que se incluyen por edad en

el rango de 3 a 12 años. Los niños de las instalaciones hospitalarias incluidos en el estudio fueron aquellos que acudieron por primera vez a un examen oftalmológico de rutina y que no presentaban patología ocular evidente ni síntomas de defecto refractivo. Los niños con patologías sistémicas u oculares fueron excluidos del estudio. La existencia de la patología no se determinó mediante exploraciones complementarias realizadas además de la medida de agudeza visual, sino a partir de la información aportada por los padres o tutores en la anamnesis que se había realizado previamente. Se reclutó un total de 1.548 sujetos con edades comprendidas entre los tres y los doce años, todos ellos de origen caucásico.

### Material

La estereoagudeza se obtuvo mediante la Unidad de Visión Bueno-Matilla (UBM), que también se utilizó para determinar las curvas percentiles de agudeza visual. Se usaron para este estudio la descripción y calibración de la unidad especificada en el artículo de Borja-Navas et al. Esta unidad ofrece dos pruebas para determinar la estereoagudeza, en las que los sujetos deben usar gafas con un filtro rojo-verde. Las condiciones de iluminación de la habitación se midieron con un luxómetro *Testo 540* (Testo SA, Cabrils, Barcelona, España) y debían estar dentro del rango de 400 lux y 600 lux. Según Tidbury et al,<sup>7</sup> si este rango se mantiene durante la medición de la agudeza visual, el efecto causado por la diferente iluminación se limita a 0.012 LogMAR.

La primera prueba utilizada para determinar la estereoagudeza fue la prueba de la barra rojo-verde (*Figura 1*). En esta prueba, a los pacientes se les presentaron cuatro columnas, cada una de las cuales contenía un estímulo rojo-verde. Una de las columnas contenía una disparidad retiniana entre el estímulo verde y rojo. Como resultado de esta disparidad retiniana, la columna se percibió en tres dimensiones, y se pidió a los pacientes que determinaran cuál de las cuatro columnas aparecía en tres dimensiones.

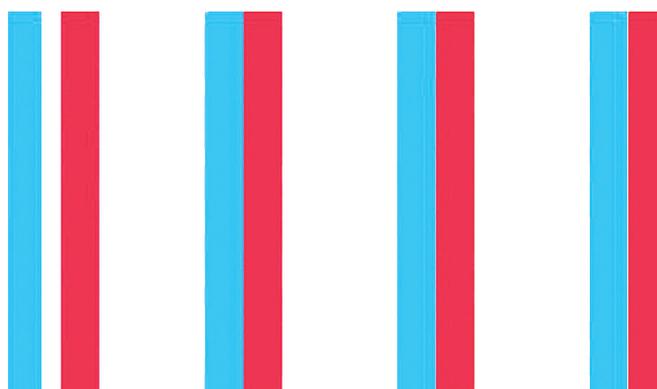


FIGURA 1

Prueba barra rojo-verde. Unidad Bueno-Matilla (Test 1).

La segunda prueba fue una prueba de puntos aleatorios (*Figura 2*). En este test, los sujetos tenían que observar un patrón de puntos aleatorios en el que se había ocultado una letra. Las letras ocultas dentro del patrón eran simétricas e idénticas a las utilizadas en la evaluación de la agudeza visual. Los sujetos tenían que identificar la letra que se había ocultado dentro del patrón de puntos aleatorios.

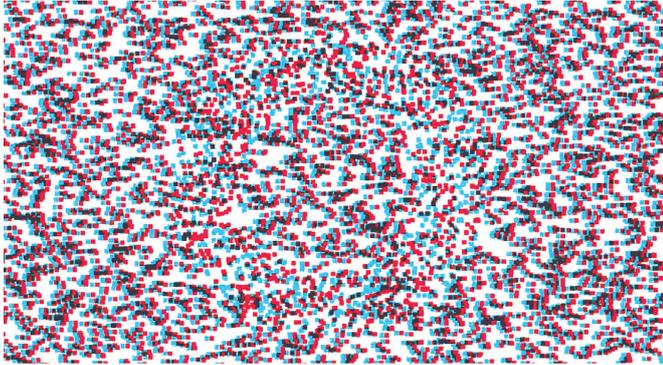


FIGURA 2

Prueba de puntos aleatorios. Unidad Bueno-Matilla (Test 2).

Para decidir cuál de las dos pruebas se utilizaría, primero se realizó un estudio preliminar.

#### Estudio preliminar

Se realizó un estudio preliminar para comparar los resultados de las dos pruebas en una muestra piloto. Primero, los resultados obtenidos de las dos pruebas se compararon entre sí, antes de compararlos con los resultados obtenidos mediante el test de estereoaquidez de Howard Dolman (Bernell, Mishawaka, Indiana, Estados Unidos). Este test se considera el estándar clínico para determinar la estereoaquidez y, en este estudio, la prueba se realizó de acuerdo con los métodos aceptados<sup>8,9</sup>. Este estudio preliminar también determinó la repetibilidad tanto de la barra rojo-verde como de la prueba de puntos aleatorios en dos momentos diferentes.

#### Procedimiento

El test de puntos aleatorios que se utilizó para determinar los valores de estereoaquidez de la muestra total se realizó a una distancia de tres metros. En este estudio, en el que no se realizó refracción subjetiva, los valores de estereoaquidez se determinaron sin compensación o con la compensación óptica habitual de los sujetos (gafas o lentillas).

No todos los sujetos que realizaron la prueba de puntos aleatorios estaban familiarizados con las letras que se les pidió que identificaran. Para superar este problema, los sujetos recibieron tarjetas de letras coincidentes para ayudarlos a identificar la letra proyectada. Durante la recogida de datos, todos los participantes entendieron la prueba y no hubo problemas para obtener los datos. Asimismo, al realizar el test,

los examinadores siempre tuvieron especial cuidado de que los sujetos no movieran la cabeza, con el fin de evitar pistas a la hora de resolver la prueba. Esto no se explicó previamente a los sujetos para no condicionar el test.

Los pacientes tenían que identificar las letras que estaban ocultas dentro del patrón de puntos aleatorios y el grado de disparidad de las imágenes se reducía a medida que avanzaba la prueba. Si el sujeto no podía identificar la letra oculta, esta unidad determinaba su valor de estereoaquidez. Para asegurar la respuesta correcta del sujeto, una de las funciones de la prueba permitía revelar la letra oculta, dado que no se puede discriminar sin las gafas de filtro rojo-verde, que los sujetos debían usar durante la realización de la prueba.

**A** Algunos de los sujetos más jóvenes que no estaban familiarizados con las letras que tenían que identificar se les mostraron tarjetas coincidentes que podían usar para identificar la letra que se proyectaba en el monitor.

#### Análisis estadístico

Para analizar la concordancia entre las pruebas y su repetibilidad en el estudio preliminar, primero evaluamos la normalidad, lo que permitió utilizar pruebas paramétricas o no paramétricas. Posteriormente, se calculó el tamaño del efecto, el coeficiente de correlación intraclase, los coeficientes de variación y los límites de acuerdo de *Bland-Altman*.

Obtuvimos estadística descriptiva, diagramas de caja y percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95 para la muestra total. Para evaluar el impacto que tuvo la edad en los resultados, realizamos el test ANOVA y las pruebas *post hoc* de Tamhane.

Se utilizó el *software IBM SPSS Statistics v.24* (IBM Corporation, Armonk, NY, Estados Unidos) para realizar todos los análisis con un nivel de significancia del 5% ( $p < 0,05$ ). Para determinar la normalidad y el tamaño del efecto utilizamos el *software JASP v.0.13.1* (Jasp Team, Universidad de Ámsterdam, Ámsterdam, Países Bajos).

## Resultados

#### Muestra

La muestra fue la misma que se utilizó en el estudio de curvas de percentiles de agudeza visual ya publicado. Se analizaron un total de 1.300 niños, distribuidos según la frecuencia de población del censo español. El 51,1% de los participantes eran hombres<sup>6</sup>.

#### Estudio preliminar

Se realizó un estudio preliminar con 36 sujetos para determinar cuál de las pruebas de estereoaquidez de la unidad Bueno-Matilla se iba a utilizar.

**A** Comparación entre la prueba de la barra rojo-verde y el test de Howard Dolman, con el test de puntos aleatorios y el test de Howard Dolman.

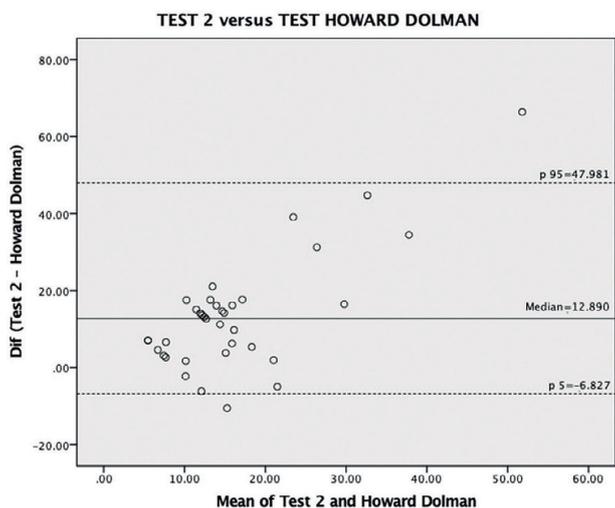
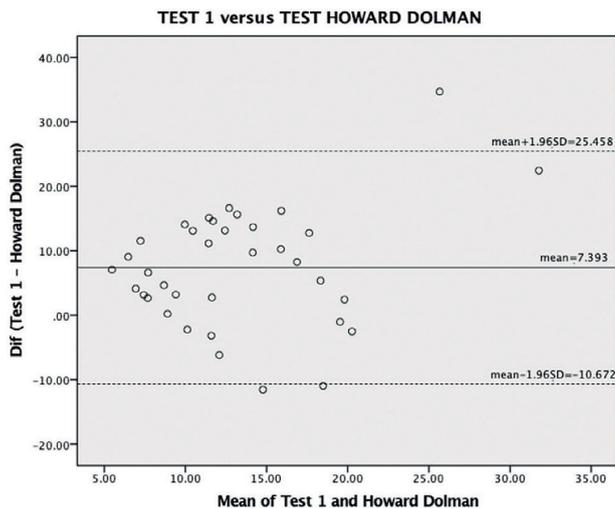


FIGURA 3

Gráfico de Bland-Altman para el test 1 versus la prueba de Howard Dolman anterior, y para el test 2 versus la prueba de Howard Dolman a continuación.

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para comparar los resultados obtenidos en la prueba de la barra rojo-verde y los obtenidos en el test de Howard Dolman y, posteriormente, comparar los obtenidos en el test de puntos aleatorios y en el test de Howard Dolman con un resultado de  $p = 0.393$  en el primer caso y  $p < 0.001$  en el segundo. Posteriormente, para comparar las medias, se realizó el test de la *t* de Student y el test de rangos de Wilcoxon respectivamente. En ambos casos, los resultados indicaron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ), con tamaños de efecto de 0,802 (d de Cohen) y 0,889 [intervalo de confianza (IC) 95%: 0,779; 0,946] (correlación biserial) respectivamente. Los análisis de concordancia de Bland-Altman se han incluido en la *Figura 3*.

**B** Comparación entre la prueba de la barra rojo-verde y la prueba de puntos aleatorios.

Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos con las dos pruebas de la Unidad Bueno-Matilla; se compararon las barras rojo-verde y los puntos aleatorios. Tras comprobar su normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk ( $p < 0,001$ ), se compararon las medias mediante el test de rangos de Wilcoxon. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas entre ellas ( $p = 0.012$ ), sin embargo, la concordancia entre las medidas fue baja (tamaño del efecto con correlación biserial de -0.547 [IC 95%: -0.777; -0.188]; coeficiente de correlación intraclass —CV— 0,482 y 0,693). El análisis de concordancia de Bland-Altman se ha incluido en la *figura 4*.

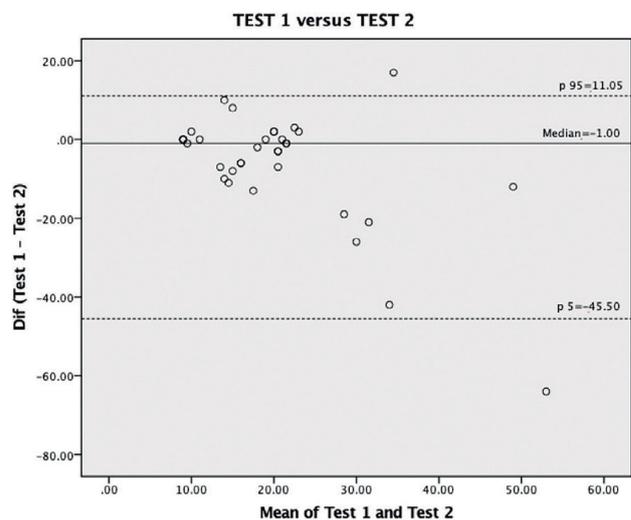


FIGURA 4

Gráfico de Bland-Altman para la comparación de la prueba 1 con la prueba 2.

**C** Repetibilidad de la prueba de barra rojo-verde y la prueba de puntos aleatorios.

Finalmente, se evaluó la repetibilidad de las dos pruebas en dos momentos diferentes, R1 y R2. Después de evaluar la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, obteniendo un resultado de  $p < 0,001$  para ambas pruebas, realizamos el test de rango de Wilcoxon para comparar las medias.

Para la prueba de la barra rojo-verde, los resultados fueron  $p = 0,799$ , tamaño del efecto con correlación biserial de 0,143 [IC 95%: -0,594; 0,750], ICC de 0,872 y CV de 0,606 y 0,481.

Para la prueba de puntos aleatorios, los resultados fueron  $p = 0.068$ , tamaño del efecto con correlación biserial de 0.750 [IC 95%: 0.193; 0,941], ICC de 0,895 y CV de 0,729 y 0,693.

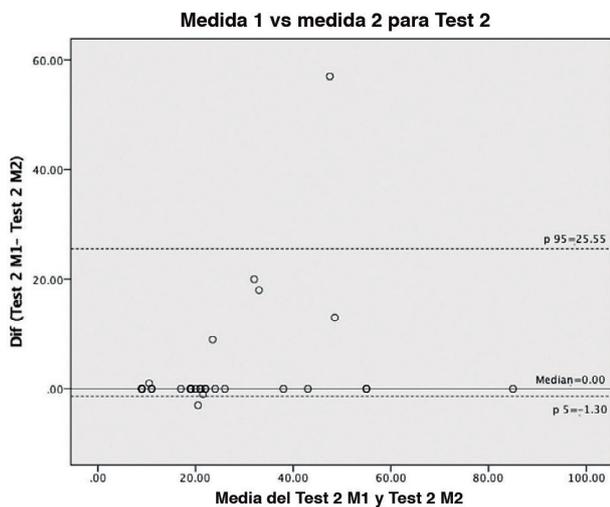
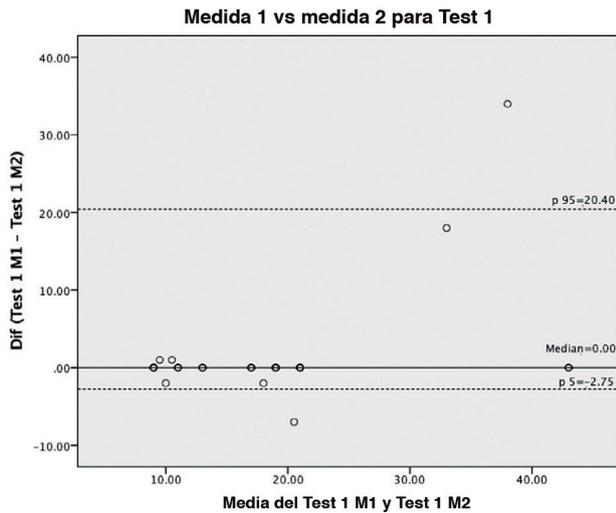


FIGURA 5

Gráfico de Bland-Altman para la medida 1 (M1) versus la medida 2 (M2) de la prueba 1 anterior y la prueba 2 a continuación.

Los análisis de concordancia de Bland-Altman se han incluido en la *figura 5*.

Los resultados sugirieron una ausencia de diferencias significativas en lo que respecta a la repetibilidad de ambas pruebas. Como la concordancia fue mayor con la prueba de puntos aleatorios, se decidió analizar la muestra total con esta prueba.

### Curvas percentiles

La *Figura 6* muestra el diagrama de caja para la estereoagudeza, calculado a intervalos de tres meses para la muestra total.

El cuadro representa el 50% de los datos y sus límites representan los cuartiles Q1 y Q3. Los bigotes repre-

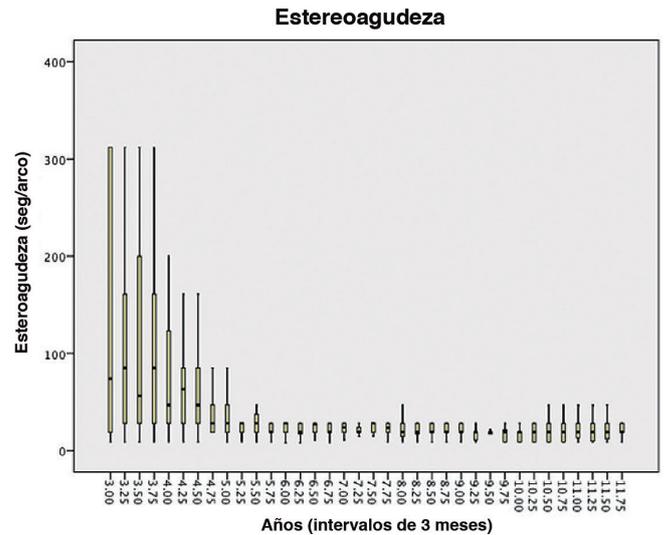


FIGURA 6

Diagrama de caja para estereoagudeza de niños de tres a doce años en intervalos de tres meses.

sentan los datos entre los cuartiles y 1,5 veces el rango intercuartil.

La *figura 7* muestra las curvas de estereoagudeza con sus valores numéricos medios para los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95 a intervalos de tres meses.

Se realizó el test ANOVA para determinar el impacto de la edad, resultando en un valor significativo ( $p < 0,001$ ). Como resultado, se realizó una prueba *post hoc* de Tamhane y se observaron diferencias significativas en niños de entre tres y cinco años y más, de cuatro a seis años y más, y de cinco a siete años y más (todos  $p < 0,001$ ). Dentro del grupo de edad de siete a doce años no se observaron diferencias significativas relacionadas con la edad ( $p > 0,05$ ). La gráfica de medias por edad se ha incluido en la *figura 8*, en el que los valores medios se calcularon a intervalos de tres meses; es decir, los valores medios para el grupo de edad de tres años incluyen los valores hasta los cuatro años, el grupo de cuatro años incluye los valores hasta los cinco años, etcétera.

### Discusión

El objetivo principal de este estudio fue obtener curvas percentiles de estereoagudeza en segundos de arco en una población española de niños entre tres y doce años.

Se evaluó y analizó la estereoagudeza de 1.300 niños. En la curva del percentil 50 se determinó que a partir de los cuatro años se comenzaron a observar valores de estereoagudeza cercanos a 40 seg/arco, y a los cuatro años y nueve meses ya se observaban valores de estereoagudeza cercanos a 28 seg/arco dentro de dicho percentil, con valores muy similares a los esperados en la población adulta. A partir de ese punto, se observó un aumento progresivo, llegando a 19 seg/arco antes de los seis años, estableciéndose este valor de estereoagudeza a partir de los siete años.

### Curvas de percentiles de estereoagudeza

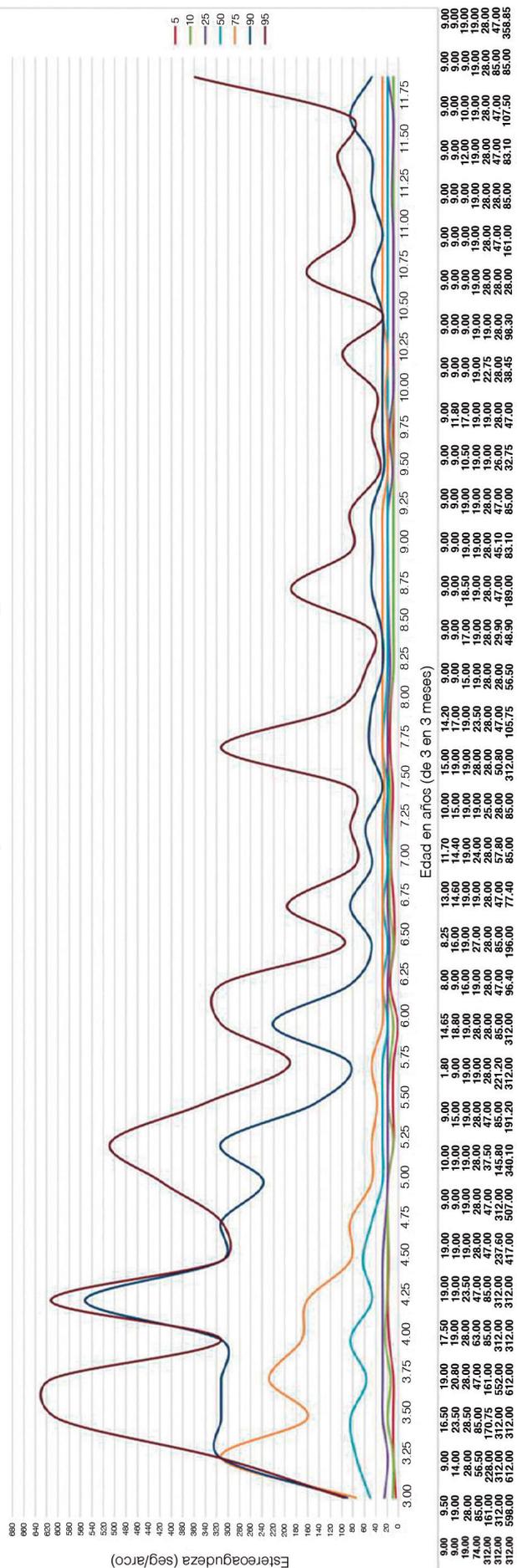


FIGURA 7

Esta figura muestra las curvas de estereoagudeza de los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95 entre las edades de tres y doce años a intervalos de tres meses.

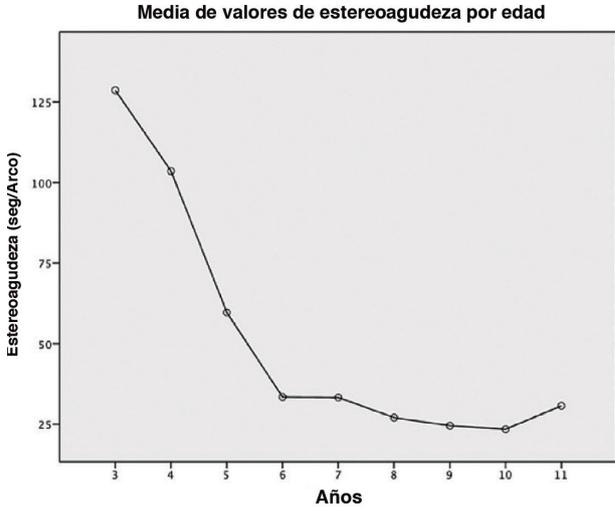


FIGURA 8

La figura representa la estereoagudeza media por edad, entre tres y doce años.

La determinación de la estereoagudeza como parte de un cribado visual temprano es una parte clave del protocolo de examen visual, ya que no solo proporciona información sobre la existencia de diferencias en las capacidades visuales de cada ojo, como la agudeza visual, sino que también nos informa de las implicaciones en términos de su desarrollo. Además, un estudio realizado por Wang et al, concluyó que los valores de estereoagudeza, obtenidos con el test de estereoagudeza de Randot en visión lejana, pueden servir como un buen indicador cuando se examina la progresión del estrabismo, al rastrear cambios en la estereoagudeza<sup>10</sup>. Por lo tanto, es importante para obtener los valores normativos para su desarrollo dentro del grupo de edad pediátrica.

Como se mencionó en la introducción, los tests utilizados en la práctica clínica pueden resultar complejos cuando se trata de determinar la estereoagudeza en grupos de pacientes más jóvenes. Por lo tanto, se deben realizar estudios para determinar qué pruebas se pueden usar con pacientes pediátricos. Read et al concluyeron recientemente que el test de Randot era adecuado para determinar la presencia o ausencia de estereoagudeza en la población pediátrica y que, de la misma forma, esta prueba puede usarse para confirmar variaciones de la estereoagudeza dependientes de la edad. No obstante, también concluyeron que la capacidad de esta prueba para cuantificar dichos valores en niños menores de cinco años es relativamente pobre<sup>3</sup>. El test de Randot se basa en discriminar



patrones en puntos aleatorios y es una de las pruebas más utilizadas en la práctica clínica. Sin embargo, Afari et al informaron que el test de estereoaquidez preescolar de Randot fue la más fiable y replicable de todas las pruebas que se compararon en su estudio<sup>11</sup>. Piano et al publicaron un estudio en 2016, en el que se comparó diferentes pruebas de estereoaquidez tanto para visión de cerca como de lejos, y en el que se determinó que el test de Randot proporciona valores de estereoaquidez más altos que las otras pruebas, como el TNO, en visión de lejos. En este estudio, el test de Frisby proporcionó los valores más altos en visión de cerca<sup>12</sup>.

Se está incrementando el uso de dispositivos electrónicos o aplicaciones móviles, así como su comparación con pruebas más convencionales. Bonfati y col.<sup>13</sup> realizaron un estudio en el que se compararon varias pruebas de estereoaquidez que se realizaron mediante la aplicación móvil SAT. Esta aplicación móvil está disponible para *Android* y determina la agudeza visual estereoscópica mediante la observación de patrones de puntos aleatorios. Teniendo en cuenta que su importancia clínica es similar, con esta aplicación se obtuvieron mejores valores de estereoaquidez que con las pruebas convencionales. Por tanto, estas pruebas son una excelente herramienta para determinar esta variable.

Muy pocos estudios han intentado obtener valores normativos de estereoaquidez en la población pediátrica, siendo el test de Randot la prueba más utilizada en dichos estudios, junto con el test de la mosca de

Titmus y la TNO<sup>3,11,12</sup>. En este estudio, y con base en los resultados del estudio preliminar, se tomó la decisión de utilizar la prueba de puntos aleatorios.

Además de determinar los valores normativos de estereoaquidez, su evolución con la edad y sus curvas percentiles, también es interesante determinar el punto en el que los pacientes pediátricos alcanzan valores similares a los de los adultos, es decir valores entre 40 y 20 segundos de arco<sup>14,15</sup>. Analizar las curvas de percentiles obtenidas en este estudio, y específicamente las de la curva del percentil 50, observamos que valores de estereoaquidez cercanos a 40 seg/arco ya estaban presentes a partir de los cuatro años y que a los cuatro años y nueve meses se observaron valores cercanos a la estereoaquidez de 28 seg/arco dentro de este percentil. Estos son muy similares a los valores que se esperan en la población adulta. A partir de este punto, se aprecia un aumento progresivo, llegando a 19 seg/arco antes de los seis años, estableciéndose los valores de estereoaquidez a partir de los siete años.

Estudios previos confirman que la estereoaquidez varía según la edad de los sujetos. También probaremos estas variaciones en nuestro desarrollo de las curvas de percentiles. Así, en un estudio publicado por Birch, en el que las medidas de estereoaquidez se realizaron mediante el test de Randot, la estereoaquidez fue disminuyendo progresivamente hasta alcanzar un valor promedio de 60 seg/arco a la edad de cinco años, un valor de 40 seg/arco se alcanzó a la edad de siete años y se alcanzó un valor promedio de 20 seg/

arco a la edad de once años y más<sup>16</sup>. Anketell y col. realizaron otro estudio en el que se realizaron medidas de estereoagudeza mediante el test de Frisby y la prueba de TNO. En este estudio, también se observaron variaciones de estereoagudeza según la edad de los sujetos y se alcanzaron valores de alrededor de 10 seg/arco entre el grupo de niños mayores. Con respecto a los valores obtenidos mediante la prueba TNO, se observó que con esta prueba se obtuvieron valores menores, de aproximadamente 60 seg/arco, probablemente por su complejidad<sup>17</sup>. Odutan y col. llevaron a cabo un estudio similar utilizando el test de Randot. En su estudio, se alcanzó un valor promedio de 29 seg/arco a la edad de seis años y un valor promedio de 21 seg/arco a la edad de once años<sup>18</sup>.

En este estudio, hay que destacar que el valor de estereoagudeza en sujetos mayores de once años sufre una leve disminución media, observando esta disminución en las curvas de percentiles más altos. Esto puede deberse a que, como ocurre en las curvas percentiles de agudeza visual publicadas por este grupo de investigación, existen errores refractivos no compensados que pueden generar esta variación en los valores medios. En el caso del tamaño de la muestra, para la edad de diez años trabajamos con una  $n = 138$ , y para la edad de once años trabajamos con una  $n = 137$ .

Los resultados de este estudio son comparables a los del estudio de Kulp y Mitchell, que midió el valor de estereoagudeza mediante el test de Randot en una muestra de niños de tres a siete años. Además de establecer un valor medio de estereoagudeza, este estudio también determinó los percentiles 25 y 75<sup>19</sup>. En dicho estudio se alcanzó un promedio de 40 seg/arco a los seis años y, para el percentil 25, se alcanzó un valor de 50 seg/arco a los cuatro años. Por el contrario, en el estudio actual, se alcanzó un valor medio de 28 seg/arco a la edad de seis años y se alcanzó un valor medio de 19 seg/arco para el percentil 25, que es un valor mucho más alto.

Un estudio publicado por Almubrad analizó el valor de estereoagudeza en una población de seis a doce años mediante el test de la mosca de Titmus<sup>20</sup>. Se determinó que no todos los sujetos alcanzaron el valor de 40 seg/arco a la edad de doce años, y que el 99% de los sujetos analizados tenían un valor de estereoagudeza superior a 80 seg/arco alrededor de los seis años de edad. En el presente estudio, y teniendo en cuenta el percentil 50, podemos ver que este valor de estereoagudeza ya se ha obtenido en el rango de edad de tres a cuatro años y, a partir de los cuatro años, el valor establecido en ese percentil es mucho mayor.

En el estudio de Figueroa et al. en los que se midió la estereoagudeza mediante el test de Randot, se registraron valores medios cercanos a 30 seg/arco a partir de los tres años, con un valor medio cercano a 25 seg/arco registrado a los seis años<sup>2</sup>. Estos resultados son muy similares a los registrados en el estudio actual para el percentil 50.

Tomaç y Altay determinaron el valor medio de estereoagudeza para diferentes grupos de edad, utilizando tanto la prueba TNO como el test de la mosca de Titmus. Consideraron más fiable la prueba TNO, concluyendo que a la edad de 5,5 años ya se estaban obteniendo valores de estereoagudeza similares a los de los adultos, con un valor medio cercano a los 65 seg/arco<sup>21</sup>. El valor de estereoagudeza en dicho estudio fue muy inferior al valor determinado en este estudio, dado que para el grupo de edad de cinco a seis años el valor medio de estereoagudeza fue de 40 seg/arco. Es probable que las diferencias que existan entre los estudios dependan del tipo de prueba utilizada y, como tal, los valores normativos encontrados solo son lo suficientemente fiables para mediciones tomadas con la misma prueba, al menos mientras no existan estudios de concordancia considerando las diferentes pruebas de estereoagudeza utilizadas en la práctica clínica. Las diferencias en los valores obtenidos para los diferentes grupos de edad no solo dependen del tipo de prueba, sino que también dependen de los sujetos, su condición refractiva, la existencia o no de alteraciones motoras y de las diferentes condiciones en las que se obtuvo la muestra de estereoagudeza. No obstante lo anterior, los diferentes tipos de pruebas también determinarán diferentes valores de estereoagudeza.

Una de las principales fortalezas de este estudio fue que los valores normativos presentados son únicamente los tomados en España. No obstante, es igualmente importante destacar las limitaciones de este estudio. La limitación más importante, como se menciona en el *Estudio de percentiles de agudeza visual*<sup>6</sup>, fue el tipo de muestreo utilizado. En lugar de utilizar un muestreo probabilístico, se realizó un muestreo de conveniencia, lo que explica por qué los resultados no son directamente trasladables a toda la población y por lo que estas curvas deben entenderse como indicativas. Este aspecto debe ser considerado en futuros estudios y, así mismo, debe generarse una serie de criterios de inclusión, incluida la medición de la refracción. Otras limitaciones que deben destacarse como factores clave son la comprensión lectora del sujeto y la dificultad de la prueba. Asimismo, la iluminación de la estancia es otro punto importante que también conviene destacar. Además, en este estudio no fueron consideradas aquellas condiciones en las que el desarrollo neurológico de los pacientes podía alterar su desarrollo visual-perceptivo, ni tampoco se consideró el orden de nacimiento de los pacientes ni sus semanas de gestación. Esto responde a que la recopilación de datos se propuso como un cribado para la detección de alteraciones de la agudeza visual y de la estereoagudeza en una población no clínica.

## Fondos

La investigación ha sido financiada por el proyecto CAT0001305 de Cátedra Fundación Salud Visual - Universidad Europea de Madrid.



## Agradecimientos

Este artículo refleja parte de los resultados de la investigación que se obtuvieron en el proyecto de investigación: “Percentiles de agudeza visual y esteoagudeza en niños (PAVEI)”, proyecto que se puso en marcha con el auspicio de la Fundación Salud Visual (FUNSAVI) y de la Universidad Europea de Madrid. Estamos muy agradecidos por la confianza depositada en nosotros durante el desarrollo de las diferentes fases del proyecto.

## Referencias

- Hubel DH. Eye, brain and visión. *Sci Am Lib*, (1995). ISBN 9780716760092.
- Figuerola LF, Molina N, López Y, Bermúdez M. Agudeza visual, error refractivo, curvatura corneal, visión cromática y estereopsis en niños entre tres y siete años en la localidad de Chapinero de la ciudad de Bogotá. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 11 (2013), pp. 55-65.
- Read JCA, Rafiq S, Hugill J, et al. Characterizing the Randot Preschool stereotest: testability, norms, reliability, specificity and sensitivity in children aged 2-11 years. *PLoS One*, 14 (2019), <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0227202> | Medline.
- Tarczy-Hornoch K, Lin J, Deneen J y col. Multi-ethnic pediatric eye disease study group. Stereoacuity testability in African-American and hispanic pre-school children. *Optom Vis Sci*, 85 (2008), págs. 158-63. <http://dx.doi.org/10.1097/OPX.0b013e3181643ea7> | Medline.
- Birch E, Williams C, Hunter J, Lapa MC. Random dot stereoacuity of preschool children. ALSPAC “Children in Focus” study team. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 34 (1997), págs. 217-22. *Medline*.
- Navas Navia B, García Montero L, Pérez Sánchez B, Villa Collar C. Visual acuity percentile curves in a Spanish paediatric population. *J Optom*, (2021). <http://dx.doi.org/10.1016/j.optom.2021.01.001>
- Tidbury LP, Czanner G, Newsham D. Fiat Lux: the effect of illuminance on acuity testing. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 254 (2016), págs. 1091-7. <http://dx.doi.org/10.1007/s00417-016-3329-7> | Medline
- Howard HT. A test for the judgment of distance. *Am J Ophthalmol*, 2 (1919), págs. 656-75.
- Kaye SB, Siddiqui A, Ward A, et al. Monocular and binocular depth discrimination threshold. *Optom Vis Sci*, 76 (1999), págs. 770-82. <http://dx.doi.org/10.1097/00006324-199911000-00026> | Medline.
- Wang J, Hatt SR, O'Connor AR y col. Final versión of the Distance Randot Stereotest: normative data, reliability and validity. *JAAPOS*, 14 (2010), págs. 142-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaaapos.2009.12.159> | Medline.
- Afsari S, Rose KA, Pai AS. Diagnostic reliability and normative values of stereoacuity tests in preschool-aged children. *Br J Ophthalmol*, 97 (2013), págs. 308-13. <http://dx.doi.org/10.1136/bjophthalmol-2012-302192> | Medline.
- Piano ME, Tidbury LP, O'Connor AR. Normative values for near and distance clinical tests of stereoacuity. *Strabismus*, 24 (2016), págs. 169-72. <http://dx.doi.org/10.1080/09273972.2016.1242636> | Medline.
- Bonfanti S, Gargantini A, Esposito G, Facchin A, Maffioletti M, Maffioletti S. Evaluation of stereoacuity with a digital mobile application. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, (2021). <http://dx.doi.org/10.1007/s00417-021-05195-z>.
- Scheiman M, Rouse MW. Optometric management of Learning Related Vision Problems. USA:Elsevier Health Sciences; 2006.
- Grosvenor T. Optometría de Atención Primaria. Masson, 2004.
- Birch E, Williams C, Drover J et al. Randot Preschool stereoacuity test: normative data and validity. *JAAPOS*, 12 (2008), págs. 23-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaaapos.2007.06.003> | Medline.
- Anketell PM, Saunders KJ, Little JA. Stereoacuity norms for school-age children using the Frisby stereotest. *JAAPOS*, 17 (2013), págs. 582-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaaapos.2013.08.012> | Medline.
- Oduntan AO, Al-Ghamdi M, Al-Dosari H. Randot stereoacuity norms in a population of Saudi Arabian children. *Clin Exp Optom*, 81 (1998), págs. 193-7. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1444-0938.1998.tb06734.x> | Medline.
- Kulp MT, Mitchell GL. Randot stereoacuity testing in Young children. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 42 (2005), págs. 360-4 <http://dx.doi.org/10.3928/01913913-20051101-05> | Medline.
- Almubrad T. Statistical stereo-acuity norms in Saudi children. *Clin Exp Optom*, 89 (2006), págs. 155-9. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1444-0938.2006.00027.x> | Medline.
- Tomaç S, Altay Y. Near stereoacuity: development in preschool children; normative values and screening for binocular vision abnormalities; a study of 115 children. *Binocul Vis Strabismus Q*, 15 (2000), págs. 221-8.