

9. Medida de la Agudeza Visual

**Robert Montés-Micó, David Madrid Costa, Teresa Ferrer-Blasco,
Santiago García Lázaro, Cari Pérez Vives**

AGUDEZA VISUAL

La medida de la agudeza visual (AV) es un punto clave dentro del examen oftalmológico. La AV puede ser definida como la capacidad del sistema visual para discernir los detalles de un objeto. Ésta es una definición bastante ambigua ya que no aporta información sobre la forma, tamaño, contraste, etc. que debe tener el estímulo, tampoco informa sobre condiciones de observación como la distancia de medida, iluminación ambiente, diámetro pupilar, etc. ni sobre la tarea a realizar en la prueba (detección, resolución, reconocimiento o localización).

Una definición más completa define la AV como la capacidad del sistema visual para resolver, reconocer o discriminar detalles en los objetos en condiciones de alto contraste y buen nivel de iluminación. El tamaño de dichos detalles lo podemos especificar bien a partir del propio tamaño del objeto, bien a partir del tamaño de su imagen retiniana, o bien a partir del ángulo subtendido por dicho obje-

to a la distancia de observación. La capacidad del sistema visual para apreciar detalles en un objeto depende de la tarea visual que realice el observador. La figura 1 representa las diferentes tareas con las que un observador puede encontrarse y que se resumen en las siguientes (1,2):

1. Tareas de detección o mínimo visible. El observador debe decidir sobre la presencia o no del objeto en su campo visual.

2. Tareas de resolución o mínimo separable. El observador debe decidir si dos objetos muy próximos entre sí están separados o no.

3. Tareas de reconocimiento o mínimo reconocible. El observador debe reconocer formas, detalles y orientaciones en el objeto. Esta es la tarea que se considera en la práctica clínica.

4. Tareas de localización. El observador debe discriminar pequeños desplazamientos de una parte del test respecto a otra.

NOTACIÓN DE AGUDEZA VISUAL Y OPTOTIPOS

En las tareas identificadas en el apartado anterior la cuantificación de la AV se realiza en función del ángulo que subtende el detalle más pequeño, medido desde el ojo del observador, que éste es capaz de apreciar. Por tanto, la especificación de la AV se realiza a partir del mínimo ángulo de resolución (MAR) que se define como el ángulo más pequeño que pueden subtender dos puntos para que puedan ser percibidos como separados por el observador, siendo sus unidades minutos de arco. El MAR viene dado por la expresión (fig. 2):

$$\tan(\text{MAR}) = \frac{d \text{ (mínima separación discernible en el objeto)}}{D \text{ (distancia de observación a la que se realiza la prueba)}}$$

A partir del MAR y entendiendo la AV como un poder separador, se define la AV decimal (AV_d)

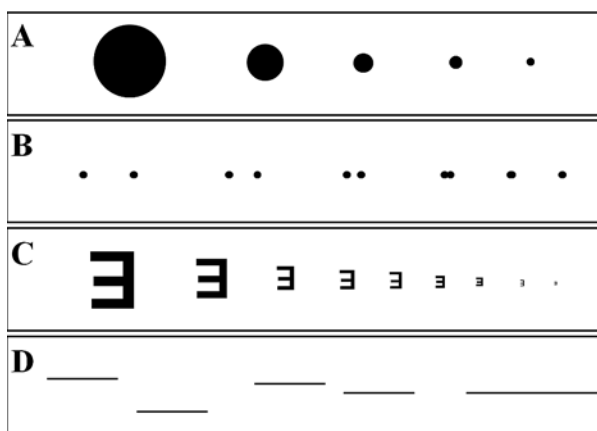


Fig. 1: Muestra los diferentes tipos de tests en función de las diferentes tareas para evaluar la AV. (A) tareas de detección o mínimo visible; (B) tareas de resolución o mínimo separable; (C) tareas de reconocimiento o mínimo reconocible; (D) tareas de localización.

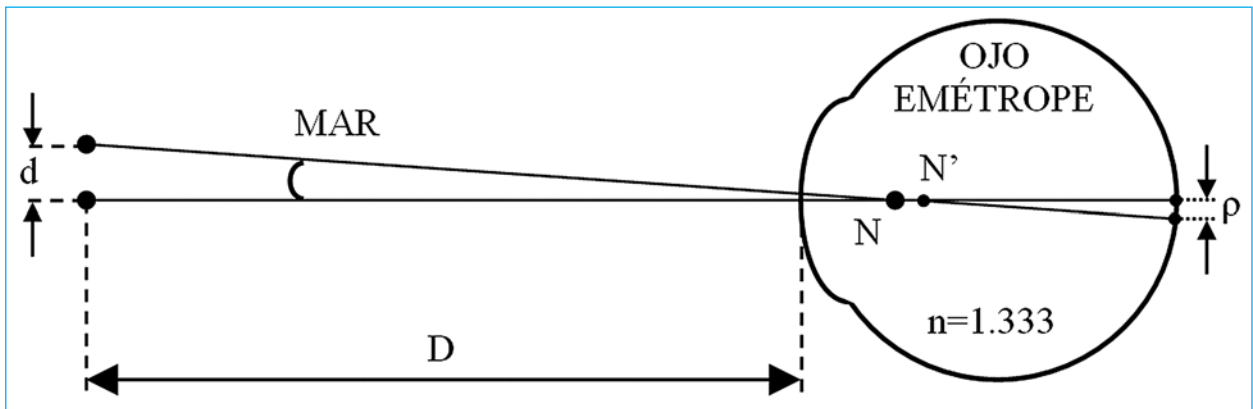


Fig. 2: Esquema para la definición del mínimo ángulo de resolución.

como el cociente entre el MAR estándar (1 minuto de arco o 1 arcmin) y el MAR particular que presenta el ojo del observador bajo medida:

$$AV_d = \frac{1'}{MAR}$$

La medida de la AV_d implica la definición de un determinado tipo de test compuesto por caracteres familiares para el observador y con un tamaño que depende de la distancia de observación para que el ángulo subtendido por dichos caracteres (o por sus detalles) subtiendan ángulos cercanos (mayores y menores) a 1 arcmin. La mayoría de estos tests están compuestos por letras, números o símbolos fácilmente identificables, reconocibles o detectables por el observador que realiza la prueba. Cada uno de los símbolos recibe el nombre de optotipo y el conjunto de optotipos organizado en líneas con optotipos de diferente tamaño recibe el nombre de carta de AV.

El desarrollo de los primeros tests de AV se produjo en paralelo al de la estandarización de la AV considerada normal (3). Para ello, a mediados del siglo XIX se realizó una estadística poblacional para determinar que el valor normal o estándar de AV es la que permite al observador resolver detalles de 1 arcmin. Por tanto, para realizar medidas de AV sobre esta base, se construyen optotipos utilizando una matriz de 5×5 ó 5×4 elementos de «alto \times ancho» (4,5) (fig. 3). De esta forma, en un optotipo que se corresponda con una AV unidad, los trazos y los espacios entre trazos subtienden 1 arcmin si cada uno de ellos ocupa un elemento de la matriz.

De acuerdo a la definición de AV decimal, para determinar el tamaño angular del detalle del optotipo ha de especificarse el tamaño de la rejilla sobre la que se define y la distancia de observación. Dicha distancia es convencionalmente de entre 4 y

6 m para que el estímulo acomodativo sea el mínimo compatible con las dimensiones de una consulta. Así, el tamaño del cuadro de la matriz «t» en milímetros donde se definen los caracteres para una observación a 6 metros de distancia será: $t = 6 \tan(1') = 1,74$ mm. Con ello, la altura del optotipo de AV unidad será cinco veces este valor, es decir, unos 8,73 mm. Para otras distancias el tamaño lineal del optotipo será aquel que mantenga el mismo tamaño angular (fig. 4).

Otra forma clásica, principalmente en los países anglosajones, de expresar la AV es mediante la notación de Snellen, la cual se expresa con la siguiente fracción:

$$AV_s = \frac{d \text{ (distancia a la que se realiza la observación)}}{D_0 \text{ (distancia a la que el detalle subtiende un ángulo de 1 arcmin)}}$$

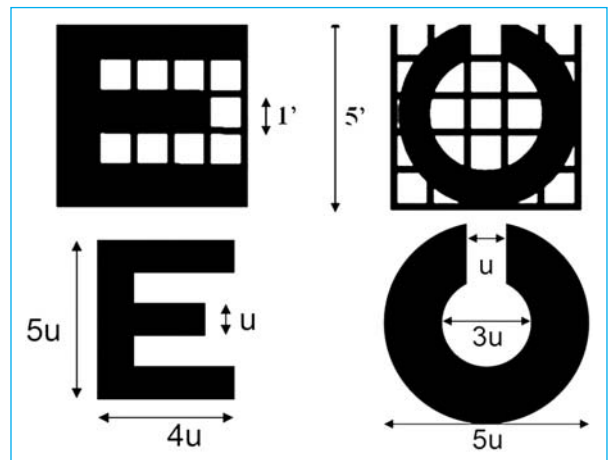


Fig. 3: Muestra la construcción de un optotipo para la letra E de Snellen (4) en una matriz de 5×4 y la C de Landolt (5) en una matriz de 5×5 . La altura y anchura de los optotipos ocupa 5 cuadros (o 4 cuadros), es decir, que subtienden un ángulo de 5 arcmin (o 4') para una AV unidad.

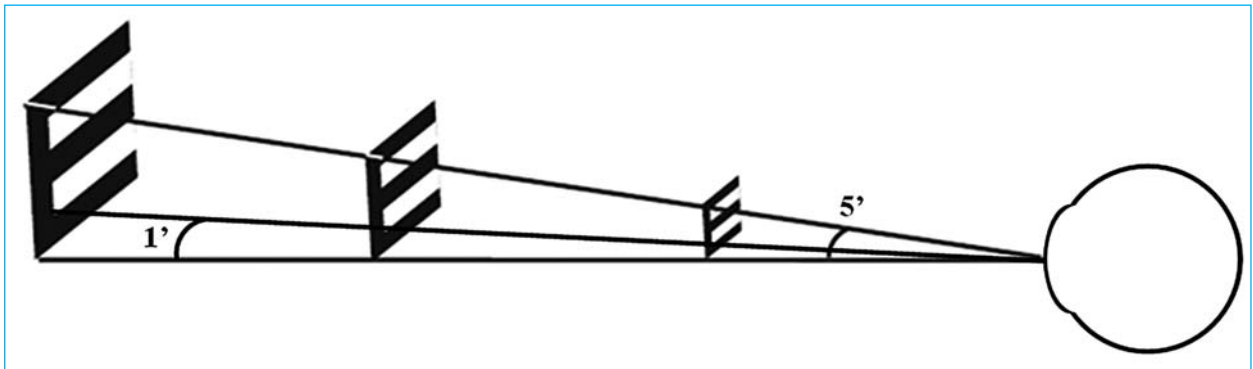


Fig. 4: Muestra cómo optotipos de distintos tamaños lineales presentan el mismo tamaño angular para diferentes distancias.

Dado que la prueba se suele realizar a una distancia de 6 m (o 20 pies), el numerador de la fracción es 6 (o 20 en unidades inglesas). La forma de pasar de AV_S a AV_d es calculando el cociente de la fracción de Snellen.

El test o cartas de Snellen son las más empleadas para la medida de la AV en la práctica clínica, sin embargo tiene determinados errores que ponen en contradicho su idoneidad (6-9), como son la progresión no escalonada en el tamaño de los optotipos conforme cambiamos de línea en la carta (progresión aritmética), el número diferente de optotipos por línea, proporciona pocos optotipos para pacientes con baja AV y un salto en AV muy grande para valores altos y, por último, la dificultad relativa para leer mejor unos optotipos que otros. Estos factores restan precisión a la medida de la AV.

Por este motivo, hace unos 30 años que Bailey y Lovie realizaron una revisión de las cartas de optotipos (6,10), tras la cual sugirieron el empleo de una carta basada en una progresión geométrica con un salto de 0,10 en unidades logarítmicas entre dos líneas consecutivas de optotipos, con 5 optotipos para cada nivel de AV, donde los optotipos a incluir en cada fila se pueden seleccionar entre 10 letras de igual legibilidad y se encuentran separados al menos por la anchura de un optotipo para evitar que la presencia de otros optotipos dificulte la percepción (12), donde el tamaño más pequeño está deliberadamente mucho más allá que el valor definido por la teoría para evitar un trunca-

miento brusco en la escala de AV, y donde se indica un procedimiento muy estricto para decidir cuándo finalizar la prueba. De esta forma, se consigue mejorar la precisión y repetibilidad de las medidas de AV (9) (fig. 5).

Esta nueva carta está basada en una nueva definición de AV: el logaritmo del MAR, expresado éste en arcmin, de forma que los valores que en escala decimal oscilan entre 0,1 y 1, en logMAR varían entre 1 y 0, respectivamente, según la relación:

$$\log(MAR) = \log\left(\frac{1'}{AV_d}\right)$$

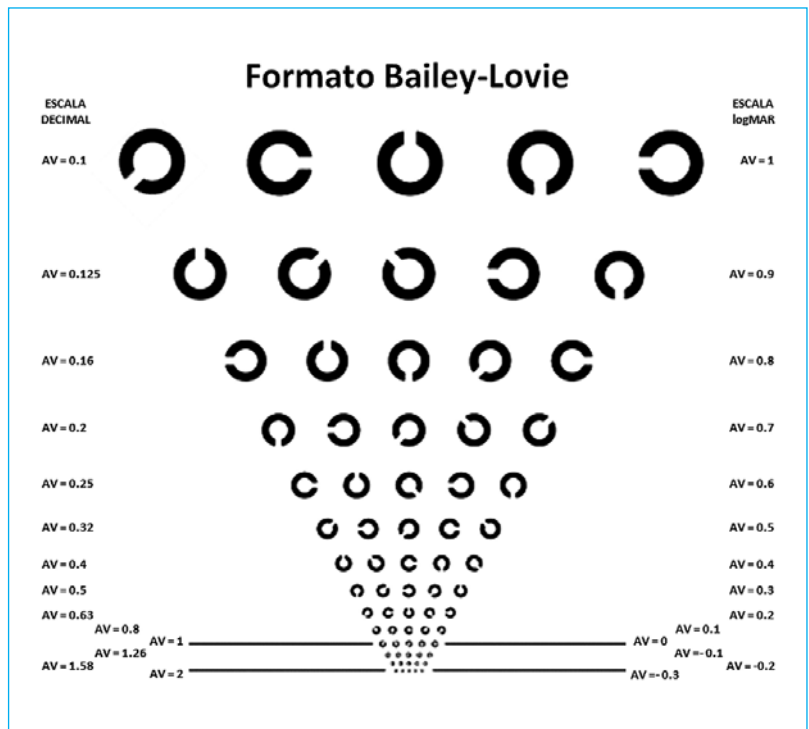


Fig. 5: Carta logarítmica de Bailey-Lovie.

FACTORES QUE AFECTAN A LA AGUDEZA VISUAL

Existen una serie de factores que pueden afectar a la medida de la AV, por tanto es necesario conocerlos, ya que el valor que obtengamos en la prueba puede depender en mayor o menor grado de dichos factores (13).

FACTORES QUE DEPENDEN DEL OPTOTIPO

Definición de la tarea a realizar en la medida de AV

Diferentes estudios han mostrado (3,8,14-16) que la AV en tareas de resolución resulta ser ligeramente inferior a la AV en tareas de reconocimiento. Por tanto, la elección de la tarea y de la carta de AV es un condicionante fundamental en la determinación de la AV.

Formato de la carta de medida de AV

Como se ha expuesto anteriormente la escala logMAR (6) proporciona resultados más precisos que optotipos más clásicos (4,5).

Existen otros factores que dependen del estímulo y que influyen en la medida de la AV, como son la luminancia, el contraste, el tiempo de exposición, la composición espectral de la luz, la distancia de realización de la prueba y las características del optotipo.

FACTORES ÓPTICOS DERIVADOS DE LA PARTE ÓPTICA DEL SISTEMA VISUAL HUMANO

Desenfoque

Como consecuencia de las aberraciones y de la difracción ocular se produce un deterioro de la imagen retiniana que redundará en un desenfoque en la misma y origina una pérdida de AV.

Diámetro pupilar

El diámetro pupilar marca la predominancia de la difracción (diámetros inferiores a 2 mm) o las aberraciones (diámetros superiores a 5 mm) en la definición del desenfoque de la imagen retiniana

(17), de manera que la mejor AV se obtiene con valores intermedios de diámetro pupilar (18).

Efecto Stiles-Crawford

El efecto Stiles-Crawford (19) disminuye la influencia de las aberraciones y el desenfoque para diámetros pupilares grandes (20). Por tanto, este efecto tiene influencia sobre la AV (21).

Acomodación

Distancias de medida superiores a 4 m proporcionan un valor residual de acomodación (igual a la profundidad de campo del ojo) que no enmascara los resultados obtenidos de AV.

Dispersión ocular

La luz dispersada por los diferentes medios oculares produce deslumbramiento y reducción de contraste de la imagen retiniana y, por tanto, de la AV.

FACTORES FISIOLÓGICOS

Mosaico de fotorreceptores

El tamaño del fotorreceptor, su densidad o espaciado y localización serán factores que definirán el tamaño mínimo de imagen retiniana que podrá ser resuelta.

2. Localización retiniana

En condiciones normales de visión (ojo sano sin patología y visión fotópica), la AV siempre es máxima en el centro de la fovea y disminuye al aumentar la excentricidad retiniana (22,23) de modo que a 10° de la fovea la AV se reduce a un tercio de su máximo valor (24).

Estado de adaptación del ojo

La sensibilidad de la retina cambia en función de la iluminación retiniana. En general, para un nivel de iluminación cualquiera la AV será mejor cuando la retina se encuentre mejor adaptada a dicho nivel de iluminación.

OTROS FACTORES

Factores subjetivos o psicológicos

Podemos encontrar factores que pueden falsear los datos obtenidos: haber realizado la prueba de medida de la AV con anterioridad, la fatiga, o el estado anímico, entre otros.

Edad

La AV alcanza un máximo en torno al intervalo de edad comprendido entre 25-30 años para posteriormente decrecer progresivamente a medida que se envejece (25,26).

AGUDEZA VISUAL NORMAL

Aunque comúnmente el valor de AV unidad es el que se designa para representar a un observador con visión normal, lo cierto es que, un observador en condiciones normales de visión puede alcanzar valores de AV superiores a la unidad. De hecho, AV unidad designa el límite inferior del rango normal de valores de AV. Sin embargo, en muchas ocasiones no es tan importante el valor de AV alcanzado sino la variación con respecto a un valor de referencia que debe determinarse individualmente para cada observador (27). Variaciones del valor de la AV pueden originarse por afecciones de índole óptica o neural de manera que un correcto seguimiento de la AV puede proporcionar una manera rápida de detectar empeoramiento o mejora en la afeción.

AGUDEZA VISUAL EN VISIÓN PRÓXIMA

Por visión próxima se entiende aquellas distancias a las que, con la corrección adecuada para lejos, el paciente requiere de su acomodación para ver nítido un estímulo. A pesar de que el rango de distancia que abarca esta definición de visión próxima es amplio, y que depende de la labor a realizar e incluso del individuo (altura, longitud de brazos, etc.), los test de AV para visión próxima están diseñados para una distancia de observación fija.

La medida de AV en visión próxima sigue los mismos principios que para visión lejana, es decir, se determina el optotipo más pequeño que el paciente es capaz de leer y a partir de este valor se obtiene la AV. Al igual que ocurre en la visión lejana

una AV de unidad se define como la AV que presenta un paciente que es capaz de apreciar detalles de 1 minuto de arco a la distancia de observación, lógicamente en este caso el tamaño del optotipo será considerablemente más pequeño que los correspondientes a los test de visión lejana.

Existen diferentes tests que se emplean en visión próxima, de los que se destacan los siguientes (la figura 6 muestra la conversión entre estas escalas de AV para una distancia de 40 cm):

1. Sistema de puntos: Esta técnica se basa en la notación que se emplea en las imprentas. Según esta notación cada punto es 0,35 mm.

2. Sistema Jaeger: Consiste en 20 tamaños de letras clasificados de J1 a J20.

3. Equivalente Snellen: Esta notación es igual que en los test de visión lejana, pero con el consecuente ajuste para la distancia, de tal forma que una letra de 20/20 será aquella que subtiende 5 minutos de arco a 40 cm.

4. Sistema M: En la notación M el tamaño de las letras es indicado por la distancia en metros a la letra subtiende 5 minutos de arco en la retina. Por ejemplo, una letra de 1M, será aquella que a una distancia de 1 metro subtiende 5 minutos de arco en la retina, o expresado de otra manera es aquella letra que un paciente con AV 20/20 es capaz de ver a una distancia de 1 metro.

PROCEDIMIENTO DE MEDIDA DE LA AV

La medida de la AV debe ser el primer paso de la exploración visual, ha de ser un procedimiento sistemático que evite cometer errores y de rápida realización. Básicamente la medida consiste en mostrar optotipos al paciente y determinar cuál es el más pequeño que es capaz de apreciar.

Durante la medida es conveniente observar al paciente y no al test. La iluminación ambiente debe ser moderada, normalmente se comienza exami-

Snellen	Jaeger	Pto	M	Decimal
20/20	J-1	3	0,4M	1
20/30	J-2	5	0,6M	0,66
20/40	J-4	7	0,8M	0,50
20/60	J-8	10	1,2M	0,33
20/80	J-10	12	1,6M	0,25
20/100	J-13	18	2M	0,20
20/200	J-17	-	4M	0,10

Fig. 6: Conversión entre las diferentes escalas AV para una distancia de medida de 40 cm.

nando el ojo derecho y ocluyendo el ojo izquierdo, aunque si se tienen indicios de cuál es el ojo con peor AV se debe empezar por este. El ojo no examinado se ocluye con un oclisor o el propio paciente lo tapa con la palma de la mano sin presionar el ojo, es importante que el examinador constate que durante toda la medida el ojo no examinado está ocluido. Posteriormente se muestra la carta de optotipos. Es recomendable comenzar por tamaños de letras correspondientes a niveles de AV ligeramente más bajos de la esperada, pero que el paciente pueda leer claramente, de esta forma evitamos hacer la medida demasiado prolongada y que el paciente pierda atención. A continuación se van presentando letras de tamaño cada vez más pequeño hasta que el paciente no es capaz de leer más de la mitad de los optotipos de una línea. Llegados a este punto, es interesante animar al paciente a leer más optotipos, incluso indicar al paciente que intente adivinarlos, ya que es común que el paciente solo indique los optotipos que ve con claridad.

El procedimiento se realiza para cada ojo por separado y posteriormente se puede realizar binocularmente. La AV binocular puede ser una línea o incluso más que la AV monocular cuando los valores de AV monocular son iguales en ambos ojos.

Si la AV del paciente es de un nivel tan bajo que no disponemos de optotipos lo suficientemente grandes para que sea capaz de leerlo, el paciente debe acercarse al optotipo, de tal forma que al aproximarse el ángulo subtendido por el optotipo aumenta, por tanto se consigue aumentar el tamaño lineal del optotipo. La AV obtenida en este punto habrá que corregirla de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$AV = \frac{\text{distancia a la que lee el optotipo}}{\text{distancia para la que estaba diseñada test}} \times AV \text{ alcanzada en la nueva distancia}$$

Si incluso por este método no se consigue alcanzar un valor de AV, los siguientes niveles de AV en orden decreciente son:

– Cuenta Dedos: Se comprueba si el paciente es capaz de contar un número de dedos que presenta el examinador a diferentes distancias.

– Movimiento de mano: Si el paciente no es capaz de contar dedos a ninguna distancia, el siguiente paso es valorar si es capaz de percibir el movimiento de la mano del examinador a alguna distancia.

– Proyección de luz: El siguiente paso sería mostrar una fuente de luz puntual en diferentes puntos del campo visual del paciente y valorar si es capaz de percibir la luz y localizarla.

– Percepción de luz: Finalmente si las pruebas anteriores no ofrecen resultados se comprueba si el paciente es capaz de apreciar la luz directamente proyectada sobre su eje visual.

La medida de AV en visión próxima se debe realizar con una buena iluminación del optotipo de cerca, y se debe indicar al paciente que sujete el test a la distancia adecuada, por ejemplo 40 cm si se trata del test de Snellen para visión próxima.

BIBLIOGRAFÍA

1. Viquería-Pérez V, Martínez Verdú FM, de Fez-Saiz D. Óptica fisiológica: modelo paraxial y compensación óptica del ojo. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2003.
2. Montés Micó R. Optometría: principios básicos y aplicación clínica. Madrid: Elsevier, 2011.
3. Grimm W, Rassow B, Wesemann W, Saur K, Hiltz R. Correlation of optotypes with the Landolt Ring: a fresh look at the comparability of optotypes. *Optom Vision Sci* 1994; 71: 6-13.
4. Snellen H. Test-types for determination of the acuteness of vision. Utrecht: van de Weijer, 1862.
5. Landolt E. Methode optometrique simple. *Bull Mem Soc Fran Ophtalmol* 1888; 6: 213-4.
6. Bailey IL, Lovie JE. New design principles for visual acuity letter charts. *Am J Optom Physiol Opt* 1976; 53: 740-5.
7. Sloan LL. Needs for precise measures of visual acuity. *Arch Ophthalmol* 1980; 98: 286-90.
8. Ferris FL, Kassoff A, Bresnick GH, Bailey I. New visual acuity charts for clinical research. *Am J Ophthalmol* 1982; 94: 91-6.
9. Elliott D, Sheridan M. The use of accurate visual acuity measurements in clinical anti-cataract formulation trials. *Ophthalmol Physiol Opt* 1988; 8: 397-401.
10. Bailey IL, Lovie JE. The design and use of a new near-vision chart. *Am J Optom Physiol Opt* 1980; 57: 378-87.
11. Sloan LL, Rowland WM, Altmann A. Comparison of three types of test target for the measurement of visual acuity. *Q Rev Ophthalmol* 1952; 8: 4-16.
12. Flom MC, Weymouth FW, Kahneman K. Visual resolution and contour interaction. *J Opt Soc Am* 1988; 53: 1026-32.
13. Artigas JM, Capilla P, Felipe A, Pujol J. Óptica fisiológica. Psicofísica de la visión. Madrid: Interamericana McGraw-Hill, 1995.
14. Bourne RRA, Rosser DA, Sukudom P, Dineen B, Laidlaw DAH, Johnson GJ et al. Evaluating a new log-MAR chart designed to improve visual acuity assessment in population-based surveys. *Eye* 2003; 17: 754-8.
15. Wittich W, Overbury O, Kapusta MA, Watanabe DH. Differences between recognition and resolution acuity in patients undergoing macular hole surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006; 47: 3690-4.

16. Pointer JS. Recognition versus resolution: a comparison of visual acuity results using two alternative test chart optotype. *J Optom* 2008; 1: 65-70.
17. Campbell FW, Gregory AH. Effect of size of pupil on visual acuity. *Nature* 1960; 187: 1121-3.
18. Leibowitz H. The effect of pupil size on visual acuity for photometrically equated test fields at various levels of luminance. *J Opt Soc Am* 1952; 42: 416-22.
19. Stiles WS, Crawford BH. The luminous efficiency of rays entering the eye pupil at different points. *Proc R Soc London Ser B* 1933; 112: 428-50.
20. Tucker J, Charman WN. The depth-of-focus of the human eye for Snellen letters. *Am J Optom Physiol Opt* 1975; 52: 3-21.
21. Atchison DA, Scott DH, Strang NC, Artal P. Influence of Stiles-Crawford apodization on visual acuity. *J Opt Soc Am A* 2002; 19: 1073-83.
22. Ludvigh E. Extrafoveal visual acuity as measured with Snellen letters. *Am J Ophthalmol* 1941; 24: 303-10.
23. Collins MJ, Brown B, Bowman KL. Peripheral visual acuity and age. *Ophthalmic Physiol Opt* 1989; 9: 314-6.
24. Bennett AG, Rabbets RB. *Clinical visual optics*, 2.^a ed. Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd., Linacre House, Jordan Hill, 1989.
25. Elliott DB, Yang KC, Whitaker D. Visual acuity changes throughout adulthood in normal, healthy eyes: seeing beyond 6/6. *Optom Vis Sci* 1995; 72: 186-91.
26. Sekuler R, Kline D, Dismukes K, Adams AJ. Some research needs in aging and visual perception. *Vision Res* 1983; 23: 213-6.
27. Brown B, Levie-Kitchin IE. Repeated visual acuity measurement: establishing the patient's own criterion for change. *Optom Vis Sci* 1993; 70: 45-53.

