

MEDICIONES DE AGUDEZA VISUAL

Las gráficas de agudeza visual modernas es tan diseñadas de tal modo, que el tamaño de las letras en cada línea siguen una progresión geométrica (es decir, cambio de un paso uniforme a una escala logarítmica).¹⁻³ Se ha seleccionado un tamaño de paso aceptado de 0,1 unidad de log, que es equivalente a tamaños de letras que cambian en un factor de 1,2589 entre las líneas. Este estándar da por resultado la puntuación logMAR (logaritmo del ángulo mínimo de resolución), tal como se muestra en la **Tabla 1**, columna 3. Los valores **en negrita** corresponden a los pasos logMAR aceptados. Se incluyen los valores que no son pasos logMAR, como 20/30, 20/60, 20/70, 20/150 y 20/300, debido a su apariencia común en las gráficas de agudeza visual antiguas. Se ha seleccionado una progresión geométrica de líneas en la gráfica de agudeza visual, porque es similar al modo en que nuestro sistema visual funciona. Si el paciente 1 tiene una agudeza visual de 20/20 y el paciente 2 tiene una agudeza visual de 20/40, concluimos que el paciente 1 tiene una agudeza visual dos veces mejor que el paciente 2, porque él /ella puede reconocer una letra dos veces más pequeña. Una vez que hemos elegido comparar la visión como un ratio, utilizando un ángulo de referencia visual (20/20), obtenemos una progresión geométrica, por lo que ha de calcularse una media geométrica para cada resultado significativo.

Tabla 1. Gráfica de conversión de agudeza visual

Nº de línea	Ángulo Visual (min.)	Frecuencia espacial (Cyc/deg)	logMAR	Lejos				Cerca					Anotación "M"
				% Eficacia Visual Central	Pies 20/	Metros 6/	Decimal	% Eficacia Visual Central	Pulgadas 14/	Cm 35/	Decimal	Jaeger Std. Revisada	
-3	0.50	60.00	0.30	100	10	3.0	2.00	100	7.0	17.5	-	-	0.20
-2	0.63	48.00	0.20	100	12.5	3.8	1.60	100	8.8	21.9	-	-	0.25
-1	0.80	37.50	0.10	100	16	4.8	1.25	100	11.2	28.0	-	-	0.32
0	1.00	30.00	0.00	100	20	6.0	1.00	100	14.0	35.0	1	3	0.40
1	1.25	24.00	-0.10	95	25	7.5	0.80	100	17.5	43.8	2	4	0.50
-	1.50	20.00	-0.18	91	30	9.0	0.67	95	21.0	52.5	3	5	0.60
2	1.60	18.75	-0.20	90	32	9.6	0.63	94	22.4	56.0	4	6	0.64
3	2.00	15.00	-0.30	85	40	12.0	0.50	90	28.0	70.0	5	7	0.80
4	2.50	12.00	-0.40	75	50	5.0	0.40	50	35.0	87.5	6	8	1.0
-	3.00	10.00	-0.48	67	60	18.0	0.33	42	42.0	105.0	7	9	1.2
5	3.15	9.52	-0.50	65	63	18.9	0.32	40	44.1	110.3	8	10	1.3
-	3.50	8.57	-0.54	63	70	21.0	0.29	32	49.0	122.5	-	-	1.4
6	4.00	7.50	-0.60	60	80	24.0	0.25	20	56.0	140.0	9	11	1.6
7	5.00	6.00	-0.70	50	100	30.0	0.20	15	70.0	175.0	10	12	2.0
-	5.70	5.26	-0.76	44	114	34.2	0.18	12	79.8	199.5	11	13	2.3
8	6.25	4.80	-0.80	40	125	37.5	0.16	10	87.5	218.8	12	14	2.5
-	7.50	4.00	-0.88	32	150	45.0	0.13	6	105.0	262.5	-	-	3.0
9	8.00	3.75	-0.90	30	160	48.0	0.13	5	112.0	280.0	13	21	3.2
10	10.00	3.00	-1.00	20	200	60.0	0.10	2	140.0	350.0	14	23	4.0
11	12.50	2.40	-1.10	17	250	75.0	0.80	0	175.0	437.5	-	-	5.0
-	15.00	2.00	-1.18	16	300	90.0	0.07	0	210.0	525.0	-	-	6.0
12	6.00	1.88	-1.20	15	320	96.0	0.06	0	224.0	560.0	-	-	6.4
13	20.00	1.50	-1.30	10	400	120.0	0.05	0	280.0	700.0	-	-	8.0
16	40.00	0.75	-1.60	5	800	240.0	0.03	0	560.0	1400.0	-	-	16.0
20	100.00	0.30	-2.00	0	000*	600.0	0.01	0	400.0	3500.0	-	-	40.0
30	1000.0	0.03	-3.00	0	20.000[†]	6000.0	0.001	0	14000.0	35000.0	-	-	400.0

Los valores en negrita son la progresión logMAR estándar

logMAR = logaritmo del ángulo mínimo de resolución

*20/2000 es equivalente a cuenta dedos @ 2 pies

†20/20000 es equivalente a movimiento de la mano @ 2 pies

Advierta que en la **Tabla 1**, los únicos valores que se incrementan linealmente son los números lineales y la anotación logMAR. La agudeza de Snellen, la agudeza decimal y el ángulo visual, se incrementan en un factor de 1.2589. Una vez hemos decidido que los pasos equivalentes en la medición de la agudeza visual son geométricos y no aritméticos, debemos usar la media geométrica apropiada para calcular el promedio correcto.

En la **Tabla 1** vemos que la línea 0 es la agudeza de Snellen de 20/20, que corresponde a un valor logMAR de cero, ya que 20/20 es el estándar. También observamos que la línea 10 es la agudeza visual de Snellen de 20/200, que corresponde a un valor logMAR de 1.0 (10 veces, o 1 unidad de log peor a 20/20). Intuitivamente parecería que la mitad entre la línea 0 y 10 sería la línea 5, o 20/63. Este es el promedio correcto, ya que geoméricamente está a la mitad entre 20/200 y 20/20.

Calcular la agudeza visual promedio y la desviación estándar en una serie de pacientes no es difícil, pero en la mayoría de estudios se ha hecho incorrectamente.⁴ El problema básico se relaciona a la diferencia entre la media aritmética y geométrica para una serie de números. Para la agudeza visual promedio correcta debe utilizarse la media geométrica, que ofrece valores significativamente diferentes a la media aritmética.

El método más simple para calcular la agudeza visual promedio adecuada de cualquier anotación, es convertir el valor al equivalente logMAR y después obtener el promedio de los valores. La manera más fácil de calcular el valor logMAR es convertirlo a decimal y después tomar el negativo del logaritmo. Por ejemplo, 20/20 = 1 y el log de 1 es 0 y 20/200 = 0,10 y el negativo del log es +1,0; el promedio de 0 y +1,0 es 0,5 unidades logMAR. Al convertir nuevamente del valor logMAR de 0,5, la agudeza visual correspondiente es de 20/63, que es el promedio geométrico correcto.

Las fórmulas para convertir de decimal a logMAR y viceversa, son las siguientes:

$$\text{logMAR} = -\log(\text{agudeza decimal}) \quad (1)$$

$$\text{Agudeza decimal} = \text{antilog}(-\text{logMAR}) = 10^{-\text{logMAR}} \quad (2)$$

Ocurren otras dos consideraciones cuando se evalúa un conjunto de mediciones de agudeza: (1) ¿Qué hacer con valores cuenta dedos, movimiento de la mano, percepción ligera, etc...? y (2) ¿Cómo calcular el valor correcto si es paciente no leyó todas las letras de la línea completamente?

Cuenta dedos, Movimiento de la Mano, Percepción Ligera, Sin Percepción Ligera.

Contar los dedos a una determinada distancia puede convertirse a equivalente Snellen, asumiendo que los dedos tienen un tamaño aproximado a los elementos de una letra de 200. Por tanto, una persona que puede contar a 20 pies, tiene una visión aproximada de 20/200⁵. Una persona que es capaz de contar dedos a 2 pies, tendría una visión de 2/200, o un equivalente de 20/2000. En cierto modo este valor es conservador, ya que una mano contra un fondo blanco tiene un contraste mucho menor que una letra negra sobre un fondo blanco. Del mismo modo, el examinador utiliza 4 o menos dedos, disminuyendo así el número de opciones forzadas en comparación con los optotipos de Snellen (10).

De los estudios que hemos realizado en nuestra clínica de visión baja, el movimiento de la mano a una distancia dada es 10 veces peor que contar dedos; es decir, una persona que puede detectar el movimiento de la mano a 20 pies, tiene un equivalente de agudeza visual de Snellen de aproximadamente 20/2000. Una persona capaz de detectar el movimiento de la mano a 2 pies, tendría un equivalente de agudeza de Snellen de 20/20000.

La percepción de la luz con y sin proyección, y la no percepción de la luz, realmente no son mediciones de agudeza visual, sino simplemente la detección de un estímulo. Estos casos deberían excluirse y describirse en la sección de materiales y métodos del manuscrito.

El Paciente no Puede Leer Una Línea Entera.

Es muy común para series visuales, incluir valores en los que el paciente no pudo leer correctamente todas las letras de una sola línea. Aunque es un método aceptable registrar la última línea que fue leída completamente, o fue leída en su mayoría (3 de 5), esto reduce la precisión de la medición, de igual manera que redondear mediciones de laboratorio. Un método más preciso, consiste en interpolar entre los valores de la agudeza logMAR, utilizando la fracción del número de letras leídas correctamente en una línea de agudeza visual.

Por ejemplo, supongamos que nuestra gráfica de agudeza tiene 5 letras en cada línea de agudeza visual y el paciente lee todas las letras de la línea de 20/50 (logMAR = +0,4), pero solamente 3 de la 5 letras de la línea de 20/40 (logMAR = +0,3). Tres quintos ($3/5 = 0,6$) del camino de logMAR +0,4 a +0,3, es logMAR +0,34. El valor logMAR de +0,34 es el valor correcto para la agudeza visual de este paciente. Para aquellos estudios que involucran grandes bases de datos, en donde convertir los valores manualmente es tedioso, hemos publicado las fórmulas que permite la conversión directa del valor de agudeza de Snellen, al valor logMAR interpolado⁶. Estas fórmulas trabajan únicamente si existe el mismo número de letras en cada línea, como la gráfica de agudeza visual de Bailey-Lovie³, y otras gráficas estandarizadas⁶.

Desafortunadamente, si el número de letras en la gráfica de agudeza visual no es el mismo en cada línea (como ocurre en muchas gráficas de pared y proyectores), se debe crear una tabla que muestre la interpolación de conversión para cada línea y no es posible utilizar una sola fórmula.

Cálculo de Muestras

Una vez se obtiene el valor logMAR para la agudeza visual para cada paciente, se puede realizar el análisis estadístico en el grupo de datos. Todos los cálculos estadísticos (medias, desviaciones estándar, errores estándar de la media, coeficientes de correlación, etc...) se deben calcular utilizando los valores logMAR para la agudeza visual. Realizar estos análisis utilizando cualquier otro valor para la agudeza visual, provocará resultados erróneos^{7,8}.

La **Tabla 2** ofrece un juego de datos de una muestra de 7 pacientes para ilustrar los cálculos correctos y sirve de guía para el investigador para usarlos y validar su método de cálculo. El valor promedio y la desviación estándar se calcula utilizando los valores logMAR. La agudeza visual logMAR promedio fue 0,85 y la desviación estándar de 1,24, expresado normalmente como $0,85 \pm 1,24$. Para determinar la agudeza decimal equivalente para el promedio, debemos utilizar la ecuación (2) anterior:

$$\begin{aligned} \text{Agudeza decimal} &= 10^{-\log\text{MAR}} &&= 10^{-0,85} = 0,141 \\ \text{Denominador de Agudeza Visual de Snellen} &&&= 20/\text{Agudeza Decimal} \\ &&&= 20/0,141 = 142 \\ \text{Agudeza Visual de Snellen} &&&= 20/142 \end{aligned}$$

Tabla 2. Set de datos de agudeza visual para 7 ojos teóricos

Ojo	Agudeza Visual Medida*	Equivalente de Snellen	Equivalente Decimal	Equivalente logMAR
1	20/10	20/10	2,000	-0,30
2	20/10 - 2	20/10 - 2	2,000 - 2	-0,26
3	20/40	20/40	0,500	0,30
4	20/40 + 3	20/40 + 3	0,500 + 3	0,24
5	20/200	20/200	0,100	1,00
6	CD** @ 2 pies	20/2000	0,010	2,00
7	MM @ 2 pies	20/20000	0,001	3,00
Media ± SD		20/142 ± 12,4 líneas	0.141 ± 12,4 líneas	0,85 ± 1,24

CD = cuenta dedos; MM = movimiento de la mano; logMAR = logaritmo del ángulo mínimo de resolución

*Gráfica de agudeza visual de Bailey-Lovie, con 5 letras en cada línea.

La única conversión significativa de la desviación estándar en las unidades logMAR, es en las líneas de agudeza visual. Debido a que cada línea de la gráfica de agudeza visual estandarizada se incrementa en 0,1 unidades log, una desviación estándar de $\pm 1,24$ unidades log es equivalente a $\pm 12,4$ líneas (1,24/0,1). En esta serie de datos de 7 paciente, la agudeza visual media y la desviación estándar son $0,85 \pm 1,24$ logMAR unidades, $0,141 \pm 12,4$ en unidades decimales y $20/142 \pm 12,4$ líneas en unidades de Snellen.

Deberían realizarse otros cálculos estadísticos como coeficientes de correlación, test *t* de Student y análisis de varianza, utilizando los valores logMAR, tal como se muestra anteriormente para la desviación estándar y media. Utilizar estas técnicas ofrecerá un análisis significativo de la serie de datos y permite comparaciones válidas de diferentes series de datos.

Las mediciones de visión de cerca deben conformar el mismo ángulo visual que las mediciones de lejos y la distancia de cerca más común es de 12 pulgadas (35 centímetros). En la **Tabla 1**, la línea 0 con un ángulo visual de 1 minuto de arco es 14/14 y 35/35. La anotación “M” en la última columna utilizada en pacientes con visión baja, utiliza el tamaño angular de 20/50 equivalente a 1 M, mientras que los valores remanentes son proporcionales. Por ejemplo, 2 M es 20/100 y 0,5 M es equivalente a un tamaño angular de 20/25⁵.

Los valores Jaeger se han sometido a diversas revisiones durante los años, pero el “estándar Jaeger revisado” fue adoptado a finales de los años 50 y se muestra de la 3ª columna antes de la última columna de la **Tabla 1**⁹⁻¹². El tipo de punto Americano aproximado de las impresoras, se muestra en la penúltima columna de la **Tabla 1**. Finalmente, en 1993 se estandarizó el porcentaje de la eficiencia visual central por la Asociación Médica Americana¹³. El porcentaje de discapacidad visual central es 100% menos la eficiencia visual central (por ejemplo, si la eficiencia visual central es de 30%, la discapacidad visual central es de 70%). Debe tenerse en cuenta que la eficiencia visual de lejos disminuye casi linealmente con los pasos logMAR. Sin embargo, la eficiencia visual de cerca disminuye abruptamente después de equivalente a distancia de 20/40. Esta disminución abrupta se debe a que la mayoría de diarios y otras impresiones periódicas están cerca del nivel del equivalente de lejos de 20/40.

Dr., MSEE, Jack T. Holladay

Referencias

1. Committee on Vision, National Research Council, National Academy of Sciences. Recommended standard procedures for the clinical measurement and specification of visual acuity. Washington, DC, Report of Working Group 39, 1979
2. Working Group 39. Recommended standard procedures for the clinical measurement and specification of visual acuity. *Adv Ophthalmol* 1980; 41:103–148
3. Bailey IL, Lovie JE. New design principles for visual acuity letter charts. *Am J Optom Physiol Optics* 1976; 53:740
4. Holladay JT, Prager TC. Mean Visual acuity. *Am J Ophthalmol* 1991; 111:372–374
5. Faye EE. *Clinical Low Vision*. Boston, MA, Little, Brown and Co, 1976
6. Holladay JT, Prager TC. Snellen equivalent for Bailey-Lovie acuity chart. *Arch Ophthalmol* 1989; 107:955
7. Sloan LL. Measurement of visual acuity. *Arch Ophthalmol* 1951; 45:704
8. Sloan LL. New test charts for the measurement of visual acuity. *Am J Ophthalmol* 1959; 48:808–813
9. Keeney AH, Durerson HL Jr. Collated near-vision test card. *Am J Ophthalmol* 1958; 46:592–594
10. Keeney AH. *Ocular Examination: Basis and Technique*, 2nd ed. St Louis, MO, CV Mosby, 1976
11. Newell FW. *Ophthalmology: Principles and Concepts* 7th ed. St Louis, MO, CV Mosby, 1992
12. Frisen L. *Clinical Tests of Vision*. New York, NY, Raven Press, 1990
13. American Medical Association. *Guide to the Evaluation of Permanent Impairment*, 4th ed.

<http://www.ascrs.org/publications/jcrs/guestfeb04.html>