



Función de Sensibilidad al Contraste y Agudeza Visual Relacionados con Glucosa Capilar.

R. M. Alejandro¹, S. S. Anabel Socorro^{1,2}

¹Licenciatura en Optometría. Instituto Politécnico Nacional, CICS-UST, Ciudad de México

²Centro de Investigaciones en Óptica, León Guanajuato

Resumen— Relacionar la Función de Sensibilidad al Contraste (FSC) y la Agudeza Visual (AV) con diferentes condiciones de glucosa obtenida mediante glicemia capilar; en un grupo de estudiantes de la Licenciatura en Optometría del IPN. Se midió la FSC, a partir de ella se calculó la AV. Al mismo tiempo se midió la glicemia capilar, para observar la relación entre las variables mencionadas. Los resultados obtenidos muestran cambios en los umbrales de contraste de la FSC asociados a glicemia capilar.

Palabras clave—Agudeza Visual, Función de Sensibilidad al Contraste, Glicemia Capilar.

I. INTRODUCCIÓN

La agudeza visual (AV) es una de las pruebas más utilizadas para medir la visión y evaluar el estado refractivo ocular (ERO), representa el detalle más pequeño que puede distinguir el sistema visual, denominado mínimo ángulo de resolución (MAR), se mide en minutos de arco (arcmin) y se logra gracias a la separación entre las células fotorreceptoras de la foveola, se ha documentado que el mínimo detalle perceptible por el sistema visual humano mide 1 arcmin. Para medir el MAR se utilizan cartillas de agudeza visual con figuras llamadas optotipos, los cuales, en su mayoría son letras calculadas para que a una distancia específica midan 5 arcmin con el propósito de que cada parte de este mida 1 arcmin. Ejemplo: Si el optotipo es una letra “E”, se calcula para que a cierta distancia la letra entera mida 5 arcmin, así cada parte de esta (raya y espacio entre raya) miden 1 arcmin, por lo que para identificar que es “E” se deben distinguir los mínimos detalles que la conforman. La AV se puede expresar directamente en arcmin o en un número que lo represente, pudiendo ser fracción Snellen, escala logarítmica, decimal, entre otras. La fracción Snellen es una de las escalas más utilizadas en la evaluación visual, en esta fracción el numerador representa la distancia a la que se realiza la prueba, y el denominador representa el optotipo que la persona consiguió distinguir, entendiéndose que, si una persona a 6 metros distingue el optotipo que a 6 metros mide 5 arcmin, tiene visión 6/6 lo que significa que puede distinguir detalles de 1 arcmin. Al dividir el denominador entre el numerador se obtiene el MAR. Ejemplo: 6/12 el MAR equivale a 2 arcmin. [1] [2] [3]

La Sensibilidad al Contraste (SC) es una prueba que mide el umbral en el que el sistema visual puede empezar a diferenciar entre 2 estímulos de diferente luminancia, como

una figura negra sobre un fondo blanco, el contraste es generado por la diferencia entre sus luminancias, para medir el umbral se disminuye esta diferencia hasta que el sistema visual no es capaz de distinguir un estímulo de otro. Los estímulos pueden ser optotipos sobre un fondo ó barras claras y oscuras. Las barras se agrupan dentro de un espacio correspondiente a 1 grado sexagesimal (1°), su grosor dependerá de la frecuencia con la que se repitan dentro de este grado, denominándose frecuencia espacial (FE) y expresándose en ciclos por grado (CPG) donde una barra clara seguida de una oscura corresponde a 1 ciclo. El umbral se obtiene al disminuir el contraste entre barras claras y oscuras hasta volverse imperceptible la diferencia entre ambas. La función de sensibilidad al contraste (FSC) es una prueba que evalúa los umbrales de por lo menos 4 FE. [1] [4]

La evaluación de la AV, al utilizar un optotipo oscuro sobre un fondo claro se considera una medida de alto contraste. En la prueba de FSC se inicia utilizando un estímulo de alto contraste, el cual se va disminuyendo hasta llegar al umbral. La FE utilizada en este inicio de alto contraste puede considerarse como una equivalencia con la prueba de AV. [1] [5] [6]

El grosor de las barras se puede ajustar al igual que los optotipos para obtener la AV. Para tal cálculo hay que considerar que 1° está compuesto de 60 arcmin: [1] [6]

$$60 \text{ arcmin} = 1^\circ \quad (1)$$

Representando 60 barras dentro del espacio de 1° cada una tendrá el grosor correspondiente a 1 arcmin, equivalente a una AV de 6/6. Siendo 60 barras, 30 serán claras y 30 oscuras, por lo tanto, se tendrán 30 CPG donde cada ciclo medirá 2 arcmin:

$$1 \text{ ciclo} / 2 = \text{MAR} \quad (2)$$

Sabiendo los arcmin que se quieren medir utilizando CPG, se pueden resumir las 2 expresiones anteriores en:

$$(1 \text{ ciclo} / \text{arcmin}) (60 \text{ arcmin} / 1 \text{ grado}) = \text{CPG} \quad (3)$$

Donde se obtiene primero el espesor del ciclo sabiendo los arcmin que se quieren evaluar y multiplicando el cociente por los 60 arcmin que forman un grado. Ejemplo: Para evaluar una AV de 6/12 el MAR es de 2 arcmin, por lo que el ciclo será de 4 arcmin. Sustituyéndolo en la fórmula:

$$(1 \text{ ciclo} / 4 \text{ arcmin}) (60 \text{ arcmin} / 1 \text{ grado}) = 15 \text{ CPG}$$

Lo que significa que la AV 6/12 equivale a 15 CPG.

Se ha documentado que los cambios prolongados en los niveles de glucosa circulante modifican la presencia de errores refractivos que afectan la AV, además de generar daños en las estructuras oculares como cristalino y retina provocando disminución en la FSC. La disminución en la sensibilidad de las pruebas se ha estudiado con cartillas de AV o FSC, pero sin obtener la AV a partir de la FSC. [7] [8]

II. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio prospectivo en un total de 16 estudiantes de la Licenciatura en Optometría sin enfermedades sistémicas diagnosticadas ni enfermedades oculares. A todos se les evaluó la FSC de cada ojo utilizando la cartilla CSV1000E a una distancia de 2.5 metros. La cartilla mide el umbral de 4 FE: 3, 6, 12 y 18 CPG, con 8 umbrales de contraste (UC) cada una, yendo de alto a bajo contraste. Todas las medidas fueron realizadas utilizando la mejor corrección del estado refractivo de cada ojo. Se incluyó a todos los estudiantes con una AV mayor a 6/12 utilizando su mejor corrección visual de ser necesario. Una vez obtenida la FSC de cada ojo se procedió al **cálculo de la AV utilizando (3) de cada uno, para ello se consideró el primer paso de contraste de cada FE**, el cual representa el máximo contraste entre el estímulo y el fondo. Lo anterior es porque es igual al utilizado en cartillas AV y representa el máximo contraste entre el estímulo y el fondo.

Además, a cada estudiante se le realizó una prueba de glicemia capilar utilizando glucómetro Accu-Chek Active para conocer el nivel de glucosa circulante al momento de la prueba. No se solicitaron periodos de ayuno ni se dieron indicaciones en cuanto a la alimentación previa a la evaluación, dado que se buscó conocer si se presentaba algún cambio en la FSC dependiendo del nivel de glucosa circulante.

Con los datos obtenidos se realizó un comparativo entre la glicemia capilar con los cambios en los umbrales de contraste de cada estudiante.

III. RESULTADOS

Se evaluaron 32 ojos de 16 estudiantes con edad promedio de 22.8 años (18-30 años). Se realizó una tabla de equivalencias entre FE y AV a partir de los arcmin que representen a 6 metros, registrándose en la Tabla 1:

Tabla 1: Equivalencias entre AV, Arcmin, y FE

AV (Snellen)	MAR (arcmin)	Frecuencia (CPG)
6/3	0.5	60
6/4.5	0.75	40
6/6	1	30
6/7.5	1.25	24
6/9	1.5	20
6/10	1.6	18
6/12	2	15
6/15	2.5	12
6/18	3	10
6/21	3.5	8.5
6/24	4	7.5
6/27	4.5	6.6
6/30	5	6
6/36	6	5
6/42	7	4.2
6/45	7.5	4
6/48	8	3.75
6/54	9	3.3
6/60	10	3
6/90	15	2
6/120	20	1.5

Se calculó la AV de cada ojo evaluado a partir de las FE ofrecidas por la cartilla CSV1000-E considerando el primer nivel de contraste de cada FE. Tabla 2:

Tabla 2: Equivalencias entre AV, Arcmin y las FE

FE	AV	Arcmin	Ojos con esa AV
3	6/60	10	32
6	6/30	5	32
12	6/15	2.5	31
18	6/10	1.6	30

En la figura 1 se esquematiza la FSC evaluada por la cartilla CSV1000E con una línea que representa la sensibilidad promedio de todos los ojos evaluados por cada FE. La línea también se puede interpretar como la división entre estímulos visibles e invisibles.

En la tabla 3 se registró la cantidad de ojos que alcanzaron cada contraste en cada FE:

Tabla 3: Número de ojos por cada umbral de contraste

FE	1	2	3	4	5	6	7	8
3	32	32	32	32	28	14	2	1
6	32	32	32	31	30	23	11	1
12	31	31	31	28	25	23	17	2
18	30	26	26	25	23	21	14	13

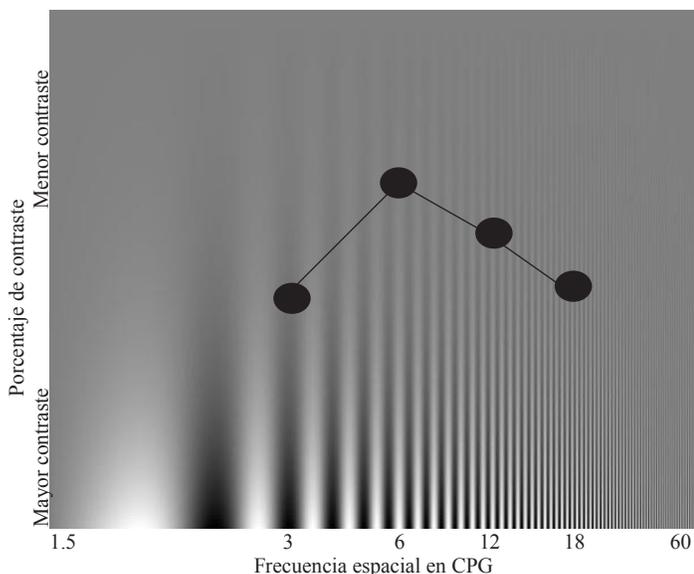


Fig. 1. Gráfica de FSC

En la tabla 4 se registraron los promedios de glucosa circulante en mg/dl de la cantidad de ojos que alcanzaron cada nivel de contraste; descritos en la Tabla 3.

Tabla 4: Promedio de glucosas en mg/dl

FE	1	2	3	4	5	6	7	8
3	114.1	114.1	114.1	114.1	115.5	107.2	84.5	89
6	114.1	114.1	114.1	114.2	112.5	111.5	108.5	89
12	113.7	113.7	113.7	113.8	111.6	111.8	110.0	112
18	113.3	108.8	108.8	108.7	108.9	110.3	104.5	104.8

Se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson, entre la glucosa promedio de la tabla 4 y los umbrales de contraste dentro de cada FE de la tabla 3. También se obtuvo la correlación entre las glucosas y la AV que se obtuvo a partir del primer nivel de contraste de cada FE (equivalente a la AV evaluada por una cartilla) de los estudiantes de aquellos que alcanzaron dicho umbral. La tabla 5 describe los coeficientes encontrados.

Tabla 5: Correlación por cada FE-Glicemia capilar

FE	Coefficiente de correlación Glucosa – AV	Coefficiente de correlación Glucosa - Contraste
3	0.025	-0.46
6	0.025	-0.09
12	0.312	-0.24
18	0.34	-0.42

Se obtuvieron valores más altos de correlación con las FE de 3 y 18 CPG, para la comparación de contrastes, y en 12 y 18 CPG para AV, aunque en ninguno de los casos alcanzan valores significativos.

IV. DISCUSIÓN

La correlación de AV con las variaciones en los niveles de glucosa es aún menor que la obtenida entre FSC y glucosa. Lo anterior, es debido a que para el cálculo de la AV a partir de la FSC; se considera el primer nivel de contraste de cada FE como se ha explicado. Esto, representa que la discriminación de un objeto sobre su fondo, demanda una menor dificultad; lo cual implica que FSC es una herramienta más útil para evaluar la visión.

Katz ha documentado que las alteraciones crónicas de los niveles de glucosa provocan disminución en la medida de FSC, consecuente a daños en estructuras oculares como cristalino y retina. Lo cual es igual a lo obtenido en este estudio, aunque a diferencia del estudio de Katz, en este trabajo la relación se observa en cambios en la glicemia capilar. [7]

Pelli describe que el área debajo de la curva de FSC representa los estímulos visibles y el área por arriba a los invisibles para la visión humana, toda actividad visual que desempeñamos requiere un grado de definición que se podría ubicar debajo o en el límite de la curva de sensibilidad. Con este estudio se demuestra que la variación en los niveles de glucosa modificará los límites de esta curva principalmente en frecuencias bajas y altas (3 y 18 CPG), por lo que las actividades visuales que requieran esos grados de definición pueden verse afectadas. [4]

V. CONCLUSIONES

- Este estudio es una antesala para dar a conocer que se observaron cambios en la FSC, relacionados a la glicemia capilar.
- La AV obtenida a partir de FSC presentó poca relevancia al registrar los cambios en la visión asociados a los niveles de glucosa capilar.
- Los CPG se vuelven más útiles para observar los cambios en la visión al disminuir el contraste entre las barras.
- Realizar la prueba de FSC puede ofrecer un dato extra en el seguimiento de las alteraciones de los niveles de glucosa sistémica.

RECONOCIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional por su financiamiento al proyecto SIP 20170831

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. H. Schwartz, Percepción visual: Una orientación Clínica, *Visual perception: A Clinical Orientation*. 3er Edición, McGraw-Hill, NY: SUNY, 2004, pp. 165-189.
- [2] R. Martín, G. Vecilla. Manual de Optometría, Médica Panamericana, 1 edición, Madrid, 2010, pp. 25-37.
- [3] M. Kalloniatis, C. Luu, Agudeza visual (Visual acuity). En: H. Kolb, R. Nelson, E. Fernandez, B. Jones, Webvision: La organización de la retina y el sistema visual, *The Organization of the Retina and Visual System*, [Internet]. England: WordPress, 2007, Disponible en: <http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/visual-acuity/>
- [4] D. Pelli, P. Bex, Midiendo sensibilidad al contraste, *Measuring contrast sensitivity*. Vision Research, no. 90, pp. 10-14, May. 2013.
- [5] J. M. Artigas, Óptica fisiológica: Psicofísica de la visión. 1ra edición. Interamericana McGraw-Hill, Madrid, 1995, pp. 295-330.
- [6] W. J. Benjamin, Refracción clínica de Borish, *Borish clinical refraction*, Butterworth-Heinemann-Elsevier, St Louis Missouri, 2 edición, 2006, pp. 247-271.
- [7] G. Katz, H. Levkovitch-Verbin, G. Treister, M. Belkin, J. Ilany, U. Polat, Sensibilidad al contraste mesópica esta dañada en paciente diabéticos sin retinopatía, *Mesopic foveal contrast sensitivity is impaired in diabetic patients without retinopathy*. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, no. 248, pp. 1699-1702, May. 2010.
- [8] G. Shankar, R. Kaiti, Funciones visuales y discapacidad en pacientes diabéticos con retinopatía, *Visual functions and disability in diabetic retinopathy patients*. Journal of Optometry. No. 10, pp. 37-43, 2014.