

Eje eléctrico del corazón. Dos nuevos métodos para su determinación

Myr. M.C. Raúl Guillermo López Valle*

Hospital Central Militar. Ciudad de México

RESUMEN. *Introducción.* El electrocardiograma (EKG) representa gráficamente la actividad eléctrica que estimula al corazón. El eje eléctrico del corazón se refiere a la dirección o ángulo del vector principal, y para su determinación, sólo se usan las derivaciones hexaxiales. *Material y métodos.* Se crearon dos métodos para obtener el eje cardíaco del corazón, el primero llamado *de la tangente* y el segundo *de la ecuación*. Ambos para su determinación utilizaron valores aleatorios asignados a las derivaciones I y aVF. Los resultados de cada método fueron representados en un dispersograma, y sus medias se compararon con el método *t* de Student, con un nivel de significancia de 0.05. *Conclusiones.* Se presentan dos nuevos métodos, rápidos y precisos, para la determinación del eje eléctrico del corazón.

Palabras clave: eje eléctrico, método, determinación, lova.

SUMMARY. *Introduction.* The electrocardiogram (EKG) is the graphic representation of the electrical activity that stimulates the heart. The heart electrical axis refers to the direction or angle of the main vector and, for its determination, only the hexaxial leads are used. *Material and methods.* Two new methods, called «*of the tangent*» and «*of the equation*», for heart electrical axis determination were created. For the calculation, both used numbers randomly assigned for the leads I and aVF. Results from both methods were represented in a scattergram, and their means were compared using the *t* of Student test, with an $\alpha = 0.05$. *Conclusions.* Two new, rapid and precise methods for heart electrical axis determination were created.

Key words: electrical axis, method, determination, lova.

* Comandante Pelotón de Sanidad 1/er. Grupo de Caballería Cuerpo de Guardias Presidenciales.

Correspondencia:

Myr. M.C. Raúl Guillermo López Valle. Hacienda la Purísima No. 19 Col. Prados del Rosario. Deleg. Atzacapotzalco. México, D.F. CP 02410 ZP 16. Tel./Fax: (5) 382-7208. a-beep: (5) 230-3030 Pin: 26456. E-mail: lova@df1.telmx.net.mx. ICQ: 22770065.

El electrocardiograma (EKG) es el registro^{4,6} gráfico⁶ de la actividad eléctrica⁶ que estimula al corazón y produce su contracción,⁴ debido a que anota los potenciales eléctricos producidos en asociación con el latido cardíaco.⁶ El uso adecuado del EKG como herramienta diagnóstica supone el desarrollo de un diagnóstico clínico diferencial basado en él.⁸ El EKG continúa siendo una forma valiosa, no invasiva, de fácil repetición y barata para el diagnóstico de anormalida-

des cardíacas,¹¹ entre ellas las hipertrofias^{4,6,11} (auriculares y ventriculares), la isquemia miocárdica,¹¹ el infarto al miocardio,^{4,6,11} el estudio de las arritmias,^{6,11} en la pericarditis,⁶ en las enfermedades generales que afectan al corazón⁶ como los eventos vasculares cerebrales, en el efecto que producen los fármacos usados en la terapéutica cardiológica,⁶ así como en los desequilibrios del metabolismo electrolítico.^{4,6} Es recomendable que el médico al interpretar un trazo de EKG responda a la pregunta de “¿Qué enfermedades podrían producir un EKG como éste?”⁸

Aunque la interpretación del EKG requiere un proceso activo de pensamiento con el propósito principal de establecer un diagnóstico clínico diferencial,⁸ existe amplia evidencia anecdótica de que se ha deteriorado a niveles inaceptables.⁸

Conceptos anatomofisiológicos

1) El ventrículo izquierdo, al ser más grueso que el derecho, tiene mayores vectores, que hacen que el vector QRS medio se dirija de preferencia hacia el ventrículo izquierdo.⁴ Si el corazón se desplaza, también lo hace el vector.⁴ Ejemplo de ello es que en individuos obesos, conforme el diafragma sube (y por lo tanto, el corazón), el vector QRS medio puede apuntar directamente hacia la izquierda horizontal.⁴ En caso de crecimiento (hipertrofia) de un ventrículo, la mayor actividad eléctrica desplaza al vector hacia ese lado.⁴

2) Tanto el nodo auriculoventricular, como el haz de His y sus ramas (o fascículos), al igual que el sistema de conducción de Purkinje, están localizados en la superficie endocárdica,⁶ haciendo que la despolarización de las fibras miocárdicas empieza en el endocardio y continúa a través de la pared ventricular.⁴

3) La onda que se dirija u oriente hacia la mitad positiva del campo eléctrico,⁶ es decir, hacia el electrodo positivo, registrará o inscribe una deflexión hacia arriba^{4,6} o positiva^{4,5} en el EKG, o si se orienta hacia la mitad negativa del campo eléctrico,⁶ es decir, si se aleja del electrodo positivo, inscribe una deflexión negativa.^{4,6} Si la onda viaja en un ángulo de 90° respecto a una derivación en particular no creará deflexión, llamándose derivación isoeléctrica.⁵

Ahora bien, las derivaciones básicas que se utilizan son seis, a saber: tres bipolares I, II, III, y tres monopares (o aumentadas) aVR, aVL y aVF.^{5,6}

4) El complejo QRS representa la estimulación eléctrica de los ventrículos, así como su contracción inmediata.⁴

5) El área donde no exista conducción del estímulo eléctrico, como en los infartos al miocardio, se vuelven eléctricamente silenciosa o inactiva, y el vector QRS medio tenderá a alejarse de ella.⁴

Eje eléctrico

Para simbolizar la dirección de la actividad eléctrica,^{1,4} se utiliza un “vector”,^{1,4} cuyo símbolo matemático⁶ o representación gráfica^{4,6} es una flecha^{1,4,6} que apunta en dirección del po-

tencial neto (positivo o negativo), y cuya longitud indica la magnitud^{1,6} de la fuerza eléctrica. La utilización de vectores permite a la representación gráfica tener además dirección y sentido.¹ La representación vectorial facilita el análisis de los eventos eléctricos de las derivaciones periféricas (bipolares estándar).¹ Cuando calculamos la dirección del vector que ocasionó el complejo QRS decimos que ha calculado $\hat{A}QRS$ (la letra A significa que fue calculado por áreas; la línea o el acento circunflejo sobre la letra A significa que se trata de un vector).¹

Al sumar todos los pequeños vectores de despolarización ventricular (considerando tanto la dirección como amplitud) se obtiene un “vector QRS medio”, que representa la dirección general de la despolarización ventricular⁴ durante el ciclo cardíaco. El “eje del corazón” es simplemente el vector QRS medio, que está orientado en grados en el plano frontal, en un círculo dibujado sobre el tórax del paciente, y cuyo origen es el nodo AV.⁴ Esto es, que la suma de los vectores que se obtiene de las derivaciones del EKG y producen un único vector eléctrico.⁵ Por ello, se define al “eje eléctrico” como la dirección que recorre la despolarización en el corazón, que estimula a las fibras musculares para que se contraigan,⁴ y que se determina en el plano frontal por el ángulo de la media vectorial QRS.⁶

La representación del vector se basa en lo siguiente:¹ el vector está a 0° cuando se dirige horizontalmente hacia la izquierda (hora 3 del reloj); que está a 180° cuando se dirige horizontalmente hacia la derecha (hora 9).^{1,9} Todos los vectores que se dirigen hacia abajo de la horizontal, tendrán grados positivos de inclinación, desde 0 a +180° en sentido de las manecillas; y los vectores dirigidos hacia arriba de la horizontal tendrán grados negativos de inclinación, entre 0 y -180° en sentido contrario de las manecillas del reloj.^{1,8,9}

En los inicios de la electrocardiografía se consideraba como posición normal el eje entre 0 y +90°,^{1,5,6} como desviación a la derecha de 0 a -90° y como desviación hacia la izquierda de +90 a +180°. Actualmente se acepta el siguiente criterio:

Vectores cardíacos normales: el eje normal debe tener el vector QRS medio hacia abajo y hacia la izquierda del paciente,⁴ esto es, de 0 y 90°,^{4,7,9} con límites entre -30° a +110°, con un promedio de +58°. Dentro de la fluctuación normal (-30° a +110°), en la terminología unipolar, la desviación del eje eléctrico a la izquierda (0° a -30°) representa la posición horizontal normal del corazón^{1,6} mientras que la desviación del eje eléctrico a la derecha (+75° a +110° o incluso hasta +120°)¹ constituye la posición vertical normal del corazón.⁶ Los vectores que salgan de estos límites deben considerarse patológicos, excepto cuando el $\hat{A}QRS$ es de muy pequeña magnitud y se encuentran ondas S en las tres derivaciones estándar, en cuyo caso pueden ser normales.¹

Vectores cardíacos anormales: cuando el eje se desvía hacia la izquierda, entre -30° y -90°^{6,7,9} o hacia la derecha, entre +110° a +180°. Como algunos ejemplos de desviación del $\hat{A}QRS$ a la izquierda, además de los que se expresan en el *cuadro 1*, están la horizontalización del corazón, la hipertrofia ventricular izquierda,¹ la insuficiencia coronaria,¹ el infarto miocárdico posterior¹ y el bloqueo de rama izquierda,^{1,7} en tanto que de desviación del $\hat{A}QRS$ a la derecha están la verticalización del corazón, la hi-

perftrofia ventricular derecha (especialmente mitrales, cor pulmonale crónico y cardiopatías congénitas cianógenas), el infarto miocárdico anterolateral y el bloqueo de rama derecha.¹

Métodos para la determinación del eje eléctrico

Han sido descritas varias formas o métodos para determinar el eje eléctrico del corazón (*Figura 1*). En ellos, es necesario primero obtener el valor neto de cada derivación que se hace restando del valor de lo que esté arriba de la línea isoelectrica (amplitud de la onda R⁶), el valor de lo que esté debajo de la misma (amplitud de la onda S⁶). Entre los métodos para determinar el eje eléctrico están:

1) El sistema de referencia hexaxial,^{1,9} requiere entender las seis derivaciones básicas y su geometría,⁵ que corresponde a la superposición de las derivaciones bipolares y unipolares en el plano frontal.^{1,6,9} Las seis líneas al unirse en sus puntos medios forman ángulos de 30°. Este método, aunque práctico^{6,9} y rápido,¹ no proporciona la magnitud exacta del vector buscado, de hecho lo hace de forma aproximada,^{6,9} generalmente con errores menores de cinco grados.¹ Este margen de error es debido a que se basa solamente en medidas de magnitud (esto es, el voltaje), mientras que la verdadera media vectorial debe determinarse a partir de dos factores: magnitud y tiempo.⁶ En efecto, basta con ver que una de las seis derivaciones periféricas tiene complejos cuyas áreas positivas son iguales a las negativas, para saber que el vector productor de tales deflexiones es perpendicular a la línea de esa derivación periférica; pero como un vector puede ser perpendicular a una línea teniendo sentidos diametralmente

opuestos, debemos ayudarnos de alguna otra derivación periférica para resolver cuál de los dos sentidos es el que corresponde al caso particular.¹ Esto es, buscar en cualquier derivación de las seis que forman el plano frontal la que tiene un potencial QRS neto de cero, y la media vectorial QRS será perpendicular al eje de dicha derivación.⁶ Las seis derivaciones en el plano frontal están orientadas como sigue: I a 0°, II a + 60°, III a + 120°, aVR a -150°, aVL a -30° y aVF a + 90°.⁹

2) También se calcula considerando la suma algebraica de los complejos en cada derivación y que el resultado se exprese en una medida lineal arbitraria, dibujándola como vector en la mitad correspondiente de su línea de derivación.¹ Este procedimiento tiene el inconveniente de que no considera a los complejos en su conjunto, sino que estudia sólo los potenciales en determinados instantes que han sido escogidos arbitrariamente.¹

3) El de interpolación y cálculo mediante inspección de las derivaciones, que se basa en que si ninguna derivación del plano frontal tiene potencial neto QRS igual a cero, se puede interpolar y calcular la vectorial media mediante inspección de las diferentes derivaciones en el plano frontal.⁶

4) También puede obtenerse en forma aproximada el eje usando las derivaciones I, II y III.⁹ Con este método, después de obtener la suma algebraica de R y S en la derivación I y III, se dibujan en sus ejes correspondientes, trazando las perpendiculares de ellas hasta que se intersecten,⁶ prolongando la línea de esa intersección sobre una circunferencia.

5) Usando las derivaciones I y aVF, puede determinarse en forma rápida⁷ (de hecho, con un vistazo) el cuadrante en que se encuentra el eje eléctrico. Para ejemplificarlo, obsérvese la gráfica número:

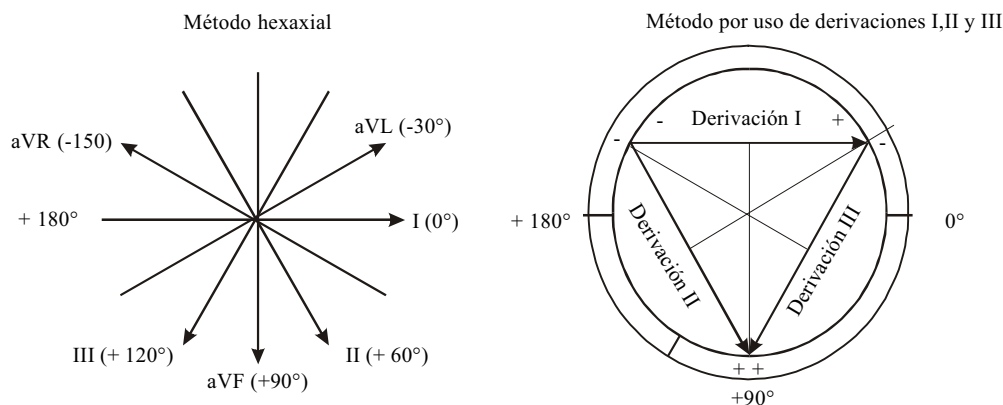


Figura 1. Métodos más comunes para la determinación del eje eléctrico.

Método de las derivaciones I y aVF

Derivación		Cuadrante	Eje	Comentario
I	aVF			
+	+	Inferior derecho	Normal	Normal
+	-	Superior derecho	A la derecha	Anormal
-	+	Inferior izquierdo	A la izquierda	Anormal
-	-	Superior izquierdo	Indeterminado	Anormal

Cuadro 1. Causas frecuentes de desviación del eje eléctrico del corazón.

Desviación del eje a la izquierda
Hemibloqueo anterior izquierdo
Ondas Q de infarto inferior del miocardio
Marcapaso artificial
Enfisema pulmonar
Hiperkalemia síndrome de Wolff-Parkinson-White (vía accesoria derecha)
Atresia tricuspídea
Ostium primum (Defecto del septum auricular)
Inyección de material de contraste en arteria coronaria izquierda
Desviación del eje a la derecha
Hallazgo normal en niños y adultos altos y delgados
Hipertrofia ventricular derecha
Enfermedad pulmonar crónica sin hipertensión pulmonar
Infarto anterolateral del miocardio
Hemibloqueo posterior
Embolismo pulmonar
Síndrome de Wolff-Parkinson-White (vía accesoria izquierda) defecto del septum auricular
Defecto del septum ventricular
Zona indeterminada
Enfisema
Hiperkalemia
Transposición de derivaciones
Marcapaso artificial
Taquicardia ventricular

Disponible en línea en <http://homepages.enterprise.net/djenkins/axis.html>

Cuadro 2. Obtención de la tangente a partir de un ángulo de los lados opuesto y adyacente, y relación de división.

Angulo	Tangente	Opuesto	Adyacente	Relación
3	0.05241	10	0.52408	19.08114
5	0.08749	10	0.87489	11.43005
7	0.12278	10	1.22785	8.14435
9	0.15838	10	1.58384	6.31375
11	0.19438	10	1.94380	5.14455
13	0.23087	10	2.30868	4.33148
15	0.26795	10	2.67949	3.73205
17	0.30573	10	3.05731	3.27085
19	0.34433	10	3.44328	2.90421
21	0.38386	10	3.83864	2.60509
23	0.42447	10	4.24475	2.35585
25	0.46631	10	4.66308	2.14451
27	0.50953	10	5.09525	1.96261
29	0.55431	10	5.54309	1.80405
31	0.60086	10	6.00861	1.66428
33	0.64941	10	6.49408	1.53986
35	0.70021	10	7.00208	1.42815
37	0.75355	10	7.53554	1.32704
39	0.80978	10	8.09784	1.23490
41	0.86929	10	8.69287	1.15037
43	0.93252	10	9.32515	1.07237
45	1.00000	10	10.00000	1.00000

Material y métodos

Se crearon dos métodos para obtener el eje cardíaco del corazón, basándose el primero en una función trigonométrica (*Método de la tangente*), y el segundo en una ecuación (*Método de la ecuación*). Ambos se explicarán a continuación:

Método de la tangente

La función trigonométrica “tangente” se define como la relación del lado opuesto sobre el lado adyacente.^{2,10} Esto significa que la tangente de un ángulo “X” será igual a la relación del lado opuesto sobre el lado adyacente (tangente

ángulo = opuesto / adyacente). Para obtener el ángulo a partir de esa relación, pasa la función trigonométrica al otro lado del signo =, como tangente^{-1} , llamado también arcotangente [$\text{ángulo} = \text{tangente}^{-1} (\text{opuesto/adyacente})$]. Este método, utiliza sólo los valores absolutos (valores sin considerar su signo) de cada derivación (I y aVF), de acuerdo a lo siguiente:

1) El lado opuesto corresponde al valor absoluto de la dimensión de la derivación aVF.

2) El lado adyacente corresponde al valor absoluto de la dimensión de la derivación I.

Tangente del $\angle$ (vector) buscado = lado opuesto / lado adyacente = aVF/I.

a) Si I (+) y aVF (+) [*cuadrante inferior derecho*].

Cuadro 3. Comparación entre los métodos de la tangente y de la ecuación para la determinación del eje eléctrico.

Ejemplo	Derivación		Método de	
	I	aVF	la tangente	la ecuación
1	8	5	32.00538	31.83702
2	-5	7	125.53768	126.08181
3	9	-8	-41.63354	-44.29032
4	4	5	51.34019	49.87451
5	-2	-6	-108.43495	-107.66234
6	6	-4	-33.69007	-33.82235
7	-7	-10	-124.99202	-125.40499
8	10	5	26.56505	25.82847
9	-2	9	102.52881	102.07808
10	15	11	36.25384	36.98291
11	14	13	42.87890	46.14104
12	-6	16	110.55605	109.72394
13	8	-10	-51.34019	-49.87451
14	-2	8	104.03624	103.48787
15	-11	-8	-143.97263	-143.30364
16	8	7	41.18593	43.64136
17	6	13	65.22486	66.03838
18	3	-6	-63.43495	-64.17153
19	12	-4	-18.43495	-17.66234
20	17	11	32.90524	32.88908
21	-10	13	127.56859	128.67720
22	4	-15	-75.06858	-75.67104
23	6	-11	-61.38954	-61.97679
24	-8	12	123.69007	123.82235
25	2	5	68.19859	69.04610
26	3	-8	-69.44395	-70.27606
27	6	-7	-49.39871	-47.19398
28	7	16	66.37062	67.21008
29	9	5	29.05460	28.50934
30	12	-11	-42.51045	-45.58636

Cuadro 4. Análisis estadístico para la determinación del eje eléctrico entre los métodos de la tangente y de la ecuación.

	Método	
	De la tangente	De la ecuación
<i>n</i>	30	30
Promedio	10.07187078	10.16577599
Desviación estándar	78.51009861	78.70779175
Ecuación de línea de regresión	$y = 1.002375556x + 0.06997892$	
Pendiente	1.002.375.556	
Error explicado	99.97157276	
Error no explicado	0.028427239	
Coefficiente de determinación	0.9997157276	
Coefficiente <i>r</i> de correlación	0.999857854	
Error estándar de estimación	1.350532525	
Prueba estadística	<i>t</i> de Student no pareada, 2 colas	
Valor de <i>t</i>	-0.00462661131	
Grados de libertad	58	
Significancia	$p = 0.994677536$	

1) Al dividir lado opuesto (aVF) sobre lado adyacente (I), obtenemos el arcotangente de dicho valor, que corresponderá al eje buscado.

Ejemplo No. 1: aVF = + 6.5 y I = + 8, el resultado de dividirlos (6.5/8) = 0.8125.

Si obtenemos el arcotangente de 0.8125, se obtiene 39.0938 \ 39° 5' 37.89"

Ejemplo No. 2: aVF = + 8 y I = + 6.5, el resultado de dividirlos (8/6.5) = 1.2307

Si obtenemos el arcotangente de 1.2307, se obtiene 50.9061 \ 50° 54' 22.11"

b) Si I (+) y aVF (-) [*cuadrante superior derecho*].

1) Al dividir lado opuesto (aVF) sobre lado adyacente (I), obtenemos el arcotangente de dicho valor y se multiplica por -1, y el resultado corresponderá al eje buscado.

Ejemplo No. 1: aVF = - 6.5 y I = + 8, el resultado de dividirlos (6.5/8) = 0.8125.

Si obtenemos el arcotangente de 0.8125 se obtiene 39.0938 x (-1) \ —39° 5' 37.89"

Ejemplo No. 2: aVF = - 8 y I = + 6.5, el resultado de dividirlos (8/6.5) = 1.2307

Si obtenemos el arcotangente de 1.2307, se obtiene 50.9061 x (-1) \ -50° 54' 22.11"

c) Si I (-) y aVF (+) [*cuadrante inferior izquierdo*]

1) Al dividir lado opuesto (aVF) sobre lado adyacente (I), obtenemos el arcotangente de dicho valor, y ese resultado lo restaremos a 180°.

Ejemplo No. 1: aVF = + 6.5 y I = -8, el resultado de dividirlos (6.5/8) = 0.8125

Si obtenemos el arcotangente de 0.8125, se obtiene 39.0938

Ahora restamos a 180° el valor de 39.0938 = 140.9061 \ 140° 54' 22.11"

Ejemplo No. 2: aVF = + 8 y I = -6.5, el resultado de dividirlos (8/6.5) = 1.2307

Si obtenemos el arcotangente de 1.2307, se obtiene 50.9061

Ahora restamos a 180° el valor de 50.9061 = 129.0938 \ 129° 5' 37.89"

d) Si I (-) y aVF (-) [*cuadrante superior izquierdo*]

1) Al dividir lado opuesto (aVF) sobre lado adyacente (I), obtenemos el arcotangente de dicho valor, que multiplicaremos por -1, y ese resultado lo restaremos a -180°.

Ejemplo No. 1: aVF = -6.5 y I = - 8, el resultado de dividirlos (6.5/8) = 0.8125

Si obtenemos el arcotangente de 0.8125, se obtiene 39.0938, que multiplicado por -1 = - 39.0938

Ahora restamos a -180° el valor de - 39.0938 = -140.9061 \ -140° 54' 22.11"

Ejemplo No. 2: aVF = - 8 y I = - 6.5, el resultado de dividirlos (8/6.5) = 1.2307

Si obtenemos el arcotangente de 1.2307, se obtiene 50.9061, que multiplicado por -1 = - 50.9061

Ahora restamos a -180° el valor de - 50.9061 = -129.0938 \ -129° 5' 37.89"

Método de la ecuación

Para poder utilizar este método, debemos inicialmente obtener una ecuación, en la que utilicemos el valor de la relación de los valores de las derivaciones utilizadas. Para ello, cree el *cuadro 2*, correspondiendo la primera columna a ángulos, la segunda columna al resultado de obtener la tangente a ese ángulo. La tercera columna corresponde a cualquier valor (correspondiendo al lado o cateto opuesto), la cuarta columna al valor de aVF, y que se obtenía de multiplicar el valor de I por el valor de la tangente. La última columna corresponde a la relación de dividir el valor de I sobre el valor de aVF. En la *figura 1* se muestra en el eje de las abscisas la relación I/aVF y en el eje de las ordenadas los grados. Después, se buscó la ecuación de la curva que pasara lo más próximo posible entre esos puntos, así como su coeficiente de determinación r^2 . Esta gráfica, así como su ecuación y su coeficiente de determinación (r^2) se muestra en la *figura 1*.

Para poder utilizar la ecuación de la curva anterior, inicialmente obtendremos la relación de dividir el valor absoluto de I sobre el valor absoluto de aVF, para después considerar lo siguiente:

a) Si I (+) y aVF (+) [*cuadrante inferior derecho*]

1) Si relación ≥ 1 , el eje buscado es el resultado de la ecuación.

Ejemplo: I = + 8 y aVF = + 6.5, el resultado de dividirlos (8/6.5) = 1.23076

Ecuación: $49.46 x^{-0.9373} = 49.46 x (1.23076^{-0.9373}) = 40.71285 \setminus 40^\circ 42' 46.28''$

2) Si relación ≤ 1 , obtenemos su recíproco (1/relación), y el eje buscado será el resultado de restar el resultado de la ecuación a + 90.

Ejemplo: I = + 6.5 y aVF = + 8, el resultado de dividirlos (6.5/8) = 0.8125 (que es < 1), buscamos el recíproco (1/0.8125) = 1.23076

Ecuación: $49.46 x^{-0.9373} = 49.46 x (1.23076^{-0.9373}) = 40.71285$, y este resultado lo restamos a + 90:
90 - 40.71285 = 49.28714 \ 49° 17' 13.72"

b) Si I (+) y aVF (-) [cuadrante superior derecho]

1) Si relación ≥ 1 , el eje buscado es igual al resultado de la ecuación multiplicado por -1.

Ejemplo: I = + 8 y aVF = - 6.5, el resultado de dividir los números sin considerar los signos

$$(8/6.5) = 1.23076$$

$$\text{Ecuación: } 49.46x^{-0.9373} = 49.46 \times (1.23076^{-0.9373}) = 40.71285 \times (-1) \setminus -40^\circ 42' 46.28''$$

2) Si relación ≤ 1 , obtenemos su recíproco (1/relación), y el eje buscado será el resultado de restar el resultado de la ecuación a - 90.

Ejemplo: I = + 6.5 y aVF = -8, el resultado de dividir los números sin considerar los signos

$$(6.5/8) = 0.8125 \text{ (que es } < 1), \text{ por lo que buscamos el recíproco } (1/0.8125) = 1.23076$$

$$\text{Ecuación: } 49.46x^{-0.9373} = 49.46 \times (1.23076^{-0.9373}) = 40.71285 \times (-1) \setminus -40^\circ 42' 46.28'', \text{ y este resultado lo restamos a } -90: \\ -90 - (-40.71285) = -49.28714 \setminus -49^\circ 17' 13.72''$$

c) Si I (-) y aVF (+) [cuadrante inferior izquierdo]

1) Si relación ≥ 1 , el eje buscado es el resultado de restar el resultado de la ecuación a + 180°.

Ejemplo: I = -8 y aVF = + 6.5, el resultado de dividir los números sin considerar los signos

$$(8/6.5) = 1.23076$$

$$\text{Ecuación: } 49.46x^{-0.9373} = 49.46 \times (1.23076^{-0.9373}) = 40.71285 \setminus 40^\circ 42' 46.28'', \text{ y este resultado lo restamos a } +180: \\ +180 - 40.71285 = +139.28714 \setminus +139^\circ 17' 13.72''$$

2) Si relación ≤ 1 , obtenemos su recíproco (1 relación), y el eje buscado será el resultado de sumar el resultado de la ecuación a + 90.

Ejemplo: I = -6.5 y aVF = + 8, el resultado de dividirlos $(6.5/8) = 0.8125$ (que es < 1), por lo que buscamos el recíproco $(1/0.8125) = 1.23076$

$$\text{Ecuación: } 49.46x^{-0.9373} = 49.46 \times (1.23076^{-0.9373}) = 40.71285, \text{ y este resultado lo sumamos a } +90: \\ +90 + 40.71285 = 130.71285 \setminus 130^\circ 42' 46.2''$$

d) Si I (-) y aVF (-) [cuadrante superior izquierdo]

1) Si relación ≥ 1 , el eje buscado es igual a restar el resultado de la ecuación (multiplicado por - 1) a -180°.

Ejemplo: I = -8 y aVF = -6.5, el resultado de dividir los números sin considerar los signos

$$(8/6.5) = 1.23076$$

$$\text{Ecuación: } 49.46x^{-0.9373} = 49.46 \times (1.23076^{-0.9373}) = 40.71285 \times (-1) \setminus -40^\circ 42' 46.28'' \text{ y este resultado lo restamos a } -180: \\ -180 - (-40.71285) = -139.28714 \setminus -139^\circ 17' 13.72''$$

2) Si relación ≤ 1 , obtenemos su recíproco (1/relación), y el eje buscado será el resultado de sumar el resultado de la ecuación (multiplicado por -1) a -90.

Ejemplo: I = -6.5 y aVF = -8, el resultado de dividir los números sin considerar los signos

$$(6.5/8) = 0.8125 \text{ (que es } < 1), \text{ por lo que buscamos el recíproco } (1/0.8125) = 1.23076$$

$$\text{Ecuación: } 49.46x^{-0.9373} = 49.46 \times (1.23076^{-0.9373}) = 40.71285 \times (-1) \setminus -40^\circ 42' 46.28'', \text{ y este resultado lo sumamos a } -90: \\ -90 + (-40.71285) = -130.71285 \setminus -130^\circ 42' 46.2''$$

Con el fin de comprobar la efectividad de estos dos nuevos métodos para la determinación del eje eléctrico del corazón, se creó el *cuadro 3*, donde la primera columna corresponde al ejemplo, las siguientes dos columnas a valores tomados al azar (tanto positivos como negativos) asignados a las derivaciones I y aVF, respectivamente; la siguiente columna corresponde al eje calculado obtenido por el método *de la tangente*, y la última columna corresponde al eje calculado obtenido por el método *de la ecuación*. Con el fin de obtener el coeficiente de correlación *r* de Pearson, los ángulos calculados por ambos métodos, fueron graficados utilizando para ello un dispersograma (*Figura 2*), asignando los valores del método de la tangente al eje de las abscisas (x), y los valores del método de la ecuación al de las ordenadas. Para comprobar si existía diferencia significativa entre los resultados obtenidos por estos métodos, se realizó la prueba paramétrica “*t* de Student” no pareada y de dos colas, asignando como nivel de significancia α^3 (o probabilidad de cometer un error tipo I) el valor de 0.05.

Resultados

El análisis estadístico de los resultados obtenidos por ambos métodos, se muestran en el *cuadro 4*. La pregunta que resalta al ver estos números es ¿qué significan? Lo explicaré por pasos:

1) El primer renglón nos habla del número de casos estudiados, que fueron 30 en cada columna.

2) El segundo renglón se refiere al promedio de cada columna, que es la suma aritmética de cada valor que la componen, dividido entre el número de ellos. Como se aprecia, son muy parecidas entre ambos métodos.

3) El tercer renglón muestra las desviaciones estándar, que son medidas de variabilidad. Nuevamente son muy parecidas entre ambos métodos.

4) La siguiente fila muestra una ecuación lineal de primer grado. Los valores obtenidos con el método de la tangente y con el método de la ecuación, fueron graficados en un dispersograma. Entre estos puntos forzosamente pasa una línea recta, cuya ecuación es:

$$y = 1.002375556x + 0.06997892$$

Esta ecuación permite obtener, a partir del valor “x” el valor de “y”.

5) La fila siguiente se refiere a la pendiente, que fue de 1.002375556. El arcotangente de este valor equivale a un ángulo de $45^{\circ} 4' 4.07''$, e indica que conforme avanza el valor del eje X, también lo hace el valor del eje Y.

6) El siguiente número, llamado “error explicado” es de 99.97157276%, y el “no explicado” de 0.028427239%. Esto indica la explicación casi total de la variabilidad asociada a la variable dependiente. Cuando este número se divide entre 100, se llama coeficiente de determinación ($r^2 = 0.9997157276$), y la raíz cuadrada de él corresponde al coeficiente de correlación ($r = 0.999857854$). Ello significa que existe una relación positiva casi perfecta.

7) El siguiente número es el error estándar de estimación, de 1.350532525, que corresponde a la desviación estándar de los errores de predicción. Este valor proporciona una indicación de la variabilidad respecto a la recta de regresión en la muestra en la que se hacen las predicciones.

8) El siguiente renglón habla de la prueba estadística utilizada para la comparación de los promedios de ambos métodos. El valor de t fue de -0.00462661131, con 58 grados de libertad (libertad de variación), que se obtienen de la suma de los elementos de las columnas [60] -2). El modelo de decisión para este problema es:

$H_0: m_a = m$ (Hipótesis nula: método de la tangente = método de la ecuación)

$H_1: m_a \neq m$ (Hipótesis alterna: método de la tangente $\neq$ método de la ecuación)

$\alpha: 0.05$

Se rechaza H_0 si la t observada es < -1.98 o > 1.98 , de lo contrario, no se rechaza.

Como el valor de t (-0.00462661131) está entre esos límites, se aceptó la hipótesis nula y rechazó la hipótesis alterna. Además, la significancia p es de 0.994677536.

Ahora bien, si nos detenemos a analizar la *figura 1*, nos damos cuenta que al trazar la ecuación, en el lado izquierdo, no queda totalmente al centro de los puntos por los cuales debería pasar la ecuación. Ello hace que conforme utilicemos el método de la ecuación para la determinación del eje eléctrico, tendremos un ligero error, pues el resultado será algo mayor en comparación con el resultado de usar el método de la tangente. Esto es, cuando el resultado de la relación I/aVF se aproxime al valor de I, el resultado será ligeramente mayor cuando se use el método de la ecuación en comparación con el método de la tangente (49.46° versus 45°).

Conclusiones

Fue posible crear dos métodos para obtener el eje eléctrico en el plano frontal. El primero de ellos, se basa en la función trigonométrica tangente, y que el valor tangente de un ángulo es igual a la relación del valor absoluto del lado opuesto (valor neto de aVF) con el lado adyacente (valor neto de I). Entonces, para obtener el ángulo buscado obtenemos el arcotangente (tangente⁻¹) de esa relación. Los resultados obtenidos por este método son muy precisos, además de ser la determinación rápida. El segundo método, llamado “de la ecuación” se basa en una ecuación obtenida, cuya línea pasa entre los valores de la relación de I sobre aVF en relación a su ángulo correspondiente. Este método no es tan preciso como el anterior, y de hecho, es un poco más compleja su realización. Entre ambos métodos, no existe diferencia significativa. Obvio es decir que estos métodos deben tener un epónimo, usando para ello la sinéresis de la primera sílaba de cada apellido del autor, llamándose el primer método “de la tangente de LoVa” y el segundo “de la ecuación de LoVa”.

Referencias

1. Carral y de Teresa R. Semiología cardiovascular. 5ta. edición, México, DF, Editorial Interamericana 1963: 408-419.
2. Dolciani MP, Berman SL, Wooton W. Algebra moderna y trigonometría. 20a. reimpresión, México, DF, Publicaciones Cultural 1988: 378.
3. Downie NM, Heath RW. Métodos estadísticos aplicados. 5ta. edición, México, DF, Editorial Harla 1986.
4. Dubin D. Electrocardiografía práctica. Lesión, trazado e interpretación. 3ra. edición, México, DF, Editorial Interamericana 1996: 150-188.
5. Feldman H. A guide to reading and understanding the EKG. Versión 4/19/1999, New York, New York University School of Medicine, 1999: 2-5. Disponible en línea en: <http://endeavor.med.nyu.edu/student-or/erclub/ekghome.html>
6. Goldman MJ. Principios de electrocardiografía clínica. 5ta. edición, México, DF, Editorial El Manual Moderno 1975: 30-37
7. Grauer K. Advanced ECG Interpretation. Conference in The 50th Annual Meeting of the American Academy of Family Physicians Scientific Assembly 1998: 16-20.
8. Hurst JW. Electrocardiographic crotchets of common errors made in the interpretation of the electrocardiogram. Clin Cardiol 1998; 21(3): 211-216.
9. Mangiola S, Ritota MC. Cardiac Arrhythmias. Practical ECG interpretation. 2nd Edition, Philadelphia, Penn, Lippincott Company 1982: 84-85.
10. Peters M, Schaaf WL. Algebra y trigonometría. 2da. reimpresión, México, DF, Editorial Reverté Mexicana, SA 1980: 289.
11. Weilens HJ. The value of the right precordial leads of the electrocardiogram (Editorial). N Engl J Med 1999; 340(5).