

El hígado es el principal sitio de almacenamiento de hierro en los seres humanos, y la concentración de hierro en el hígado se correlaciona estrechamente con las reservas de hierro en todo el cuerpo[1]. La técnica de la Resonancia Magnética (RM) es capaz de separar las señales de agua y grasa para cuantificar la infiltración de hierro y grasa en el hígado[2].

Teoría

Es importante estar alerta para detectar la sobrecarga de hierro en el hígado, ya que no siempre es clínicamente evidente. En los protocolos de RM abdominal de rutina, las imágenes en y fuera de fase, que generalmente se utilizan para la detección de grasa, también son útiles para la detección de hierro. En este trabajo se usó el método de la relación de intensidad de señal (Método Dixon), el cual aprovecha el efecto de "corrimiento químico" que se refiere al fenómeno producido por las diferentes frecuencias precesionales de los protones en la grasa y el agua. Los protones en diferentes tipos de moléculas resuenan en diferentes frecuencias en presencia de un campo magnético. La diferencia de frecuencia entre los protones en los ácidos grasos y el agua es proporcional a la frecuencia de Larmor de protones en el campo magnético dado y difiere en 3.5 partes por millón. Los protones de agua precesan ligeramente más rápido que los protones de grasa. En otras palabras, si $f(H, \text{agua})$ a $3T=127.8\text{Mhz}$, entonces $f(H, \text{grasa})$ a $3T=127.79954\text{Mhz}$. Esto parece una diferencia muy pequeña sin embargo es lo que permite la obtención de las imágenes en fase y fuera de fase.

Metodología y Experimentación

Las primeras mediciones se realizaron al azar sobre la región hepática, y posteriormente se realizaron usando la segmentación propuesta por Couinaud (Fig.1).

Con anterioridad se mencionó la aplicación del método Dixon en este trabajo. Esta técnica requiere la medición de la Intensidad de Señal (IS) en cinco regiones de interés (ROI – Region of Interest). Tres de ellos se dibujan en el parénquima hepático, excluyendo estructuras vasculares, mientras que los dos restantes se dibujan en cada músculo paraespinal (Fig. 2).

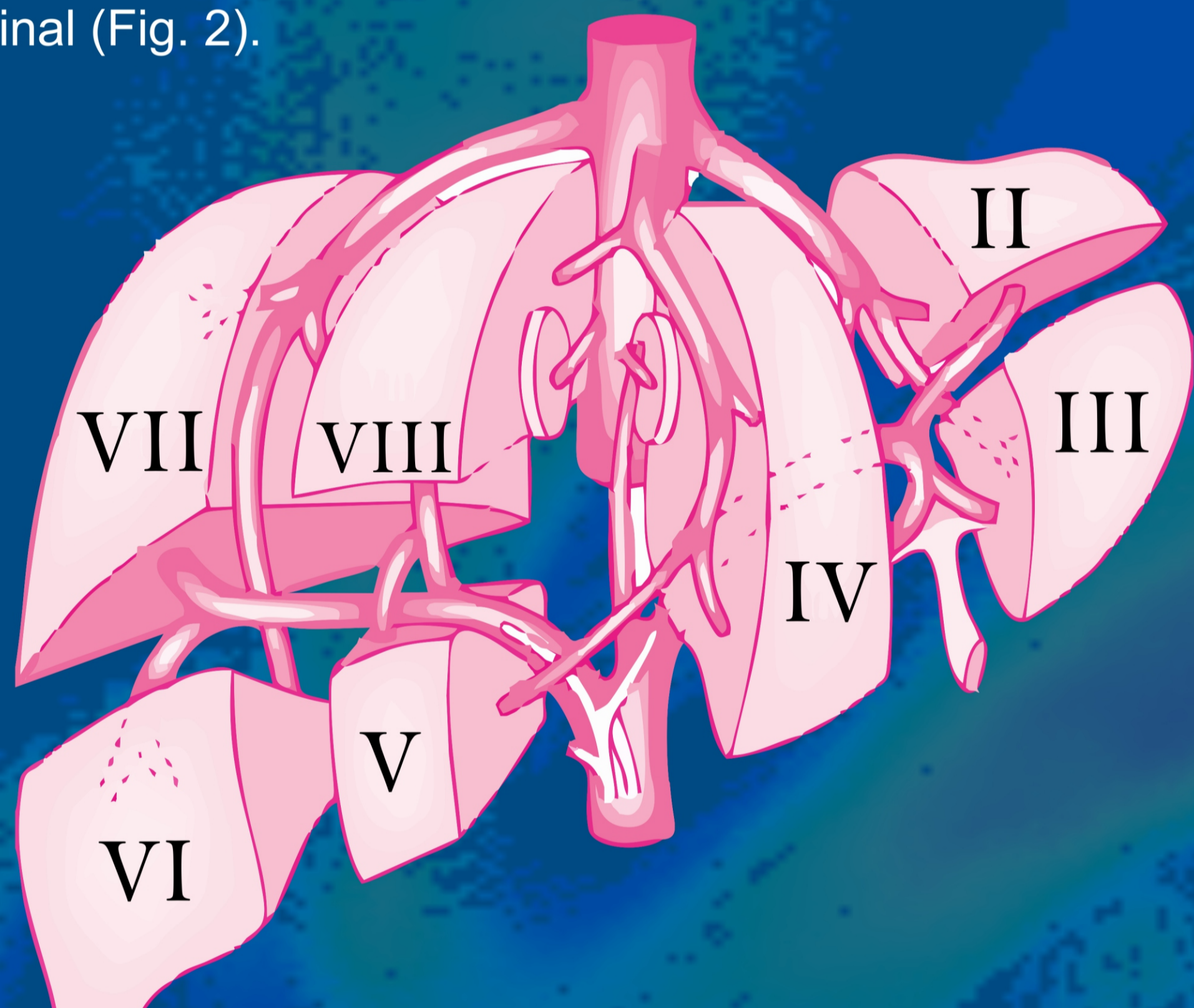


Fig. 1 – Segmentación de Couinaud:

II) Lateral del lóbulo izquierdo (superior), III) Lateral del lóbulo izquierdo (inferior), iv) Medial del lóbulo izquierdo, v) Anterior del lóbulo derecho (inferior), vi) Posterior del lóbulo derecho (inferior), vii) Posterior del lóbulo derecho (superior), viii) anterior del lóbulo derecho (superior).

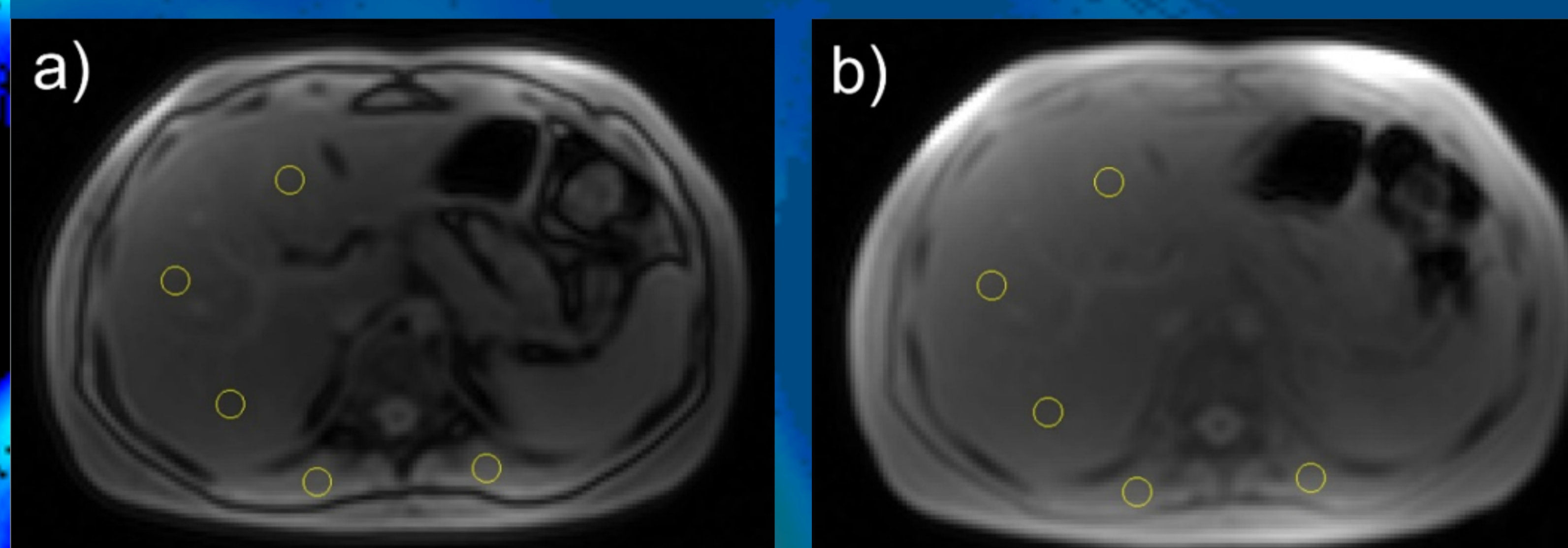


Fig. 1 - Imágenes obtenidas por RM con una intensidad de 3T.
a) Imágen En Fase (EF), b) Imágen Fuera de Fase (FF)

Las mediciones se realizaron usando el software *ImageJ*, una vez teniendo las intensidades de señal tanto del parénquima hepático como de cada músculo paraespinal, realizamos un promedio de las señales y posteriormente usamos las siguientes ecuaciones para obtener el índice de hierro hepático:

$$I_{Fe} = [(IS_{FF} - IS_{EF})] / IS_{FF} \times 100 \quad (1)$$

dónde:

$$IS_{FF} = IS_{\text{hígado}(FF)} / IS_{\text{músculo}(FF)} \quad (2)$$

$$IS_{EF} = IS_{\text{hígado}(EF)} / IS_{\text{músculo}(EF)} \quad (3)$$

No. de Paciente	S. de Couinaud	Medición al azar	IMC	Descripción
	Índice de (mg/g)	Índice de (mg/g)		
1	1.2	4.3	21.1238439	Peso Normal
2	1.3	2.6	20.23837	Peso Normal
3	0.3	11.2	12.87404	Delgadez Severa
4	1.2	7.8	21.618787	Peso Normal
5	1.3	1.5	29.348031	Sobrepeso
6	0.8	6.2	17.536	Delgadez Aceptable
7	1.1	1.3	20.190828	Peso Normal
8	1.1	13.2	22.090796	Peso Normal
9	0.7	2.4	15.7641	Delgadez Severa
10	1.1	3.7	22.93146	Peso Normal
11	0.9	5.2	19.937364	Peso Normal
12	0.6	15.1	14.301558	Delgadez Severa
13	0.6	7.7	14.622701	Delgadez Severa
14	0.9	2.8	16.482639	Delgadez Moderada
15	0.8	0.5	15.912187	Delgadez Severa

Valor IMC	Rango
<16	Delgadez severa
16,00 – 16,99	Delgadez moderada
17,00 – 18,49	Delgadez aceptable
18,5-24,99	Peso normal
25,00-34,99	Sobrepeso
30,00-34,99	Obesidad tipo I
35,00-40,00	Obesidad tipo II
40,00-49,99	Obesidad tipo III (obesidad mórbida)
>50	Obesidad tipo IV o extrema

Tabla 1 - Índice de hierro y masa corporal de los 15 pacientes.

Una vez obtenidos los valores del índice de hierro usando la segmentación de Couinaud y del Índice de masa Corporal (IMC), se calculó el coeficiente de correlación entre estas cantidades, usando la siguiente ecuación:

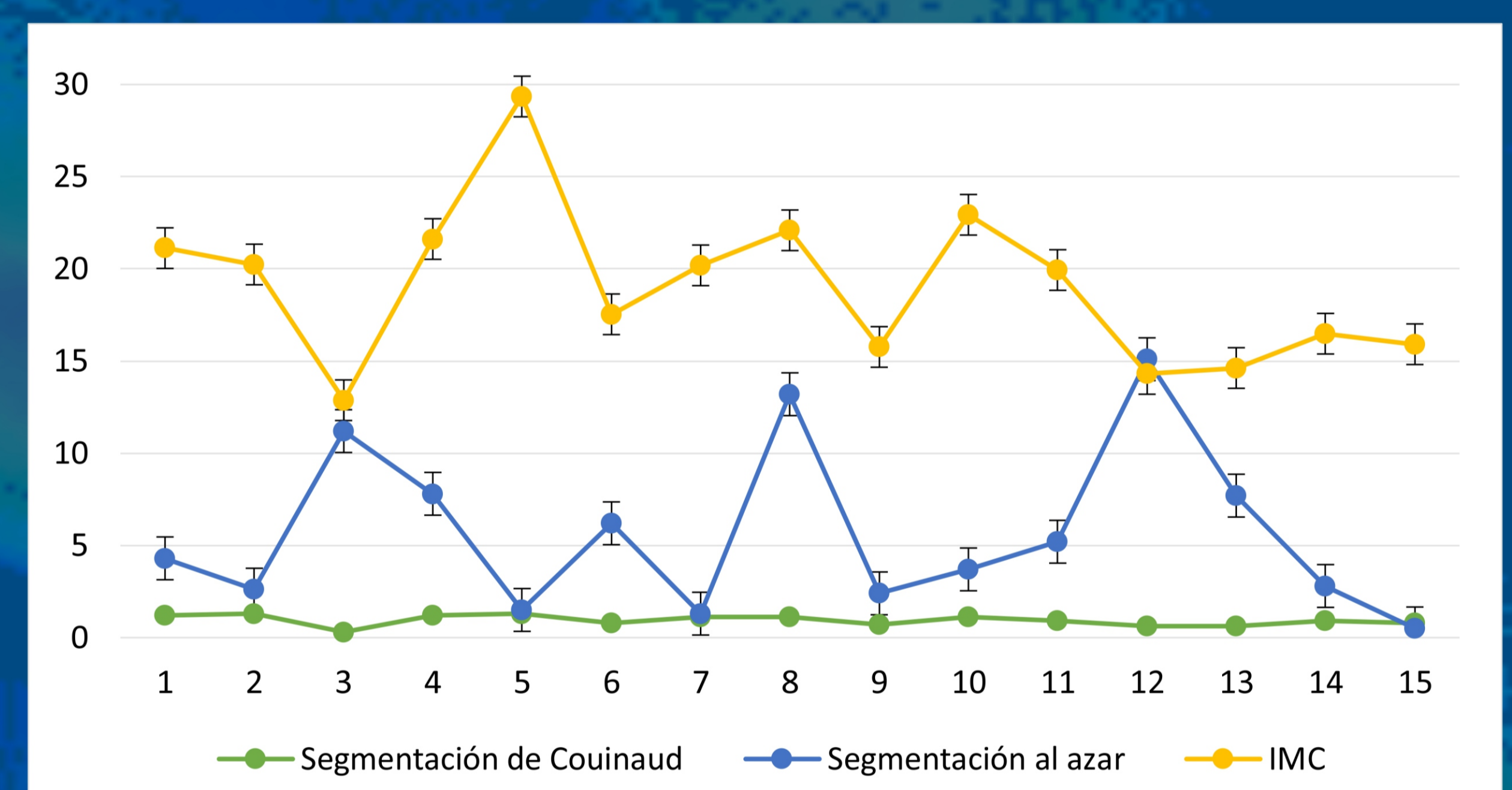
$$\rho = \frac{S_{Fe/IMC}}{S_{FE} S_{IMC}} \quad (4)$$

cdonde:

$S_{Fe/IMC}$ = Covarianza ente el índice de hierro y el IMC

S_{FE} = Desviación estándar de los índices de hierro

S_{IMC} = Desviación estándar de los IMC



De acuerdo a la ecuación (4) se obtuvo el siguiente valor del coeficiente de correlación:

$$\rho=0.8664$$

Con lo que podemos deducir que existe una estrecha relación entre el IMC y el índice de hierro.

Conclusiones

Podemos observar que los valores distan mucho dependiendo de la zona de medición, esto claramente nos indica que la concentración de hierro no es homogénea en el hígado, la principal distribución de hierro al hígado es a través de la vena porta.

Esto ha llevado a malos diagnósticos en la medición del hierro hepático, como ya se había mencionado el estándar para la cuantificación de hierro hepático es la biopsia, sin embargo, debido a las diferentes complicaciones en los pacientes, no se tiene una certeza absoluta de que la biopsia se esté haciendo en el lugar adecuado, además de que es un método invasivo, complicado y muy incómodo para el paciente.

Por otra parte el valor obtenido del coeficiente de relación entre el IMC y el índice de hierro hepático, permite observar que los pacientes con bajo IMC sufren de una deficiencia de hierro.

Referencias

- [1] Ruth P. Lim, Keren Tuvia. Hepatic Iron Deposition. American Roentgen Ray Society, 2009; 194: 1288-1295
- [2] Alla V, Bonkovsky HL. Iron in nonhemochromatotic liver disorders. Semin Liver Dis 2005; 25:461-472
- [3] Brissot P, Loréal O. Iron metabolism and related genetic diseases: a cleared land, keeping mysteries. J Hepatol 2016;64(2):505-515.
- [4] Pietrangelo A. Hereditary hemochromatosis: a new look at an old disease. N Engl J Med 2004;350(23):2383-2397.

Agradecimientos