

Estudio de la agregación eritrocitaria producida por *Trichinella spiralis* y *Ascaris lumbricoides* aplicando fractales matemáticos

Study of erythrocyte aggregation produced by Trichinella spiralis and Ascaris lumbricoides applying mathematical fractals

Estudo da agregação eritrocitária produzida por Trichinella spiralis e Ascaris lumbricoides aplicando fractais matemáticos

► Patricia Ponce de León^{1a*}

¹ Dra. en Ciencias Biomédicas. Bioquímica.

^a Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. Universidad Nacional de Rosario. Argentina.

* Autora para correspondencia.

Señor Editor:

En el contexto de los estudios multidisciplinarios de los procesos biológicos, los modelos matemáticos y los análisis no lineales han permitido la interpretación de las interacciones entre células y moléculas y han sido aplicados al estudio de las propiedades de los eritrocitos en distintas enfermedades. La geometría fractal ofrece una nueva gama de conceptos que permiten explicar comportamientos no lineales de sistemas naturales aparentemente impredecibles.

Nuestro grupo de investigación estudió la agregación eritrocitaria producida por *Ascaris lumbricoides* y *Trichinella spiralis* aplicando el análisis digital de imágenes y métodos matemáticos no lineales.

Para obtener una descripción cuantitativa de un fenómeno se han probado varias técnicas, pero sin conseguir resultados definitivos pues los sistemas presentan características complejas. Debido a esto se diseñó una alternativa basada en la medición de los patrones fractales de distintas porciones de muestras, para obtener un parámetro que permita discriminarlas en distintos grupos, de acuerdo a su naturaleza.

Un fractal es una figura geométrica con una estructura compleja y pormenorizada a cualquier escala que es imposible definir y medir con la geometría clásica.

El parámetro utilizado fue la dimensión fractal (D) que sirvió para medir la variación del estado de agregación en función del tiempo de interacción del parásito con los eritrocitos. En todas las experiencias realizadas los glóbulos "controles" conservaron su carga aniónica en la incubación, mientras que los "tratados" con ambos parásitos la disminuyeron. Esto originó el aumento de la agregación, que se correlacionó con la disminución de D.

La evolución de D mostró que los controles, en medio salino, presentaban la conducta aleatoria esperada para muestras de eritrocitos normales y la cinética de agregación fue del tipo del movimiento browniano.

Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana

Incorporada al Chemical Abstract Service.

Código bibliográfico: ABCLDL.

ISSN 0325-2957 (impresa)

ISSN 1851-6114 (en línea)

ISSN 1852-396X (CD-ROM)

Cuando los controles fueron desializados parcialmente con bromelina, presentaron un patrón débilmente aleatorio de tipo ruido 1/f, tal como se esperaría para muestras deficitarias en ácido siálico.

Los eritrocitos incubados con extractos y larvas L1/L2 de *A. lumbricoides* exhibieron un proceso de tipo ruido blanco convirtiéndose en caótico en medio salino y caótico determinista en medio enzimático. Los procesos caóticos en ambos medios fueron más intensos en el contacto de los glóbulos con los extractos en relación con las larvas, lo cual sugiere que los primeros produjeron la mayor alteración de carga (1) (2) (3).

El desarrollo de nuevos métodos cuantitativos es crucial para restringir la subjetividad en el estudio del comportamiento celular. El reómetro eritrocitario, mediante ectacitometría, evalúa las propiedades viscoelásticas eritrocitarias. Los resultados, al comparar controles con muestras incubadas con extractos de *A. lumbricoides*, sugirieron que el ruido aparente asociado con el caos determinista puede usarse para distinguir y caracterizar los aspectos biológicos y mecánicos de las células en condiciones de flujo (4).

Al tiempo inicial de incubación, en las muestras controles y tratadas con larvas musculares (LM) de *T. spiralis*, D resultó variable y aleatoria (tipo ruido blanco) La variabilidad de datos se conservó para los controles, mientras que para los tratados disminuyó a lo largo de la incubación consistente con una dinámica de tipo persistente (5) (6) (7).

D permitió también evaluar en la incubación, la significación de la agitación controlada, la presencia de LM y el tiempo de tratamiento, demostrando que solamente los dos últimos factores provocaban una variación significativa de D (8).

La transformada de Wavelet fue una herramienta útil pues optimizó la caracterización del daño en eritrocitos incubados con ambos parásitos y en los de pacientes con anemias y leucemias (9) (10).

Estas experiencias, que combinan herramientas matemáticas complejas con análisis digital de imágenes, han permitido corroborar las observaciones previas comunicadas y caracterizar el proceso de agregación desde un punto de vista dinámico, permitiendo la mejor comprensión de la interacción biológica entre los eritrocitos y los parásitos estudiados. Se destaca su importancia para interpretar la relación hospedador- parásito.

Fuentes de financiación

El presente trabajo fue realizado sin financiación específica.

Conflictos de intereses

La autora declara no tener conflictos de intereses respecto del presente trabajo.

Correspondencia

Dra. Patricia PONCE DE LEÓN
Facultad de Cs. Bioquímicas y Farmacéuticas
Suipacha 531
2000 ROSARIO, Argentina
Correo electrónico: tefu1958@hotmail.com

Referencias bibliográficas

1. Lupo M, Bortolato S, Leguto A, Ponce de León P, Korol A. La pendiente fractal: una aproximación no lineal al estudio de la agregación eritrocitaria. Proceedings V MACI 2015. ASAMACI 2015; 5: 9-12.
2. Korol A, Herrera M, Lamónaco N, Leiva N, Cantalejo M, Ponce de León P. Evolución de la dimensión fractal y correlación temporal de agregados eritrocitarios producidos por *Ascaris lumbricoides*. Rev Cuba Med Trop 2013; 65 (3): 283-96.
3. Cantalejo M, Korol A, Ponce de León P. Nonlinear analysis: erythrocyte aggregation produced by *Ascaris lumbricoides* larvae. Biocell 2013; 37 (3): 68.
4. Mancilla Canales MA, Leguto AJ, Riquelme BD, Ponce de León P, Bortolato SA, Korol AM. Hurst exponent: a Brownian approach to characterize the nonlinear behavior of red blood cells deformability. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 2017; A 488: 1-7.
5. Pariani A, Ponce de León P, Korol A. Effect of muscular larva of *Trichinella spiralis* on the desialylation applying the box counting method. Biocell 2013; 37 (3): 69.
6. Bortolato S, Lupo M, Ponce de León P, Korol A. The fractal slope: a nonlinear approach to study the desialization caused by muscular larvae of *Trichinella spiralis*. Biocell 2014; 38 (Supl. 5): A33.
7. Ponce de León P, Korol A. Método de matemática no lineal aplicado al estudio de la desialización producida por larvas musculares de *Trichinella spiralis*. Divulgación de la Producción Científica y Tecnológica. E-Book. 1ª ed. Rosario: UNR Editora, 2016. p. 288-95.
8. Mancilla Canales M, Martínez A, Ponce de León P, Korol A. Evaluation of fractal dimension of human erythrocytes incubated with *Trichinella spiralis* larvae *in vitro*. Biocell 2015; 39 (Supl. 4): A 8.
9. Korol A, Leguto AJ, Rebechi JP, Riquelme B, Ponce de León P, Bortolato SA, *et al.* Box counting dimension of red blood cells simples when filtered with Wavelet transform. Mecánica Computacional 2017; 35: 2533-8.
10. Leguto AJ, Rebechi JP, Mancilla Canales MA, Ponce de León P, Bortolato SA, Pérez S, *et al.* Development of a simple methodology base on fractal mathematics for selective diagnosis of red blood cells disorders. Mecánica Computacional 2018; 36: 441-7.

Recibido: 11 de marzo de 2022

Aceptado: 25 de julio de 2022