Medición de fragilidad osmótica eritrocitaria y su relación al estado nutricional y actividad física

Paula Navarro [1], Guillermo C. Mengarelli [2], Luis C. Cinara [2], Natalia C. Godoy [3]

[1] Estudiante Universitaria
[2] Médico
[3] Médica Especialista en Clínica Médica

Cátedra de Física Biológica. Facultad de Ciencias Médicas. Universidad Nacional de Rosario (UNR) - Santa Fe 3100, (2000) Rosario, Argentina

Correspondencia a: nataliacgodoy@yahoo.com.ar

Fecha de publicación: 27/2/2026

Citación sugerida: Navarro P, Mengarelli GC, Cinara LC, y col. Medición de fragilidad osmótica eritrocitaria y su relación al estado nutricional y actividad física. Anuario (Fund. Dr. J. R. Villavicencio) 2026;33. Disponible en: https://villavicencio.org.ar/anuario/33/medicion-de-fragilidad.pdf. ARK: https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s2796762x/3dzg6c9am

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es), esto permite que Ud. lo comparta, lo copie y lo redistribuya, sin propósitos comerciales, siempre que se cite correctamente el trabajo original. Si crea un nuevo material con él, no podrá distribuir el material modificado.

Resumen

Diversos autores han destacado que la población universitaria es un grupo especialmente vulnerable para desarrollar hábitos de riesgo, que adquiridos en esta etapa de su desarrollo tienen mayor probabilidad de sostenerse en la edad adulta.

El aumento del sedentarismo y una alimentación no saludable han sido claramente demostrados como predisponentes para las enfermedades crónicas no transmisibles. La hemorreología estudia las propiedades mecánicas de los glóbulos rojos, entre ellas, la deformabilidad y la fragilidad osmótica, ambas determinantes de su capacidad para circular por el lecho microvascular y sostener un adecuado transporte de oxígeno. Estas características están moduladas por la geometría celular, la viscosidad citoplasmática y las propiedades viscoelásticas de la membrana eritrocitaria.

Para este trabajo se invitó a participar a estudiantes de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Rosario, de ambos sexos con edades comprendidas entre los 18 y 25 años. A cada participante se le calculó el índice de masa corporal, se le realizó una encuesta sobre actividad deportiva y se le extrajo una muestra de sangre para medición

MEASUREMENT OF ERYTHROCYTE OSMOTIC FRAGILITY AND ITS RELATIONSHIP TO NUTRITIONAL STATUS AND PHYSICAL ACTIVITY

Abstract

Different authors have highlighted that the university population is a group that is particularly vulnerable to developing risky habits, which, when acquired at this stage of their development, are more likely to continue into adulthood.

Increased sedentary lifestyles and unhealthy diets have clearly demonstrated to predispose individuals to chronic non-transmissible diseases. Hemorheology studies the mechanical properties of red blood cells, including deformability and osmotic fragility, both of which determine their ability to circulate through the microvascular bed and maintain adequate oxygen transport. These characteristics are modulated by cell geometry, cytoplasmic viscosity, and the viscoelastic properties of the erythrocyte membrane.

Students from the School of Medical Sciences of the National University of Rosario, of both sexes, aged between 18 and 25, were invited to participate in the study. Each participant's body mass index was calculated, a survey on sports

de la fragilidad osmótica eritrocitaria, previa firma de consentimiento. Posteriormente se analizaron los resultados obtenidos para fragilidad osmótica en función a diferentes estados nutricionales y niveles de actividad física, con el objetivo de explorar posibles asociaciones entre estas variables. Los estudiantes obesos presentaron mayor fragilidad osmótica, posiblemente vinculada a alteraciones en la composición y fluidez de la membrana celular. En relación a la actividad física se observó una tendencia al aumento de la fragilidad osmótica en el grupo con actividad física de baja intensidad. Si bien las diferencias no demuestran significado estadístico, el rol del ejercicio se presentaría como uno de los factores determinantes de la deformabilidad eritrocitaria.

Palabras clave
Fragilidad osmótica, deformabilidad eritrocitaria, hemorreología, estado nutricional, actividad física, estudiante.

activity was conducted, and a blood sample was taken to measure erythrocyte osmotic fragility, after signing a consent form. The results obtained for OF were then analyzed according to different nutritional states and levels of physical activity, with the aim of exploring possible associations between these variables. Obese students showed higher osmotic fragility, possibly linked to alterations in cell membrane composition and fluidity. In relation to physical activity, a tendency toward increased erythrocyte osmotic fragility was observed in the group with low-intensity physical activity. Although the differences are not statistically significant, the role of exercise appears to be one of the determining factors of erythrocyte deformability.

Keywords
Osmotic fragility, erythrocyte deformability, hemorheology, nutritional status, physical activity, student.

Introducción:
Diversos estudios han vinculado el aumento del sedentarismo y una alimentación inadecuada con la creciente prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles como hipertensión arterial (HTA), dislipemia y diabetes mellitus tipo 2, las cuales son factores de riesgo de patologías isquémicas como infarto cerebral o miocárdico e insuficiencia renal, ateromatosis, neuropatía periférica, etcétera, que impactan severamente en la calidad y sobrevida de la población. El estado nutricional y la actividad física son algunos de los factores que modulan los procesos fisiológicos que permiten una adecuada perfusión tisular. La integridad y funcionalidad de los eritrocitos son esenciales para garantizar su deformabilidad y flujo a través de la circulación microvascular. La hemorreología es una ciencia relativamente nueva, que estudia dicho proceso. La forma bicóncava de los eritrocitos les da la capacidad de deformarse cuando una fuerza actúa sobre ellas, sin que su membrana sufra fragmentación o ruptura. Esta capacidad de adaptación del eritrocito a las fuerzas hidrodinámicas de la sangre en movimiento y a los distintos tamaños de la luz vascular se basa en la relación superficie/volumen del eritrocito anucleado; fluidez del contenido celular; y flexibilidad de su membrana (bicapa lipídica con proteínas intercaladas).
A su vez, esa relación superficie/volumen en el eritrocito se modifica frente a cambios en la osmolaridad plasmática, fenómeno conocido como fragilidad osmótica (FO). La fragilidad osmótica constituye un indicador hemorreológico sensible de la estabilidad de la membrana eritrocitaria. Si la fragilidad osmótica eritrocitaria estuviera aumentada, este glóbulo rojo modifica su forma, influenciado por la osmolaridad plasmática, ganando volumen y convirtiéndose en un esferocito con menores posibilidades de adaptarse a lechos microcirculatorios y mayor riesgo de lisis. En este estudio nos proponemos analizar la relación entre la fragilidad osmótica eritrocitaria, el estado nutricional y la intensidad de actividad física en estudiantes universitarios.

Objetivos:
Objetivo principal: Evaluar la fragilidad osmótica eritrocitaria en estudiantes jóvenes de la Facultad de Ciencias Médicas (FCM) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), diferenciados según su estado nutricional y nivel de actividad física.

Objetivos secundarios:
Analizar la relación entre la fragilidad osmótica eritrocitaria y los distintos estados nutricionales definidos por el índice de masa corporal.
Analizar la asociación entre la fragilidad osmótica eritrocitaria y el nivel de actividad física autorreportados por los participantes.

Material o población y métodos:
Se invitó a participar a estudiantes de la FCM UNR, de manera voluntaria tras otorgar su consentimiento informado. Las muestras de sangre se obtuvieron por venopunción luego de un ayuno de 12 horas y fueron procesadas para determinar la fragilidad osmótica mediante fotometría a 540 nm, se midió porcentaje de hemólisis en función de la concentración de cloruro de sodio (NaCl) considerando como 100 % a la hemólisis ocurrida a 0 mosm/kg, y luego se calculó el parámetro X50 que representa la concentración en la que ocurre una hemólisis del 50 % de los glóbulos rojos.
El estado nutricional se evaluó mediante índice de masa corporal (IMC), y se clasificó a los participantes según la escala de la Organización Mundial de la Salud en normopeso (NP), sobrepeso (SP) u obesidad (OB).
El instrumento utilizado para determinar la intensidad de la actividad física ha sido el cuestionario Internacional de actividad física (IPAQ) en su versión simplificada. La actividad semanal se registra en unidades de índice metabólico o metabolic equivalent of task (METs) por minuto y semana. Los datos se obtuvieron mediante cuestionario autoadministrado, evaluándose tres aspectos de la actividad física realizada en los últimos siete días: intensidad (METs asignado a cada actividad), frecuencia (días por semana) y duración (minutos por día). A partir de dichos resultados se clasifica el nivel de actividad realizado en tres categorías, baja, moderada y alta según los siguientes criterios: Se definió la intensidad de la actividad física según los valores de METs: baja intensidad <600, media intensidad 600 a 1500 y alta intensidad >1500.
El análisis estadístico fue realizado mediante ANOVA de una vía (MedCalc Software, versión 11.3.0.0), estableciendo un nivel de significación de p <0,05.

Resultados:
Los resultados se expresaron como media ± desvío estándar, y las diferencias significativas entre grupos se indicaron con letras superíndices distintas (Tabla 1).
La fragilidad osmótica eritrocitaria presentó diferencias relevantes según el estado nutricional, evidenciándose valores mayores en los estudiantes con obesidad en comparación con los grupos normopeso y sobrepeso. Esta mayor susceptibilidad a la hemólisis sugiere alteraciones en la composición y permeabilidad de la membrana eritrocitaria a estudiarse su relación con el exceso de adiposidad. En cuanto a la actividad física, si bien no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de intensidad, se identificó una tendencia consistente: los participantes con baja actividad física mostraron valores superiores de FO, mientras que aquellos con actividad moderada o alta presentaron una fragilidad menor (Figura 1).
La asociación entre estado nutricional y actividad física no alcanzó significación estadística (p=0,095). En nuestra muestra no fue evidente la asociación de obesidad con menor actividad física, por lo que solo podemos hipotetizar que la suma de ambos factores podría potenciar las alteraciones hemorreológicas. En conjunto, estos hallazgos señalan que tanto el exceso de peso como el sedentarismo influyen en la estabilidad de la membrana eritrocitaria y refuerzan la posible utilidad de la fragilidad osmótica como indicador sensible de salud hemorreológica en población joven.

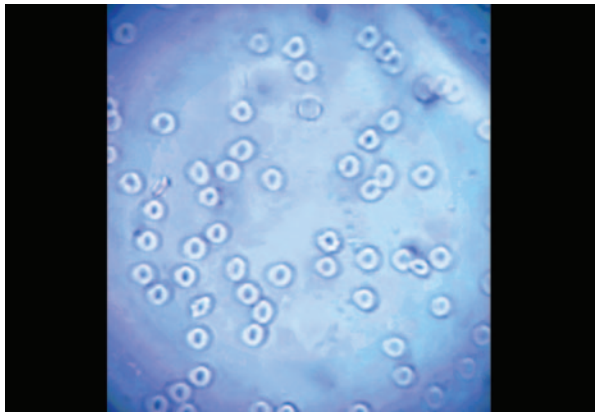
Discusión:
En 1922 August Krog que era un fisiólogo danés, ganador de un premio Nobel por el estudio de la anatomía y fisiología de los sistemas capilares, comunica el primer artículo donde se refiere a la deformación del glóbulo rojo para poder atravesar los capilares. Se plantea que el eritrocito de 8 um tiene necesariamente que deformarse para pasar por los capilares poco extensibles, con un diámetro de 3 a 12 um. Este se considera el primer registro a partir del que se empieza a hablar de reología.
La reología es una disciplina científica que se dedica al estudio de la deformación y flujo de la materia o más precisamente, de los fluidos. La palabra reología proviene del griego, que significa; "reos" fluir, "logos" estudio.[1] En particular, la hemorreología se ocupa del comportamiento del flujo de la sangre completa, además de la deformabilidad de los elementos individuales que la componen (es decir: glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas).
Hasta la fecha, las variables estudiadas por la hematología no han sido incluidas directamente como factores de riesgo de eventos isquémicos, debido a la ausencia de estudios multicéntricos, en contraposición a la amplia evidencia sobre los factores de riesgo de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) como la diabetes, la hipertensión, la dislipidemia, el tabaquismo, etcétera.

Tabla 1: Resultados estadísticos

	Estado nutricional			Intensidad de la actividad física		
	NP (n=35)	SP (n=20)	OB (n=15)	BI (n=26)	MI (n=24)	AI (n=20)
X_{50} (mM)	66,5±4,4[a]	66,8±4,6[a]	71,8±5,6[b]	70,1±5,7[a]	67,2±5,9[a]	66,1±5,1[a]

X50 (mM): fragilidad osmótica media. Estado nutricional: normopeso (NP), sobrepeso (SP) y obesidad (OB). Intensidad de la actividad física: baja intensidad (BI), moderada intensidad (MI) y alta intensidad (AI).

Figura 1: Morfología eritrocitaria al microscopio óptico



En la Figura 1, se observa la morfología eritrocitaria característica previa a la exposición a gradientes osmóticos, donde la forma discocítica refleja un estado adecuado de volumen celular, integridad de membrana y capacidad de deformación.

El plasma es un fluido newtoniano y su viscosidad está estrechamente relacionada con el contenido de proteínas, fundamentalmente con el fibrinógeno. En cambio, la sangre entera se considera una suspensión no newtoniana y su fluidez depende de las propiedades reológicas combinadas del plasma y los componentes celulares, siendo en condiciones fisiológicas los eritrocitos los más cuantiosos por lo que generan mayor influencia.[2]

La viscosidad sanguínea está determinada por la viscosidad plasmática, por la concentración celular de la sangre (hematocrito) y por la deformación y agregación de glóbulos rojos. La sangre puede considerarse como una suspensión de partículas deformables, en un medio viscoso (el plasma). La principal función de los glóbulos rojos es el transporte del oxígeno y del dióxido de carbono, gracias a su elevada concentración de hemoglobina y a sus propiedades mecánicas. A diferencia de los líquidos newtonianos, en los que la viscosidad permanece constante independientemente del gradiente de velocidad, la sangre entera se comporta como un fluido no newtoniano, ya que su viscosidad depende de la tasa de corte y del tiempo. Esto se debe a la presencia de los elementos figurados, especialmente los eritrocitos, cuya capacidad de agregarse, deformarse y roce contra la pared vascular condiciona la resistencia al flujo. A tasas de corte bajas, la viscosidad es elevada porque los glóbulos rojos tienden a agregarse formando pila de

monedas. La sangre requiere una fuerza umbral (presión hidrostática) para comenzar a fluir y desagregarse; una vez en movimiento, la viscosidad disminuye a medida que los eritrocitos se orientan y rotan sobre su propio eje, reduciendo la fricción interna lo que les permite deslizarse a modo de cremallera de un tanque de guerra y facilita el flujo de la sangre. Algunos autores postulan que condiciones asociadas a eventos estresantes crónicos podrían modificar la viscosidad plasmática mediante el incremento de los reactantes de fase aguda; sin embargo, la evidencia disponible continúa siendo limitada y no permite establecer conclusiones definitivas.[2]
Diversos estudios han señalado que ciertos factores hemorreológicos (viscosidad plasmática, viscosidad total, fibrinógenos), particularmente la fragilidad osmótica del eritrocito, son parámetros de previsión de enfermedad coronaria y de accidentes cerebrovasculares. También se ha observado que la sobrecarga de colesterol en la membrana disminuye la fragilidad osmótica, la fluidez de membrana y la viabilidad y deformación eritrocitaria.[1]
Hoy en día, la mayor parte son hipótesis y se requiere mayor cantidad de estudios con un número de pacientes mayor para poder obtener evidencia concluyente sobre este indicador de la membrana eritrocitaria, como un predictor de riesgo.[3]
Uno de estos trabajos científicos tuvo como objetivo principal estudiar las modificaciones de las propiedades hemorreológicas y en particular de la agregación eritrocitaria (AE), en 20 pacientes con accidente cerebro vascular (ACV) isquémico durante la etapa aguda, en comparación a un grupo control (n = 20) con similares factores de riesgo. En este estudio, a pesar de tener un pequeño número de pacientes, se encontraron alteraciones de la reología eritrocitaria en el curso agudo de la patología vascular cerebral. Coincidentemente se vislumbra la influencia de otros factores plasmáticos y celulares que influyen en el complejo proceso de agregación, los que deben ser sometidos a un mayor análisis.[4]
El estudio de la fragilidad osmótica es una prueba que mide la respuesta a variaciones osmóticas del medio extracelular que tiene como consecuencia el incremento del volumen del eritrocito alrededor de un 70 % antes de que la superficie de la membrana se distiende hasta ocasionar la lisis celular. El incremento de la fragilidad osmótica en estados hiperlipidémicos estaría atribuido a alteraciones de la fluidez de iones a través de la membrana y al cambio de las propiedades de las macromoléculas de la misma, los cuales disminuirían su elasticidad. Coincidentemente, en los resultados hallados los pacientes con obesidad tienen mayor fragilidad osmótica, si bien no tenemos evaluado el perfil lipídico, consideramos es una variable a incluir en futuros estudios, como así también la determinación de colesterol de membrana del glóbulo rojo.
A su vez en cuanto a la actividad física, tanto la fragilidad osmótica como la estructura de la membrana de los eritrocitos se modifican considerablemente durante el ejercicio de resistencia. Este hecho se asocia a los hallazgos de una disminución de aproximadamente un 40 % de la vida media de los eritrocitos circulantes en corredores en comparación con controles sedentarios. Las lesiones mecánicas directas causadas por fuertes contactos con la pared vascular, la actividad contráctil muscular repetida o la vasoconstricción en los órganos internos son tres fuentes potenciales de hemólisis inducida por el ejercicio, mientras que las anomalías metabólicas que se desarrollan durante el ejercicio (por ejemplo hipertermia, deshidratación, shock hipotónico, hipoxia, acidosis láctica, estrés por cizallamiento, daño oxidativo, proteólisis, aumento de la concentración de catecolaminas y lisolecitina) pueden contribuir activamente a desencadenar, acelerar o amplificar este fenómeno.[5]
En contraposición con estos hallazgos, nuestros resultados evidenciaron una tendencia a que la fragilidad osmótica se vea incrementada en pacientes con baja intensidad de actividad física, no pudiendo relacionar estos resultados a la obesidad, ya que el grupo obesidad estaba compuesto por pacientes de distinto nivel de actividad física.

Conclusiones:
Aunque el número de participantes fue limitado y no permitió establecer asociaciones estadísticamente significativas entre estado nutricional e intensidad de actividad física, los resultados mostraron tendencias consistentes que sugieren una posible relación entre estos factores y la fragilidad osmótica. En particular, los estudiantes con obesidad presentaron valores elevados de fragilidad osmótica eritrocitaria (X50) que podría vincularse a modificaciones en la composición lipídica y fluidez de la membrana eritrocitaria, tal como se ha propuesto en estudios previos sobre alteraciones hemorreológicas en contexto de desórdenes metabólicos.
El impacto del ejercicio no pudo definirse con claridad, se observó una tendencia a una fragilidad osmótica aumentada en quienes realizaban actividad física de baja intensidad, lo cual se contradice con la evidencia actual. Esta discrepancia marca la necesidad de estudios con

mayor tamaño muestral y con variables metabólicas adicionales para aclarar el papel del ejercicio en la estabilidad de la membrana eritrocitaria.

En conjunto, los hallazgos de este estudio plantean que la fragilidad osmótica podría constituir un indicador hemorreológico útil para analizar el estado de la microcirculación y un potencial factor de riesgo temprano para alteraciones isquémicas. No obstante, debido al carácter exploratorio del trabajo, se requieren investigaciones más amplias y controladas para determinar la relevancia clínica de estas observaciones.

Conflicto de intereses:
Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Agradecimientos:
Agradezco la colaboración y acompañamiento de Dina Ridolfi y Nadia Gómez. Como así también a todo el equipo de trabajo del laboratorio de Biología sanguínea de la cátedra de Física biológica de la Facultad de Ciencias Médicas UNR.

Bibliografía:

1. Moggi L. Hemorreología y microcirculación. Rev Argent Anestesiol. 2011;69:61-84.

2. Feldman LJ, Diez JA, Najle R, y col. Efectos hemorreológicos de los glóbulos rojos y sus implicancias en la salud. Acta bioquím Clín Latinoam. 2021;55:137-150.

3. Levenson J, Simon A. Reología sanguínea y riesgo cardiovascular. AVFT. 2000;19:5-10.

4. Capriotti Corrente J, Svetaz MJ, Urli L, y col. Estudio de las alteraciones de la agregación eritrocitaria en pacientes con accidente cerebrovascular isquémico. Revista de la Facultad de Ciencias Médicas. 2021;1:140-148.

5. Lippi G, Sanchis-Gomar F. Epidemiological, biological and clinical update on exercise-induced hemolysis. Ann Transl Med. 2019;7:1-15.