

Иванова Л.И., Майорова И.Г. Метод определения активности каталазы // Лаб. дело. – 1988. – №1. – С.16–19. 8. Мещишен И.Ф. Метод визначення окиснювальної модифікації білків плазми (сироватки) крові // Бук. мед. вісник. – 1998. – Т.2, №1. – С.156–158. 9. Стальная И.Д., Гаршвиц Т.Г. // Современные методы в биохимии / Под. ред. В.Н.Ореховича. – М.: Медицина, 1977. – С.66–68. 10. Halter F., Tarnawski A.S., Schmassmann A., Peskar B.M. Cyclooxygenase-2 implications on maintenance of gastric mucosal integrity and ulcer healing: controversial issues and perspectives // Gut. – 2001. – Vol.49, №3. – P. 443–453. 11. Kelli G.S. Rhodiola rosea: A possible plant adaptogen // Altern. Med. Rev. – 2001. – Vol.6, №3. – P.293–302. 12. Morise Z., Granger D.N., Fuseler J.W., Anderson D.C., Grisham M.B. Indomethacin induced gastropathy in CD18, intercellular adhesion molecule 1, or P-selectin deficient mice // Gut. – 1999. – Vol.45, №4. – P. 523–528. 13. Vanisree A.J., Mitra K., Shamala Devi C.S. Antiulcerogenic effect of UL-409 against experimentally induced gastric ulcer in rats // Indian J. Pharmacol. – 1996. – №28. – P.265–268. 14. Wolfe M.M., Lichtenstein D.R., Gurkirpal S. Gastrointestinal toxicity of nonsteroidal antiinflammatory drugs // N. Engl. J. Med. – 1999. – Vol.340, №24. – P.1888–1899.

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА РОДИОЛЫ ЖИДКОГО НА СОСТОЯНИЕ ОКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ЖЕЛУДКА КРЫС ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ЯЗВООБРАЗОВАНИИ

Н. В. Давыдова, И. Ф. Мещишен

Резюме. Изучали эффективность применения экстракта родиолы жидкого в дозе 0,01 мл/кг массы тела при эрозивно-язвенном поражении (ЭЯП) гастроудоденальной зоны. Установлено, что ЭЯП сопровождалось усилением свобод-

норадикального окисления липидов и белков, снижением содержания восстановленного глутатиона, снижением активностей антиоксидантных ферментов желудка крыс. Пероральное введение животным экстракта родиолы жидкого в течение 10 дней на фоне ЭЯП вызвало нормализацию исследуемых показателей.

Ключевые слова: экспериментальная язва желудка, экстракт родиолы жидкий, пероксидное окисление липидов, антиоксидантная система.

THE EFFECT OF RHODIOLA ROSEA EXTRACT ON THE STATE OF THE OXIDATIVE ANTIOXIDATIVE SYSTEM OF THE RAT STOMACH UNDER CONDITIONS OF EXPERIMENTAL GASTRODUODENAL ULCER

N. V. Davydova, I. F. Meshchysheh

Abstract. The efficacy of using the Rhodiola rosea extract (RRE) under conditions of experimental gastroduodenal ulcer in rats was investigated. It was established that experimental gastroduodenal ulcer was accompanied by an increase of lipid peroxidation and oxidative modification of proteins, a decrease of reduced glutathione, a decrease of the antioxidative enzymes activity in the rat stomach. Oral introduction of RRE promoted the normalization of the investigated indices.

Key words: experimental gastroduodenal ulcer, lipid peroxidation, antioxidative system, Rhodiola rosea extract.

Bukovinian State Medical Academy (Chernivtsi)

Clin. and experim. pathol. 2004. Vol.3, №1. P.23–26.

Надійшло до редакції 13.01.2004

УДК 612.135:577.3

*Л. Ю. Зав'яньський
К. Б. Тимочко
М. В. Шаплавський
В. Ф. Мислицький
О. Ю. Микитюк
П. М. Григоришин
О. В. Слободян*

РОБОТА ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИХ СИЛ ЕНДОТЕЛІЮ КАПІЛЯРІВ ТА ЕРИТРОЦИТІВ

Буковинська державна медична академія,
м. Чернівці

Ключові слова: мікроциркуляція, вільна енергія.

Резюме. На основі власної концепції досліджень мікроциркуляції крові, автори здійснили математичний аналіз взаємодії електростатичних сил ендотелію капіляра та еритроцита. Висвітлюються патофізіологічні аспекти висновку роботи.

Вступ

У попередньому повідомленні ми обґрунтували наявність рушійної сили судин за взаємодії їх термодинамічного потенціалу з точковим зарядом крові [6]. Виникає питання – як впливає зміна кулонівської взаємодії зарядів модуля судин і крові як об'ємного носія заряду? Таке питання

слухне, оскільки майже половину маси крові становлять формені елементи.

МЕТА РОБОТИ

Провести математичний аналіз можливості виникнення прискорення еритроцита за дії електростатичних сил капіляра. Розглянути біофізичні

та медико-біологічні аспекти рушійної сили крові у контексті патофізіології.

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ

Слід підкреслити, що дана робота є теоретичним дослідженням, яке базується на фундаментальних законах фізики, макрофізичних властивостях кровообігу, які здійснюються за вимогами логіки біологічних функцій, що за змістом є синергетичним цілим мікро- і макрофізичних процесів [4]. Для вирішення задач дослідження використали математичний аналіз моделі [3].

Отже, розглянемо прямий конічний капіляр з вхідним і вихідним радіусами r_0 і r_1 , довжиною L і проведемо аналіз руху еритроцита вздовж капіляра. Еритроцит моделюємо жорстким диском, перпендикулярним до осі капіляра x . Радіус еритроцита буде зростати від R_0 до R_1 при його переміщенні від входу до виходу так, що проміжок між краєм еритроцита і стінкою капіляра залишатиметься постійним [2]. Бокова внутрішня поверхня капіляра (конуса) і еритроцит (диск) заряджені однойменно з поверхневими густинами зарядів σ_1 , σ_2 . Визначаємо силу, з якою вся бокова поверхня капіляра діє на еритроцит.

Виділимо на конусі кільце з радіусом r і шириною dl , перпендикулярно до осі, що має координату x , а на диску, координати якого x' , виділимо кільце з радіусом R' і шириною dR' ($0 \leq R' \leq R$) (рис. 1, 2).

Знайдемо силу з якою елемент заряду кільця конуса dq_1 діє на елемент заряду кільця диска dq_2 .

З рис. 2, $dq_1 = \sigma_1 dS_1 = \sigma_1 r d\varphi dl$
 $dq_2 = \sigma_2 dS_2 = \sigma_2 R' d\theta dR'$.

За законом Кулона ця сила рівна (в СІ)

$$dF_a = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{dq_1 \cdot dq_2}{a^2} \quad (1)$$

і направлена по прямій a , що сполучає ці елементарні заряди. Довжину a знаходимо як діагональ рівнобедреної трапеції $ABCD$ (рис. 3). Вона визначається через висоту трапеції h і її основи χ_1 та χ_2

$$h^2 = H^2 + (r \cos \frac{\varphi}{2} - R' \cos \frac{\varphi}{2})^2 = H^2 + (r - R')^2 \cos^2 \frac{\varphi}{2}$$

$$\chi_1 = 2r \sin \frac{\varphi}{2}, \quad \chi_2 = 2R' \sin \frac{\varphi}{2},$$

де $H = x' - x$ – висота зрізаного конуса, r і R' – радіуси основ цього конуса

$$a^2 = h^2 + \left(\chi_2 + \frac{\chi_1 - \chi_2}{2} \right)^2 = h^2 + \left(\frac{\chi_1 + \chi_2}{2} \right)^2 = H^2 + (r - R')^2 \cos^2 \frac{\varphi}{2} + (r + R')^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2} \quad (2)$$

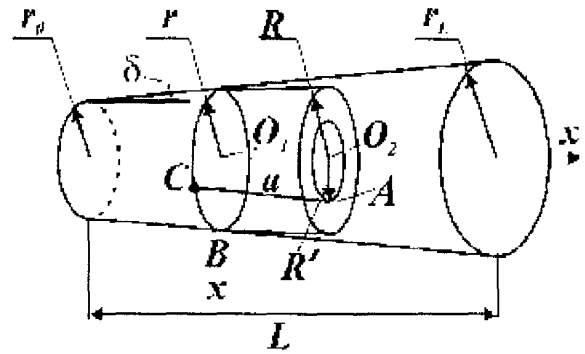


Рис. 1. Положення виділених кілець конуса і диска

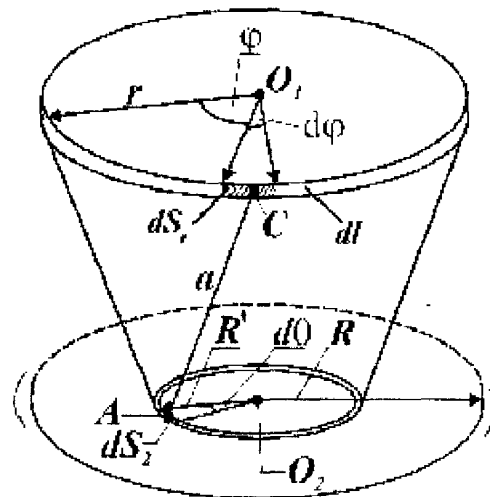


Рис. 2. Знаходження елементарних площ конуса і диска dS_1 і dS_2

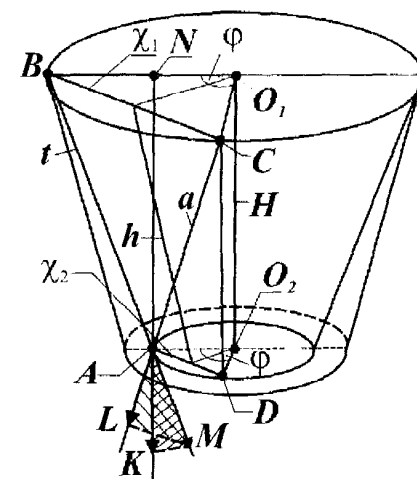


Рис. 3. Знаходження відстані a між елементарними зарядами dq_1 і dq_2

Перевіримо отриманий результат.

Якщо $\varphi = 0$, то $a^2 = t^2 = H^2 + (r - R')^2$, де t – твірна зрізаного конуса (рис. 3). Якщо $\varphi = \pi$, то $ABCD$ є великий переріз зрізаного конуса і $h = H$.

Тоді $a^2 = H^2 + \left(\frac{\chi_1 + \chi_2}{2} \right)^2 = H^2 + (r + R')^2$

Проекція сили dF_a на твірну зрізаного конуса t знаходиться з подібних трикутників ABC і AML

$$dF_t = dF_a \cdot \frac{t}{a},$$

а її проекція на вісь капіляра (і на H) знаходиться з подібних трикутників ABN і AMK

$$dF_H = dF_t \cdot \frac{H}{t} = dF_a \cdot \frac{t}{a} \cdot \frac{H}{t} = dF_a \cdot \frac{H}{a} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{dq_1 \cdot dq_2}{a^3} \cdot H. \quad (3)$$

Проекція на H силу, з якою все кільце конуса (капіляра) діє на елемент заряду dq_2 диска (еритроцита) рівна

$$dF_H^* = \int_0^{2\pi} \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{dq_2 \sigma_1 r dl d\varphi \cdot H}{a^3} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} dq_2 \sigma_1 r dl H \int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{a^3}.$$

При інтегруванні по кільцю конуса положення заряду dq_2 фіксованого на кільці диска в точці А, положення заряду dq_1 змінюється по азимутальному куту φ від 0 до 2π . З міркування симетрії інтегрувати по φ можна від 0 до π , помноживши результат на 2

$$dF_H^* = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} dq_2 \sigma_1 r dl H \cdot 2 \int_0^{\pi} \frac{d\varphi}{a^3}. \quad (4)$$

Проінтегрувавши (4) по кільцю диска по θ від 0 до 2π отримаємо проекцію на H сили, з якою все кільце конуса діє на все кільце диска

$$dF_H^{**} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \sigma_1 \sigma_2 r dl R' dR' H \cdot 2 \int_0^{2\pi} d\theta \left(\int_0^{\pi} \frac{d\varphi}{a^3} \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \sigma_1 \sigma_2 r dl R' dR' H \cdot 2 \cdot 2\pi \int_0^{\pi} \frac{d\varphi}{a^3} = \quad (5)$$

$$= Q r dl R' dR' \cdot H \cdot I$$

$$\text{де } Q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \sigma_1 \sigma_2 4\pi - \text{const} \quad (6)$$

$$I = \int_0^{\pi} \frac{d\varphi}{a^3} \quad (7)$$

$$dl = \frac{dx}{\cos \delta}. \text{ При малих } \delta \text{ } dl \approx dx$$

Якщо проінтегрувати dF_H^{**} по всіх кільцях диска ($0 \leq R' \leq R$), то отримаємо силу, з якою кільце конуса діє на весь диск. Якщо далі інтегруємо по всіх кільцях конуса, тобто координатах x кільця від 0 до L , то одержимо силу, з якою вся бічна поверхня конуса діє на диск, центр якого знаходиться в точці x' .

Зробимо деякі зауваження відносно інтеграла I

$$I = \int_0^{\pi} \frac{d\varphi}{a^3} = \int_0^{\pi} \frac{d\varphi}{\left(H^2 + (r - R')^2 \cos^2 \frac{\varphi}{2} + (r + R')^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right)^{\frac{3}{2}}}. \quad (8)$$

Він зводиться до еліптичного інтеграла третього виду [3].

$$\begin{aligned} a^2 &= H^2 + (r - R')^2 \cos^2 \frac{\varphi}{2} + (r + R')^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2} = H^2 + (r^2 - 2rR' + R'^2) \cos^2 \frac{\varphi}{2} + (r^2 + 2rR' + R'^2) \sin^2 \frac{\varphi}{2} = \\ &= H^2 + (r^2 + R'^2) (\cos^2 \frac{\varphi}{2} + \sin^2 \frac{\varphi}{2}) - 2rR' (\cos^2 \frac{\varphi}{2} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}) = H^2 + (r^2 + R'^2) - 2rR' (1 - 2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}) = \\ &= H^2 + (r - R')^2 + 4rR' \sin^2 \frac{\varphi}{2} = (H^2 + (r - R')^2) \cdot \left(1 + \frac{4rR'}{H^2 + (r - R')^2} \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right) \end{aligned}$$

$$I = \frac{1}{(H^2 + (r - R')^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot \int_0^{\pi} \frac{d\varphi}{\left(1 + \frac{4rR'}{H^2 + (r - R')^2} \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{2}\right)^{\frac{3}{2}}}. \quad (9)$$

Такі інтеграли в елементарних функціях не беруться і як спеціальні функції не табульовані. Тому подальші обчислення проводяться чисельно.

Перетворимо a інакше:

$$a^2 = H^2 + (r - R')^2 \cos^2 \frac{\varphi}{2} + (r + R')^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2} = H^2 + (r^2 + R'^2)(\cos^2 \frac{\varphi}{2} + \sin^2 \frac{\varphi}{2}) - 2rR'(\cos^2 \frac{\varphi}{2} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}) = H^2 + r^2 + R'^2 - 2rR' \cos \varphi$$

$$\text{Отже, } F_H(x') = Q \int_{x=0}^L r(x)H(x, x') dx \int_{R'=0}^R R' dR' \cdot \int_0^{\pi} \frac{d\varphi}{(H^2(x, x') + r^2(x) + R'^2 - 2R'r(x) \cos \varphi)^{\frac{3}{2}}}$$

Радіуси виділених кілець конуса (капіляра) змінюються при зміні їх положень як

$$r(x) = r_0 + \frac{r_L - r_0}{L} x = r_0 + x \operatorname{tg} \delta \approx r_0 + x \delta \quad (\text{при малих } \delta). \text{ Так само радіус диска } R \text{ змінюється, при}$$

зміні його положення на осі, як $R = R(x') = R_0 + x' \delta$.

$$F_H(x') = Q \int_{x=0}^L (r_0 + x \delta)(x' - x) dx \int_{R'=0}^{R_0 + x' \delta} R' dR' \cdot \left(\int_{\varphi=0}^{\pi} \frac{d\varphi}{((x' - x)^2 + (r_0 + x \delta)^2 + R'^2 - 2(r_0 + x \delta)R' \cos \varphi)^{\frac{3}{2}}} \right)$$

Чисельні дані для інтегрування: $r_0 = 4 \text{ мкм}$, $r_L = 8 \text{ мкм}$, $L = 100 \text{ мкм}$, $R_0 = 3,8 \text{ мкм}$. Розрахунки зроблені в прикладній програмі MathCAD 2000. Результат розрахунків приведений на рис. 4.

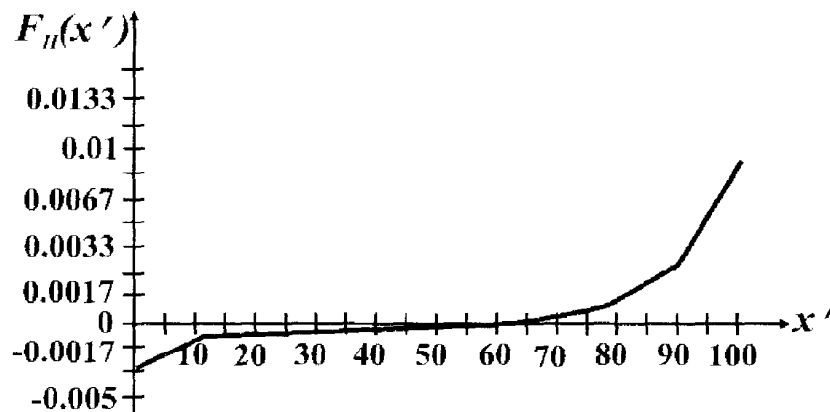


Рис. 4. Графік сили, з якою вся бокова поверхня капіляра діє на еритроцит

Якщо проінтегрувати $F_H(x')$ по x' , то знайдемо роботу електростатичних сил відштовхування, які діють на еритроцит. Ця робота рівна приросту кінетичної енергії еритроцита:

$$A = \int_0^L F_H(x') dx' = \frac{mv_L^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

Якщо $A > 0$, то $v_L > v_0$, тобто еритроцит у капілярі прискорюється. Розрахунок роботи A проведено за допомогою прикладної комп'ютерної програми MathCAD 2000. Результат становить $0.058 > 0$, що підтверджує вищезазначений висновок математичного аналізу.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Треба відзначити, що в цій роботі аналізується тільки взаємодія електростатичних полів еритроцитів і ендотелію капілярів, яка опосередкована, загальновідомо, ζ -потенціалом, введення якого до розрахунків внесло б корективи в аналіз електростатичних сил розглядуваної системи, які є проявом просторово фіксованих від'ємних зарядів, але ускладнивши хід доведення, воно вочевидь не змінило б принципово висновки математичного аналізу.

Таким чином, на прикладі еритроциту показано, що примусового руху в капілярі зазнає не тільки точковий заряд, а й формений елемент крові. Що ж до ζ -потенціалу, то позитивні іони, створюючи оболонки взаємного відштовхування у випадку відсутності прямого контакту від'ємних груп, не змінюють векторів їх дії, оскільки це, як правило, рухливі катіони. І хоча ζ -потенціал відштовхування (електрокінетичний) за відстанню зменшується по експоненті, за його рахунок відбувається кулонівське ущільнення дії від'ємних зарядів. Очевидно, що зрушення рівноваги ζ -потенціалу (градації рівня катіонів чи pH) неминуче призводять до зміни мікроциркуляції, бо у цьому випадку виникнуть відхилення симетрії гельмгольцівського подвійного шару і сил притягання (електростатичного зчеплення), падіння рушійної сили крові з наступним ньютонівським опором.

Наступний блок проблем загальної патології, що потребує розробки, це зв'язок рушійної сили судин з динамікою синтезу і утилізації АТФ в ендотелії та еритроцитах, розкриття механізму переходу біоорганічних молекул у метастабільний стан. Оскільки вільна енергія є основою термодинамічного потенціалу, що виконує роботу з переміщення крові і затрачається на анаболізм, цілком очевидно є небезпека виснаження її енерго-пластичних функцій – енергетична деструкція відповідних морфологічних структур (згадаймо метаморфоз еритроцитів за виснаження ресинтезу АТФ). І якщо для великих судин (наприклад, синокаротидні зони) відомі механізми посиленого синтезу АТФ, що контролюють стаціонарний стан (динамічну рівновагу) АТФ/АДФ [5], то в артеріолах, капілярах, венулах, *vazae vazorum* де взаємодія термодинамічних потенціалів є максимальною така небезпека реальна.

ВИСНОВОК

Електростатичне відштовхування еритроцита і ендотелію капіляра зумовлює прискорення червонокривця за вектором кровообігу.

Отже, методи теоретичної фізики стають вирішальною умовою розвитку системи медико-біологічних наук, оскільки реальне обмеження інформативності методів візуалізації біоструктур [1] стримує експериментальну медицину в рамках емпіричної науки.

На підставі проведеного аналізу фізичних факторів мікроциркуляції як самостійних на основі лінійних функцій, можна передбачити, що кожен з них при взаємодії підлягає законам синергетики у напрямку здійснення біологічної функції. Загалом, детальне аргументування методології проведених досліджень, зважаючи на відгуки щодо змісту попередніх повідомлень [5, 6, 7], буде висвітлене.

ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Подальші дослідження дадуть нові важливі дані для розуміння інтимних механізмів реології крові.

Література. 1. Агафонов Ю. В., Выговский Ю. Н., Ганкин Э. Я. и др. Физика лазерной биостимуляции. – М.: Медиа. 2000. – 82 с. 2. Чалый О. В. Синергетичні принципи освіти і науки. – Київ: ВШОЛ. 2000. – 253 с. 3. Шаплавський М. В. Біоінертизація як біологічна функція: Основи теорії і практика. – Чернівці: Прут. 1996. – 184 с. 4. Шаплавський М. В., Зав'язький Л. Ю., Коломоєць М. Ю. та ін. Електрорушійна сила судин // Бук. мед. вісник. – 2003. – Т. 7, № 3. – С. 3 – 7. 5. Шаплавський М. В., Коломоєць М. Ю., Пішак В. П., Сторожук С. М. Механізм мікроциркуляції як комплекс медико-біологічних проблем // Бук. мед. вісник. – 2003. – Т. 7, № 2. – С. 3 – 7.

РАБОТА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ СИЛ ЭНДОТЕЛИЯ КАПИЛЯРОВ И ЭРИТРОЦИТОВ

Л. Ю. Зав'язький, Е. Б. Тимочко, М. В. Шаплавський, В. Ф. Мыслицкий, О. Ю. Микитюк, П. М. Григорийшин, О. В. Слободян

Резюме. Исходя из собственной концепции исследования микроциркуляции крови, авторы осуществили математический анализ взаимодействия электростатических сил эндотелия капилляра и эритроцита. Представлены патофизиологические аспекты вывода работы.

Ключевые слова: микроциркуляция, свободная энергия.

ACTIVITY OF ELECTROSTATIC FORCES OF THE CAPILLARY AND ERYTHROCYTIC ENDOTHELIUM

L. Yu. Zavjansky, Ye. B. Tymochko, M. V. Shaplavsky, V. F. Myslitsky, O. Yu. Mykytjuk, P. M. Grygoryshyn, O. V. Slobodjan

Abstract. The authors have carried out a mathematical analysis of the integration of electrostatic forces of the capillary and erythrocytic endothelium based on their own conception of the investigating the blood microcirculation. Pathophysiological aspects of the research conclusions have been ascertained.

Key words: microcirculation, free energy.

Bukovinian State Medical Academy (Chernivtsi)

Clin. and experim. pathol. – 2004. – Vol. 3, № 1. – P. 26–30.

Надійшла до редакції 22.01.2004