

Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України, Київ

ЕЛЕКТРОКІНЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛІМФОЇДНИХ КЛІТИН ПАЦІЄНТІВ З ХРОНІЧНИМИ І ГОСТРИМИ ЛЕЙКОЗАМИ ТА НЕХОДЖКІНСЬКИМИ ЛІМФОМАМИ



Ю.В. Яніш, С.П. Залеток, Л.М. Складенко

Адреса:
Яніш Юрій Вадимович
03022, Київ, вул. Васильківська, 45
Інститут експериментальної патології,
онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького
НАН України
Тел.: (044) 259-91-95

Ключові слова: ζ -потенціал, поверхневий електричний заряд, хронічний лімфолейкоз, гострий мієлоїдний лейкоз, неходжкінська лімфома, В-лімфоцит, монобласт, мієлобласт.

Досліджено ζ -потенціал і поверхневий електричний заряд лімфоцитів у пацієнтів з хронічним лімфолейкозом, лімфомою з клітин мантії в фазі лейкоемізації та бластних клітин пацієнтів з гострим мієлоїдним лейкозом. Висунуто припущення про відмінності катіонів на поверхні трансформованих клітин. Відмічено появу лімфоцитарної субпопуляції з порушеннями поверхневого іонного балансу під час або внаслідок лейкоемізації В-клітинної лімфоми з клітин мантії зони.

ВСТУП

Науковий інтерес до електрокінетичного, або ζ -потенціалу, дисперсних частинок різної природи та поверхневих клітинних мембран не новий і не випадковий. Ще наприкінці минулого сторіччя цю тему активно розвивали як у царині фізичної хімії, так і медицини. Остаточою ζ -потенціал був визначений як стрибок потенціалу між адсорбційним та дифузним шарами іонів подвійного електричного шару (ПЕШ) дисперсної частинки, що суспендована у дисперсійному середовищі-електроліті [1, 2]. Відомо, що сумарний поверхневий заряд (СПЗ) живих клітин і на пряму пов'язаний з ним ζ -потенціал забезпечують нейрамінові (сіалові) кислоти, полісахариди, мембраноасоційовані нуклеїнові кислоти, білки, поліаміни тощо. І хоча молекули поліамінів несуть позитивний заряд, а білки можуть бути заряджені як позитивно, так і негативно, від'ємний заряд сіалових і нуклеїнових кислот та полісахаридів у структурі мембран переважає, що зазвичай і зумовлює від'ємний СПЗ клітинної поверхні (плазматичної мембрани та глікокаліксу) у межах фізіологічних значень рН. Найтонші зміни стану і властивостей живих клітин, їх субпопуляційні характеристики або метаболічні відхилення від норми негайно позначаються на величині ζ -потенціалу. Наслідком цього є зміни лінійної швидкості руху клітин в електричному полі, яка вимірюється експериментально за сталих значень рН, іонної сили дисперсійного розчину і температури [3–8].

Спроби долучити визначення електрокінетичних параметрів до арсеналу

діагностичних методів робилися давно і неодноразово. Ще у 1985 р. Н.Л. Новиченко і В.І. Струк запропонували застосування аналітичного мікроелектрофорезу клітин в експериментальних онкологічних дослідженнях [9]. Кількома роками пізніше І.М. Федорова вивчала за допомогою клітинного електрофорезу субпопуляційний склад лімфоцитів та визначала специфічність антилімфоцитарних моноклональних антитіл [10]. У 1991 р. В.Е. Орел, С.Б. Алексєєв і Ю.Я. Гріневич продемонстрували пряму кореляцію у змінах електрофоретичної рухомості та механолоюмінесценції лімфоцитів мишей з меланою В16, спричинених експериментальною імунотерапією [11]. Ще за три роки С.Б. Алексєєв зазначив у своїй дисертаційній роботі, що сила міжклітинного контакту найбільшим чином залежить від величини поверхневого потенціалу [12].

Навіть побіжний аналіз наведених публікацій переконливо свідчить, що визначення ζ -потенціалу є вагомим допоміжним методом вивчення впливу найрізноманітніших чинників на живу клітину, а певною мірою — і маркером її фізіологічного або патологічного стану. Не втратила актуальності ця тема і зараз. На новому витку технічних можливостей у світовій медицині, зокрема в онкології, відбувається певний «ренесанс» зацікавленості цим питанням [13, 14].

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МОДЕЛІ І МЕТОДИ

Матеріал для дослідження надходить до відділу біохімії пухлин та онкофарма-

кології Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України (завідувач відділу — доктор біологічних наук С.П. Залеток) з відділу онкогематології інституту (завідувач — професор Д.Ф. Глузман) у вигляді суспензії виділених у градієнті щільності фікол-верографін ($d=1,076-1,078 \text{ г/см}^3$) клітин з виживаністю не менше ніж 95% (згідно з тестом із суправітальним барвником трипановим синім).

ζ -потенціал обчислювали, виходячи з рівняння М. Смолуховського. В нього підставляли значення лінійної швидкості руху клітин в електричному полі. Швидкість вимірювали за допомогою оптичного мікроскопа з окуляр-мікрометром та приладу оригінальної конструкції професора В.О. Шляховенка, в якому клітини, суспендовані в спеціальному К/Na-фосфатному буфері (рН 7,4), рухалися всередині плоскостінного кварцового капіляра. Завдяки цьому усувалися сторонні механічні впливи на характер руху клітин та забезпечувалася можливість використання мікрооб'ємів досліджуваного матеріалу [3–6].

Відстань між платиновими електродами приладу дорівнювала 5 см, градієнт напруженості електричного поля досягав 20 В/см, оскільки до электродів прикладалася напруга у 100 В. Рівняння М. Смолуховського, адаптоване до біологічних об'єктів та автоматично — до фізіологічних значень фізико-хімічних параметрів, має вигляд:

$$\zeta = 14U,$$

де U — так звана електрофоретична рухливість, виражена у позасистемних одиницях як відношення експериментально визначеної лінійної швидкості руху клітин (мкм/с) в електричному полі до градієнта напруженості поля (В/см) [3–6].

Напрямок руху клітин під дією зовнішнього електричного поля з певними параметрами в бік катода або анода давав можливість визначити знак сумарного заряду клітин; поверхнева ж його щільність (q) обчислювалася згідно з рівнянням Квінке — Гельмгольца:

$$q\delta = \zeta \epsilon_a,$$

де δ — товщина ПЕШ, а ϵ_a — абсолютна діелектрична проникність [3, 5].

Визначено величини електрокінетичних характеристик лімфоїдних клітин з індивідуальних зразків периферичної крові хворих на В-клітинний хронічний лімфоїдний лейкоз (В-ХЛЛ), В-клітинну лімфому з клітин мантіїної зони (В-ЛМЗ) у стадії лейкоемізації, гострий монобластний лейкоз (ГМЛ М5), гострий мієлобластний лейкоз без ознак дозрівання (ГМЛ М1).

Виконане попереднє визначення ζ -потенціалу та щільності СПЗ лімфобластів у хворого з діагнозом В-лінійний гострий лімфобластний лейкоз (В-ГЛЛ) з коекспресією мієлоїдного антигену

CD13 та у хворих з деякими іншими діагнозами.

Розглянуто також профілі розподілу досліджуваних клітин за значеннями ζ -потенціалу.

Випадки В-ЛМЗ заслуговують на особливий інтерес, оскільки становлять не більше 6% від загальної кількості неходжкінських лімфом, характеризуються високою частотою ураження кісткового мозку (64%) і низькою 5-річною виживаністю хворих (27%) [15, 16].

Хворі були поінформовані про проведення досліджень і надали згоду на використання клінічного матеріалу в дослідницьких цілях.

Проведено статистичну обробку отриманих результатів із використанням t -критерію Стьюдента з попередньою перевіркою гіпотези про нормальний закон розподілу випадкової величини за критерієм Колмогорова — Смірнова, з використанням пакета програм STATISTICA 6.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В-ХЛЛ. Пацієнти-чоловіки були у клімактеричному періоді, пацієнти-жінки — у менопаузальному. ζ -потенціал лімфоцитів чоловіків достовірно перевищував такий у жінок, набуваючи значень $11,2 \pm 0,4$ мВ порівняно з $9,8 \pm 0,5$ мВ; щільність q СПЗ їх лімфоцитів також достовірно відрізнялася: $-8,0 \pm 0,6$ та $-7,0 \pm 0,3 \cdot 10^{-2}$ Кл/м² відповідно (табл. 1). Середня арифметична похибка у випадку кожної конкретної людини (у рядках) характеризує точність методу вимірювання.

Чоловікам дослідженої вікової групи був притаманний чітко виражений

одномодальний розподіл лімфоцитів за значеннями ζ -потенціалу, причому 80% клітин мали $\zeta=7,1 \div 14,0$ мВ (табл. 2).

Характер вказаного розподілу у жінок теж можна вважати одномодальним, оскільки 76,6% лімфоцитів у зразках крові пацієнток відповідного віку мали значення в межах $3,6 \div 10,5$ мВ. Невеликий пік в інтервалі значень $10,6 \div 17,5$ мВ хоча і має цілком достовірний характер, демонструє тільки наявність обмеженої субпопуляції клітин із підвищеним СПЗ.

ГМЛМ5. Значення електрокінетичних параметрів монобластів у чоловіків і жінок цієї групи пацієнтів мають достовірні відмінності, проте порівнювати їх у такому разі треба критично: жінки, охоплені експериментальним дослідженням, досягли менопаузального періоду, в той час як вік чоловіків можна визначити як пізній репродуктивний, за винятком одного пацієнта, що мав 62 роки (табл. 3).

Із даних, наведених в табл. 4, видно, що характер частотного розподілу монобластів у хворих з діагнозом ГМЛ М5, як і у випадку з лімфоцитами хворих на В-ХЛЛ (див. табл. 2), має одномодальний характер, профілі розподілу у чоловіків і жінок цілком конгруентні, з достовірно вираженим максимумом, що відповідає інтервалу значень $7,1 \div 10,5$ мВ, а 77% клітин у чоловіків і 76,7% — у жінок мають $\zeta=3,6 \div 10,5$ мВ.

Треба відмітити, що профіль частотного розподілу як лімфоцитів у пацієнток менопаузального віку з діагнозом В-ХЛЛ, так і монобластів у пацієнток з діагнозом ГМЛ М5 збігається практично повністю. Цей факт вимагає окремого розгляду, оскільки бластні клітини при гострому лейкозі морфологічно відрізняються від малих лімфоцитів

Таблиця 1. Електрокінетичні характеристики лімфоцитів у зразках крові пацієнтів із В-ХЛЛ

Чоловіки				Жінки			
№ зразка	Вік, років	ζ , мВ	q , $\cdot 10^{-2}$ Кл/м ²	№ зразка	Вік, років	ζ , мВ	q , $\cdot 10^{-2}$ Кл/м ²
89284	61	11,8±0,8	-8,5±0,6	90104	74	9,5±0,8	-6,8±0,6
90295	67	10,5±0,7	-7,5±0,5	92013	54	9,3±0,9	-6,6±0,7
91504	66	12,3±1,4	-8,8±1,0	97285	69	10,4±1,4	-7,4±0,9
91743	66	10,8±0,6	-7,7±0,4				
92016	67	10,4±1,4	-7,4±1,0				
M±n	65,4±1,3	11,2±0,4*	-8,0±0,6*	M±n	65,7±8,4	9,8±0,5*	-7,0±0,3*

*Достовірні відмінності значень ζ та q для чоловіків і жінок відповідно ($p < 0,05$).

Таблиця 2. Профілі частотного розподілу за значеннями ζ -потенціалу (мВ) лімфоцитів у зразках крові пацієнтів із В-ХЛЛ, %

Стать	0÷3,5 мВ	3,6÷7,0	7,1÷10,5	10,6÷14,0	14,1÷17,5	17,6÷21,0	21,1÷24,5	24,6÷28,0
Чоловіки	0%	4,0±4,3	60,0±4,5	20,0±4,0	12,0±6,5	4,0±2,2	0	0
Жінки	0%	13,3±8,4	63,3±12,6	10,0±6,5	13,3±4,2	0	0	0

Таблиця 3. Електрокінетичні характеристики монобластів у зразках крові пацієнтів із ГМЛ М5

Чоловіки				Жінки			
№ зразка	Вік, років	ζ , мВ	q , $\cdot 10^{-2}$ Кл/м ²	№ зразка	Вік, років	ζ , мВ	q , $\cdot 10^{-2}$ Кл/м ²
89442	45	8,8±0,8	-6,3±0,6	89532	57	8,2±0,5	-5,9±0,3
90920	42	8,4±0,6	-6,0±0,4	91115	58	7,8±0,4	-5,6±0,3
90945	21	9,4±1,0	-6,8±0,7	99507	56	8,4±0,6	-6,0±0,5
97282	47	9,6±0,9	-7,0±0,8				
98442	62	10,9±1,6	-7,8±1,1				
M±n	43,4±8,8	9,4±0,5	-6,9±0,4	M±n	57,0±1,0	8,1±0,2	-5,8±0,1

при хронічному перебігу захворювання. Зокрема, вони мають помітно більший діаметр (10–12 мкм проти 7–8 мкм), а отже, і більшу площу поверхневої мембрани в окремо взятої клітини. Тому для того, щоб ζ -потенціал монобластів мав порівняно близькі до ζ -потенціалу малих лімфоцитів значення, потрібні певні зміни в іонному аранжуванні клітинної поверхні бластних клітин, які утримували б щільність СПЗ на сталому рівні — приблизно такому ж, як і у випадку з клітинами меншого розміру. Гіпотетично механізм стабілізації СПЗ і прямо пов'язаного з ним ζ -потенціалу бластних клітин на рівні значень, притаманних малим лімфоцитам, можна пояснити своєрідною «інтервенцією» відповідної кількості катіонів, наприклад поліамінів, на їхню зовнішню поверхню, що відповідно може зменшити від'ємний СПЗ.

Що стосується пацієнтів чоловічої статі, то, незважаючи на достатню для статистичної обробки чисельність досліджених груп, порівнювати їх треба, знов-таки, досить критично, оскільки хворі з діагнозом В-ХЛЛ перебували в клімактеричному, а хворі на ГМЛ М5 — у пізньому репродуктивному віці (65,4±1,3 та 43,4±8,8 років відповідно, див. табл. 1, 3), тобто гормональний статус, на тлі якого розвивався В-ХЛЛ, суттєво відрізнявся від такого у хворих на ГМЛ М5. Втім, це цілком відображає вікові особливості виникнення хронічних і гострих лейкозів. Але, якщо з огляду на зазначене, ми все ж таки порівнюємо результати досліджень, одразу виявимо, що переважна частина лімфоцитів, виділених з крові хворих на В-ХЛЛ, має більші значення ζ -потенціалу, ніж бластні клітини хворих на гострий лейкоз (11,2±0,4 та 9,4±0,5 мВ відповідно, див. табл. 1, 3), причому ці відмінності достовірні ($p < 0,05$). Це також дотично свідчить на користь гіпотези про експресію катіонів на поверхні бластних клітин.

ГМЛ М1. Проведено також дослідження електрокінетичних характеристик бластних клітин, виділених зі зразків крові двох хворих на ГМЛ М1 (бласти без ознак дозрівання), який зустрічається не так часто, як ГМЛ М5, і пацієнта з В-ГЛЛ з коекспресією мієлоїдного антигену CD13 (табл. 5).

Презентувати профілі розподілу клітин для кожного пацієнта індивідуально у такому разі немає сенсу, проте порівняно невеликі значення ζ -потенціалу у лімфоцитів третього пацієнта теоретично можна пояснити або надлишком на клітинній поверхні позитивно заряджених молекул поліамінів, або шедингом частини поліаніонів, що входять до складу глікокаліксу (як-от, наприклад, позаклітинні нуклеїнові кислоти), або ж — прямо чи опосередковано — саме коекспресією мієлоїдного антигену, за рахунок

чого від'ємний СПЗ лімфобластів дещо знизився. Втім, це питання тимчасово залишається відкритим.

В-ЛМЗ. Результати дослідження лімфоцитів двох пацієнтів-чоловіків раннього клімактеричного та однієї жінки менопаузального віку, хворих на В-ЛМЗ, наведено у табл. 6 та 7.

Склад вибірки у цій групі хворих певною мірою залишає відкритим для критики сам факт усереднення результатів (див. табл. 6), проте в усіх трьох представлених у табл. 7 випадках, незалежно від статі пацієнтів, розподіл лімфоцитів за значеннями їх ζ -потенціалу демонструє чітко виражену тенденцію до виникнення його бімодального профілю.

Сам факт наявності бімодального розподілу клітин, чий ζ -потенціал не перевищує 50 мВ, а отже, згідно з даними літератури, — живих клітин [2], свідчить про виникнення субпопуляції лімфоцитів, на зовнішній поверхні яких загальний баланс катіонів та аніонів порушений на користь останніх. Це призводить до збільшення від'ємного СПЗ клітин даної субпопуляції порівняно з основною масою лімфоцитів.

Досліджено лімфоцити пацієнтки 72 років з діагнозом В-ХЛЛ/лімфома з малих лімфоцитів (зразок № 97954). ζ -потенціал її лімфоцитів дорівнював 9,1±1,4 мВ, $q = -(6,6 \pm 1,0) \cdot 10^{-2}$ Кл/м², тобто вони достовірно не відрізнялися від відповідних параметрів інших пацієнтів із неходжкінськими лімфомами (див. табл. 6).

Додатково наводимо результати досліджень електрокінетичних характеристик клітин кісткового мозку чоловіка 43 років (зразок № 98601). Йому встановлено диференційний діагноз

В₁₂/Fe-дефіцитна анемія. Ці клітини мали $\zeta = 11,5 \pm 0,9$ мВ та $q = -(8,3 \pm 0,7) \cdot 10^{-2}$ Кл/м².

Також були досліджені лімфоцити жінки 50 років (зразок № 97963) з підозрою на хронічне лімфопроліферативне захворювання або мієлопроліферативний процес; жоден із цих попередніх діагнозів цитологічно не підтвердився. Лімфоцити зі зразка крові цієї пацієнтки мали $\zeta = 9,1 \pm 0,8$ мВ та $q = -(6,6 \pm 0,6) \cdot 10^{-2}$ Кл/м².

ВИСНОВКИ

1. Для лімфоцитів з крові пацієнтів з діагнозом В-ХЛЛ, які походять зі зрілих В-лімфоцитів перифолікулярної зони периферичної лімфоїдної тканини, виявлено одномодальний профіль розподілу за їх електрокінетичними параметрами, притаманний живим клітинам взагалі.

2. Аналіз розподілу за значеннями ζ -потенціалу лімфоцитів пацієнтів із В-ЛМЗ, що належать до пухлин, які розвиваються з менш зрілих клітин інтерфолікулярної зони — ще до їхнього надходження до зародкових центрів лімфоїдних фолікулів, — демонструє тенденцію до виникнення його бімодального профілю. Другий пік розподілу свідчить про наявність певної кількості клітин з порушеннями іонного балансу їх поверхні на користь аніонів. Теоретично це може бути наслідком процесу лейкоїзації лімфоми.

3. Заслужують на пильну увагу та подальші дослідження порівняльні дані стосовно електрокінетичних характеристик відмінних за рівнем диференціювання бластів при ГМЛ М5 і ГМЛ М1, які походять із різних кровотворних клітин-попередників. Так, бластні клітини без ознак

Таблиця 4. Профілі частотного розподілу за значеннями ζ -потенціалу (мВ) монобластів у зразках крові пацієнтів із ГМЛ М5, %

Стать	0÷3,5 мВ	3,6÷7,0	7,1÷10,5	10,6÷14,0	14,1÷17,5	17,6÷21,0	21,1÷24,5	24,6÷28,0
Чоловіки	0%	19,0±5,4	58,0±12,9	9,0±1,1	6,0±2,2	3,0±3,2	2,0±2,2	4,0±2,5
Жінки	0%	16,7±12,6	60,0±12,6	13,3±13,5	6,7±8,4	0	0	0

Таблиця 5. Електрокінетичні характеристики бластних клітин у зразках крові пацієнтів із деякими іншими формами лейкозів

№ зразка, стать	Діагноз	Вік, років	ζ , мВ	q , $\cdot 10^{-2}$ Кл/м ²
97942, чоловік	ГМЛ М1	23	14,8±0,6	-10,6±0,4
90579, жінка	ГМЛ М1	73	11,7±0,5	-8,4±0,4
97920, чоловік	В-ГЛЛ	40	8,4±1,1	-6,0±0,8

Таблиця 6. Електрокінетичні характеристики лімфоцитів у зразках крові пацієнтів із В-ЛМЗ

№ зразка, стать	Вік, років	ζ , мВ	q , $\cdot 10^{-2}$ Кл/м ²
96464, чоловік	49	9,9±0,8	-7,0±0,6
99520, чоловік	56	10,4±0,8	-7,5±0,6
99510, жінка	59	11,5±1,0	-8,3±0,7
M±n	54,7±4,2	10,6±0,7	-7,6±0,5

Таблиця 7. Профілі частотного розподілу за значеннями ζ -потенціалу (мВ) лімфоцитів у зразках крові пацієнтів з В-ЛМЗ, %

№ зразка, стать	0÷3,5 мВ	3,6÷7,0	7,1÷10,5	10,6÷14,0	14,1÷17,5	17,6÷21,0	21,1÷24,5	24,6÷28,0
96464, чоловік	0%	20	50	10	20	0	0	0
99520, чоловік	0%	25	45	10	15	5	0	0
99510, жінка	0%	10	55	5	20	10	0	0
M±n	0	18,3±6,3	50,0±4,2	8,3±2,1	18,3±2,1	5,0±4,2	0	0

дозрівання (ГМЛ М1) мають у півтора рази більші ζ -потенціал та від'ємний СПЗ, ніж бласти при ГМЛ М5.

4. Показана можливість використання зазначених електрокінетичних параметрів як додаткового джерела інформації про стан клітинної поверхні злоякісно трансформованих клітин із новоутворень кровотворної і лімфоїдної тканин.

ПОДЯКА

Висловлюємо глибоку подяку доктору медичних наук, професору В.О. Шляховенку за технічну допомогу і цінні поради в ході виконання досліджень, а також доктору медичних наук, професору Д.Ф. Глузману за наукові консультації та практичне сприяння при підготовці статті до друку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Богуславский Л.И. (1978) О природе скачка потенциала на границе раздела бислоиной мембраны с водным раствором электролита. Биоэлектрохимические явления и граница раздела фаз. Наука, Москва, 360 с. (III): 219–238.

2. Иенсен Г.-Л. (1979) Электрофорез клеток. Иммунологические методы. Под ред.: Х. Фримеля. Мир, Москва, 296 с.: 195–208.

3. Garmanchouk L.V., Pyasovskaya O.N., Yanish Yu. et al. (2005) Influence of aconitine-containing herbal extract BC 1 on proliferative and electrokinetic characteristics of endothelial cells. *Exp. Oncol.*, 27(4): 262–266.

4. Олішевський С.В., Яніш Ю.В., Козак В.В., Шляховенко В.О. (2005) Вплив бактеріальної CpG-ДНК на електрокінетичний потенціал імунної системи мишей. *Доп. НАНУ*, (11): 178–182.

5. Lukianova N.Yu., Naleskina L.A., Bezdenezhnykh N.O. et al. (2013) Reactive changes of cytophysiological properties, molecular-biological profile and functional metabolic status of cells in vitro with different sensitivity to cytostatic agents under the influence of magnetic fluid. *Canc. Res. J.*, 1(1): 7–14.

6. Janisch Yu.V., Artamonova A.B., Shlyakhovenko V.A. (2013) Glycopeptide vaccine on DNA-histone carrier and its impact on ζ -potential of effector cells during experimental treatment of lymphoblastic leukemia. *Exp. Oncol.*, 35(3): 198–201.

7. Яніш Ю.В., Гончар М.В., Артамонова А.Б., Карнаушенко О.В. (2015) Вплив модуляторів рівня аргініну і поліамінів на метаболічну активність макрофагів, цитолітичну активність спленоцитів та їх електрокінетичні властивості у мишей з лейкозом L 1210. *Клін. Онкол.*, 2(18): 47–51.

8. Яніш Ю.В., Гончар М.В., Гоголь С.В. та ін. (2015) Вплив модуляторів метаболізму аргініну і поліамінів на поверхневий електричний заряд клітин карциноми легені Lewis (LLC) *in vivo* та на їх проліферативну активність у культурі. *Клін. Онкол.*, 2(18): 52–54.

9. Новиченко Н.Л., Струк В.И. (1985) Аналитический микроэлектрофорез клеток и пути его использования в онкологических исследованиях. *Эксп. Онкол.*, 7(3): 21–26.

10. Фёдорова И.М. (1989) Применение метода клеточного электрофореза для изучения субпопуляционного состава лимфоцитов и оценки специфичности антилимфоцитарных моноклональных антител. *Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.*, 20 с.

11. Орёл В.Э., Алексеев С.Б., Гриневич Ю.А. (1991) Изучение механолюминесценции лимфоцитов при опухолевом процессе. *Эксп. Онкол.*, 13(6): 71–73.

12. Алексеев С.Б. (1994) Электрооптические показатели функционального состояния поверхности лимфоцитов при опухолевом росте. *Дис. ... канд. биол. наук. К.*, 157 с.: 19.

13. Bondar O.V., Saifullina D.V., Shakhmaeva I.I. et al. (2012) Monitoring of the Zeta Potential of Human Cells upon Reduction in Their Viability and Interaction with Polymers. *Acta. Nat.*, 4(1): 78–81.

14. Akagi T., Kato K., Hanamura N. et al. (2014) Evaluation of desialylation effect on zeta potential of extracellular vesicles secreted from human prostate cancer cells by on-chip microcapillary electrophoresis. *Jap. J. Appl. Physics*, 53: 06JL01.

15. Swerdlov S.H., Campo E., Pileri S.A. et al. (2016) The 2016 revision of the World Health Organization classification of lymphoid neoplasms. *Blood*, 127(20): 2375–2390.

16. Глузман Д.Ф., Скляренко Л.М., Коваль С.В. и др. (2017) Диагностика опухолей кроветворной и лимфоидной тканей (по материалам классификации ВОЗ). *ДИА*, Киев, 64 с.

Электрокинетические характеристики лимфоидных клеток пациентов с хроническими и острыми лейкозами и неходжкинскими лимфомами

Ю.В. Яніш, С.П. Залеток, Л.М. Скляренко

Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины, Киев

Резюме. Исследованы ζ -потенциал и поверхностный электрический заряд лимфоцитов пациентов с хроническим лимфолейкозом, лимфомой из клеток мантии в фазе лейкоэмизации и бластных клеток пациентов с острым миелоидным лейкозом. Выдвинуто предположение об отличиях катионов на поверхности трансформированных клеток. Отмечено появление лимфоцитарной субпопуляции с нарушениями поверхностного ионного баланса во время или вследствие лейкоэмизации В-клеточной лимфомы из клеток мантийной зоны.

Ключевые слова: ζ -потенциал, поверхностный электрический заряд, хронический лимфолейкоз, острый миелоидный лейкоз, неходжкинская лимфома, В-лимфоцит, монобласт, миелобласт.

Electrokinetic characteristics of lymphoid cells in patients with chronic and acute leukemia and non-Hodgkin's lymphomas

Y.V. Yanish, S.P. Zaletok, L.M. Sklyarenko

R.E. Kavetsky Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology, NAS of Ukraine, Kyiv

Summary. The ζ -potential and surface electric charge of lymphocytes of patients with chronic lymphatic leukemia, lymphoma from the cells of mantle zone in phase of leukemization, and blast cells of patients with acute myeloid leukemia have been studied. The assumption of cationic distinctions on the surface of the transformed cells has been advanced. The appearance of lymphocytes subpopulation with violations of the surface ionic balance during or as a result of leukemization of the B-cells lymphoma from the mantle zone cells was noted.

Key words: ζ -potential, surface electric charge, chronic lymphocytic leukemia, acute myeloid leukemia, non-Hodgkin's lymphoma, B-lymphocyte, monoblast, myeloblast.