

## ВПЛИВ ЛІПІДНОГО СПЕКТРА НА ВЕЛИЧИНУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗАРЯДУ АТЕРОСКЛЕРОТИЧНИХ УРАЖЕНЬ

*Одеський державний медичний університет,  
Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова*

Відомо, що ліпіди атеросклеротичних уражень на стадії фіброзної бляшки при температурі внутрішнього середовища організму перебувають у рідинно-кристалічному стані [1; 2]. Рідинно-кристалічні утворення інтими та підінтимального простору ідентифіковані як багатокомпонентні суміші, які містять вільний холестерин та його ефіри (ВХС, ЕХС) (80 %), фосфоліпіди (ФЛ) (20 %) та невелику кількість вільних жирних кислот (ВЖК) [3–5]. Існування фазових станів у внутрішній оболонці артерій, уражених атеросклерозом, було підтверджено дослідженням свіжих атеросклеротичних уражень людини [2; 6]. Рідинно-кристалічні ліпіди вважаються сегнетоелектриками, тобто вони здатні до спонтанної поляризації та самоорганізації дипольних молекул [7; 8].

Метою нашого дослідження був розрахунок величини електричного заряду ліпідних ядер атеросклеротичних уражень.

### Матеріали та методи дослідження

У 33 хворих на атеросклероз чоловіків віком 47–65 років методом вольт-фарадних характеристик (ВФХ) досліджували поверхневу й об'ємну концентрацію активних електрично заряджених центрів

препаратів інтимальної оболонки артерій. Також досліджували ліпідний спектр атеросклеротичних уражень. Фрагменти артерій нижніх кінцівок одержували під час хірургічного втручання з приводу облітеруючого атеросклерозу. Вивчали тонкі зрізи стінок судин завтовшки 10 мкм, поміщені між провідними електродами. Електроди було виготовлено з накривних стікол з нанесеним прозорим провідним шаром оксиду індію й олова з питомим опором не більше 0,2 Ом·м.

За допомогою цифрового вимірювача індуктивності, ємності й опору типу Е7-8 на частоті 1000 Гц у діапазоні 0–5 В визначали ВФХ, які являють собою залежність електричної ємності зразка від прикладеної напруги. Величину електричного заряду розраховували як тангенс кута  $\alpha$  — нахилу лінійної ділянки графіка залежності ємності зразка від зворотної напруги поля. Ліпідний спектр препаратів судинної стінки визначали методом тонкошарової хроматографії на пластинках “Silufol” UV-254 фірми “Chemapol”. Показники записували на відеоденситометрі «Телехром» (ФРН). Статистичну обробку отриманих результатів виконували з використанням методів описової статистики з визначенням се-

редніх значень, стандартних відхилень, парного критерію Стьюдента.

### Результати дослідження та їх обговорення

За результатами гістологічного дослідження, вивчені фрагменти артерій знаходилися на стадії фіброзної бляшки. Проте частковий вміст ВХС та ЕХС, за даними тонкошарової хроматографії (табл. 1), відрізнялися. У 49 % хворих вміст ВХС та ЕХС становив більше 50 %. У 60,6 % хворих переважав частковий вміст ВХС, у 12,5 % цих хворих вміст його переважав 50 %. У 39,4 % хворих переважав частковий вміст ЕХС. Таким чином, фіброзні бляшки різних пацієнтів відрізнялися за частковим вмістом ВХС та ЕХС.

Графіки залежності електричної ємності зразків від прикладеної напруги електричного поля подані трьома основ-

Таблиця 1  
Частковий вміст фракцій ліпідів у ділянках інтимальної оболонки артерій на стадії фіброзної бляшки, М±m

Показник	Частковий вміст, %
ФЛ	16,37±1,54
ВЖК	7,16±0,68
ТГ	20,43±2,58
ВХС	29,66±2,36
ЕХС	24,74±2,69

Величина електричного заряду до і після переключення

Тип кривої	I		II		III	
Величина заряду, $10^{-4}$ Кл	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)
	$0,45 \pm 0,06^*$	$0,060 \pm 0,008^*$	$0,188 \pm 0,012^*$	$0,038 \pm 0,008^*$	$0,125 \pm 0,036^*$	$0,0005 \pm 0^*$
ВХС, %	$28,69 \pm 1,98$		$35,99 \pm 5,57$		$34,92 \pm 10,92$	
ЕХС, %	$26,49 \pm 3,04^*$		$8,35 \pm 1,19^{**}$		$34,36 \pm 7,44^{**}$	
ФЛ, %	$15,09 \pm 2,24$		$12,59 \pm 4,6$		$14,51 \pm 3,24$	
ТГ, %	$19,80 \pm 2,59^{**}$		$35,97 \pm 6,63^{**}$		$6,05 \pm 1,38^{**}$	
ВЖК, %	$6,61 \pm 0,76$		$4,56 \pm 0,56$		$5,26 \pm 0,93$	

Примітка. (+) — знак тангенса нахилу кута  $\alpha$ ; (-) — знак тангенса нахилу кута  $\alpha$ ; \* —  $P < 0,01$ ; \*\* —  $P < 0,05$ .

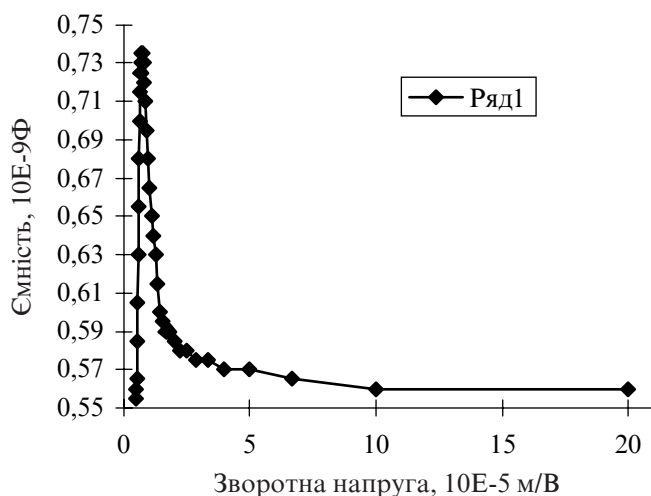


Рис. 1. Залежність ємності від зворотної напруги прикладеного електричного поля. Тип I

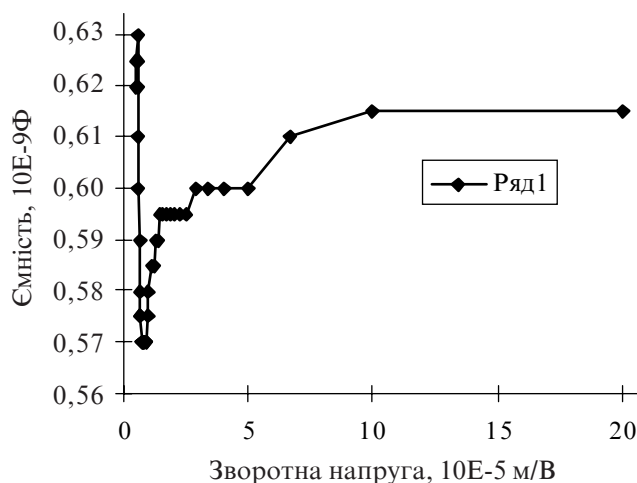


Рис. 2. Залежність ємності від зворотної напруги прикладеного електричного поля. Тип II

ними типами, які характеризуються різною величиною електричного заряду (табл. 2) та вірогідно різним частковим вмістом ЕХС та ТГ, тимчасом як вірогідної різниці в частковому вмісті ВХС не виявлено. У 67 % випадків після різкого наростання ємності відбулася зміна напрямлення росту кривої (рис. 1). У 15 % випадків криві мають дзеркально відбиту форму, а саме, точка максимуму трансформується в точку мінімуму (рис. 2). Останній тип кривих характеризується відсутністю точки зміни знака заряду. Найбільш імовірно, що при високому частковому вмісті ЕХС напруги електричного поля, які здатні

спричинити зміну знака заряду, знаходилися за межами розглянутого діапазону (рис. 3).

Аналіз кореляційної залежності між вмістом різних фракцій ліпідів та величиною електричного заряду, який накопичується на пластинах конденсатора (табл. 3), показав наявність прямої кореляційної залежності з високим ступенем вірогідності між частковим вмістом ЕХС та величиною електричного заряду до переключення. Слабкий ступінь кореляції існує також між частковим вмістом ТГ та ВЖК. Негативний слабкий кореляційний зв'язок існує також між частковим вмістом ВХС та величиною електричного заряду.

Рідинно-кристалічний стан є визначальним для величини діелектричної проникності. Відомо, що ВХС має незначну величину діелектричної проникності, але при вбудуванні кристалів ХС в рідинно-кристалічні ЕХС формується упорядкований стан, діелектрична проникність якого збільшується в багато разів [8; 9].

### Висновки

Таким чином, атеросклеротична бляшка (її ліпідне ядро) здатна накопичувати електричний заряд, величина якого корелює практично з усіма складовими багатокomпонентної ліпідної суміші, проте найбільший зв'язок існує з частковим вмістом ЕХС.

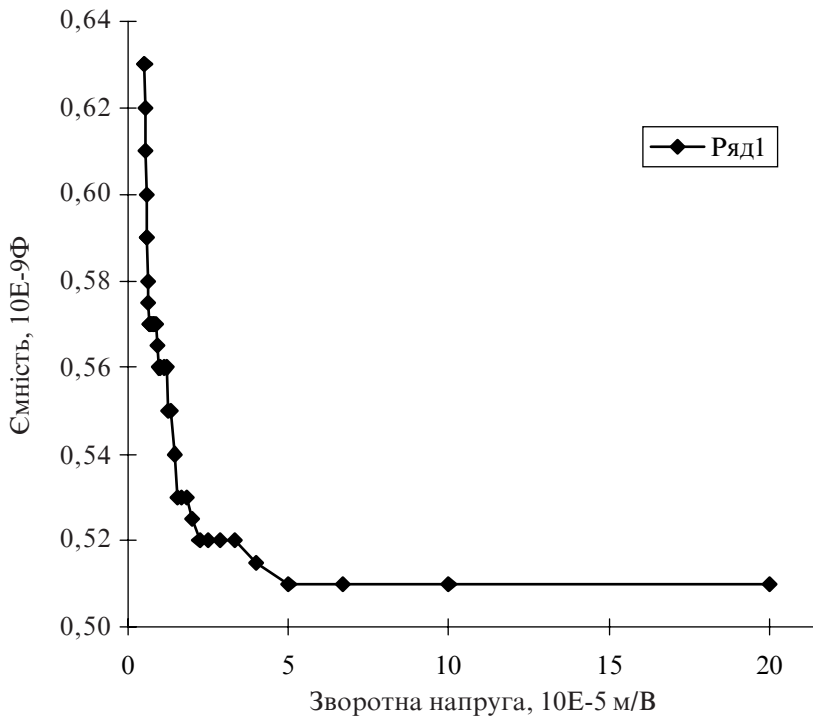


Рис. 3. Залежність ємності від зворотної напруги прикладеного електричного поля. Тип III

Таблиця 3

Коефіцієнти кореляційної залежності між вмістом різних фракцій ліпідів та величиною електричного заряду, який накопичується на пластинах конденсатора

ФЛ		ВХС		ЕХС		ВЖК		ТГ	
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
-0,07	0,14	0,03	-0,3	0,44	0,14	0,29	0,3	0,3	0,008

Примітка. (+) — знак тангенса нахилу кута  $\alpha$ ; (-) — знак тангенса нахилу кута  $\alpha$ .

1. Мишч Р. И., Кононенко Е. В. Жидкие кристаллы (мезофазы) в организме человека // Архив патологии. — 1981. — № 7. — С. 3-12.

2. Поляков А. Е. Липиды, атеросклероз и тромбоз / Одес. гос. мед. ун-т МЗ Украины. — Одесса: АОЗТ ИРТЭНТТ, 1997. — 207 с.

3. Аболмасов А. Н. Состояние атеросклеротической бляшки и развитие острого коронарного синдрома // Укр. кардиолог. журнал. — 2001. — № 2. — С. 133-135.

4. Glass C. K., Witztum J. L. Atherosclerosis: the road ahead // Cell. — 2001. — Vol. 104. — P. 503-516.

5. Thompson G. R. Руководство по гиперлипидемии. — Белград: Merk & Co, 1991. — 255 p.

6. Ковальчук Л. І. Стан електричної поляризації рідинно-кристалічних ліпідів атеросклеротичних формувань // Одес. мед. журнал. — 2003. — № 3. — С. 38-39.

7. Kornienko Y. K., Fedchuk O. P., Barynyak E. M. Orientational self-organization in nematic thin film layer sandwiched between conducting isotropic substrates // Smart materials and structures. — 1998. — Vol. 7. — P. 894-898.

8. Riley K. F., Hobson M. P., Bence S. J. Mathematical methods for physics and engineering. — Cambridge: University Press, 2002. — 1232 p.

9. Поплавко Ю. М. Физика диэлектриков. — К.: Вища шк., 1980. — 398 с.

УДК 616.13.-004.6.-092:577.352.5

А. Є. Поляков, Л. І. Ковальчук, О. П. Федчук

#### ВПЛИВ ЛІПІДНОГО СПЕКТРА НА ВЕЛИЧИНУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗАРЯДУ АТЕРОСКЛЕРОТИЧНИХ УРАЖЕНЬ

Для визначення впливу ліпідного спектра атеросклеротичних уражень на величину електричного заряду, який накопичується на пластинах конденсатора, використували метод вольт-фарадних характеристик. Показано, що криві залежності електричної ємності зразків від прикладеної напруги електричного поля представлені трьома основними типами, які характеризуються різною величиною електричного заряду та вірогідною різницею між частковим вмістом ВХС і ЕХС. Кореляційний аналіз показав, що найбільший ступінь позитивної кореляційної залежності існує між величиною електричного заряду і частковим вмістом ЕХС. Таким чином, електричний заряд ліпідного ядра атеросклеротичної бляшки, в основному, залежить від часткового вмісту ЕХС.

**Ключові слова:** рідкокристалічні ліпіди, сегнетоелектричні властивості, електричний заряд.

UDC 616.13.-004.6.-092:577.352.5

A. Ye. Polyakov, L. I. Kovalchuk, O. P. Fedchuk

#### INFLUENCE OF THE LIPID SPECTRUM ON THE ELECTRIC CHARGE VALUE OF ATHEROSCLEROTIC LESIONS

It was shown that the lipids of human arterial walls under the temperature of the internal habitat of the organism are found to be in liquid-crystalline state and demonstrate ferroelectric properties. The scope of this study is the calculation of electric charge value of atherosclerotic lesions' lipid nucleus. The capacitance-voltage characteristics of arterial walls specimens were studied. The lipid spectrum was investigated by method of thin-layer chromatography. It was shown that atherosclerotic plates are distinguished by lengthwise content of cholesterol and its ethers. The abrupt change of C-V characteristics linear parts inclination was registered after their sharp growth in most cases. The maximum point was transformed to minimum point in the specimens with high level of cholesterol. The point of switch was absent in specimens with high level of cholesterol ethers in the range studied. It was revealed that electric charge value connect with lengthwise content of cholesterol ethers, but cholesterol enlarge the range of electric charge value.

**Key words:** liquid-crystalline lipids, ferroelectric properties, electric charge.