

**КОРЕКЦІЯ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ В ОСІБ З АРТЕРІАЛЬНОЮ ГІПЕРТЕНЗІЄЮ НА ФОНІ ДОЗОВАНОГО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ****І.С. Дроник, Р.Я. Дутка, Р.С. Пшик, Н.В. Чмир, С.С. Рогуля**

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна

**Ключові слова:** дієнові кон'югати, малоновий альдегід, вітамін Е, селен, фізичне навантаження, артеріальна гіпертензія.

Буковинський медичний вісник. 2023. Т. 27, № 2 (106). С. 28-35.

**DOI:** 10.24061/2413-0737.27.2.106.2023.5

**E-mail:** dronyk@gmail.com

**Резюме. Актуальність.** Артеріальна гіпертензія є патогенетичним фактором великої кількості серцево-судинних захворювань та причин передчасної смерті та інвалідизації населення.

**Мета дослідження** – визначити та порівняти вміст дієнових кон'югатів, малонового альдегіду плазми та його активної форми, вітаміну Е плазми та селену крові у пацієнтів з артеріальною гіпертензією II стадії до та після дозованого фізичного навантаження до та після прийому вітаміну Е та селену.

**Матеріал і методи.** Шістдесят пацієнтів з артеріальною гіпертензією II стадії та 30 практично здорових осіб. Обстежувані особи виконували на велоергометрі двоступеневе фізичне навантаження з інтенсивністю, яка відповідала 50 і 75 % належного максимального споживання кисню організмом. Тривалість навантаження дорівнювала 5 хв на кожному ступені з трихвилинним відпочинком між ними. Забір крові з ліктьової вени проводився перед велоергометрією та через 5хв після неї. У пацієнтів до та після фізичного навантаження визначали вміст дієнових кон'югатів, малонового альдегіду плазми та його активної форми вітаміну Е плазми та селену крові. Обстеження проводилось двічі – до та після прийому вітаміну Е та селену.

**Результати.** Оскільки негайною відповіддю на велоергометрію є зміни рівня дієнових кон'югатів плазми та еритроцитів, малонового альдегіду плазми (підвищення), можна припустити, що саме вони беруть участь у формуванні первинної компенсаторної реакції у відповідь на фізичне напруження в осіб з артеріальною гіпертензією. Таким чином, нижчий рівень дієнових кон'югатів плазми та еритроцитів, малонового альдегіду плазми свідчить про покращення антиоксидантного захисту в пацієнтів з артеріальною гіпертензією після прийому вітаміну Е та селену як до, так і після фізичного навантаження.

**CORRECTION OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM IN PEOPLE WITH ARTERIAL HYPERTENSION AGAINST THE BACKGROUND OF DOSED PHYSICAL ACTIVITY****I.S. Dronyk, R.Y. Dutka, R.S. Pshyk, N.V. Chmyr, S.S. Rohulia**

**Key words:** diene conjugates, malondialdehyde, vitamin E, selenium, exercise, arterial hypertension.

Bukovinian Medical Herald.

2023. V. 27, № 2 (106). P. 28-35.

**Resume. This study aims to determine and compare the content of diene conjugates, plasma malondialdehyde and its active form, plasma vitamin E and blood selenium in patients with stage II hypertension before and after dosed exercise before and after taking vitamin E and selenium.**

**Conclusions.** Since the immediate response to bicycle ergometry is changes in the level of diene conjugates of plasma and erythrocytes and malondialdehyde of plasma (increase), it can be assumed that they are involved in the formation of the primary compensatory reaction in response to physical exertion in individuals with arterial hypertension. Thus, lower levels of plasma and erythrocyte diene conjugates and plasma malondialdehyde suggest improved antioxidant defense in hypertensive patients after vitamin E and selenium supplementation both before and after exercise.

**Вступ.** Серед множинних чинників патології людини важливим є вплив оксидантів, які запускають патофізіологічний каскад формування численних захворювань. Накопичення прооксидантів відбувається двома шляхами: ендогенним та

екзогенним. Ендогенні вільні радикали утворюються внаслідок імунної активації клітин, запалення, інфекції, ішемії, старіння, значного фізичного навантаження, навіть психічного стресу, захворювань із метаболічними порушеннями та інших причин.

Джерелом екзогенних вільних радикалів є іонізуюча радіація, сигаретний дим, солі важких металів, забруднення навколишнього середовища, харчові консерванти та ін. Для протидії окисному стресу провідне значення має антиоксидантна система захисту (АОЗ). Це молекули, які діють на вільні радикали з метою протистояти їхнім ефектам, що пошкоджують клітини та відповідно тканини організму [1, 2]. Антиоксиданти поділяють на жиророзчинні і водорозчинні. До першої групи належить вітамін групи Е (токоферол) – основний антиоксидант біологічних мембран; вітаміни групи К, вітамін А і його провітамін Р-каротин; білірубін; стероїдні гормони та ін. До водорозчинних антиоксидантів відноситься перш за все вітамін С (аскорбінова кислота), а також глутатіон, сірковмісні амінокислоти, сечова кислота, цистеїн, селен та інші. Доведено підвищення рівня вільних радикалів при ішемічній хворобі серця, артеріальній гіпертензії та прогресуванні серцевої недостатності. Для оцінювання оптимальної захисної спроможності організму необхідно комплексно вивчати компоненти антиоксидантної системи з огляду на їхню можливість діяти у взаємодії або протистояти один одному, підсилюючи ефекти захисту або пошкодження клітин залежно від конкретних патологічних станів. У клінічній практиці доцільно своєчасно аналізувати показники, що відображають процеси вільнорадикального окиснення та антиоксидантного захисту, проводити їхній моніторинг у динаміці перебігу захворювання з метою своєчасного залучення превентивних заходів стосовно розвитку ускладнень та призначення адекватної корекції [2-4].

Вітамін Е є найважливішим ліофільним антиоксидантом в організмі і знаходиться у клітинних мембранах. Його антиоксидантна активність проявляється переважно у взаємодії з перекисними сполуками органічної природи. Фенольні радикали токоферолів можуть здійснювати обрив ланцюга при взаємодії з перекисними радикалами жирних кислот [3, 5].

Селен в організмі, в основному, входить до складу цистеїну. Важливу роль в АОЗ також відіграє фермент селен-залежна глутатіонпероксидаза (ГПО) та порушення її активності при окисних стресорних реакціях, оскільки ГПО регулює рівень вільнорадикального окиснення шляхом руйнування токсичних гідропероксидів і захисту мембран від їх шкідливої дії. Існує думка, що селен посилює антиоксидантну активність вітаміну Е при їх одночасному застосуванні [3, 5].

ДК (дієнові кон'югати) є первинними продуктами перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ). Це токсичні метаболіти, які руйнують ліпопротеїди, білки, нуклеїнові кислоти та ферменти. Під час вільнорадикального окиснення арахідонової кислоти відбувається відрив водню, що призводить до переміщення цього подвійного зв'язку з утворенням ДК [5].

ТБК (тіобарбітурова кислота)-активні продукти є

пізними метаболітами ПОЛ, і їх концентрація слугує його ефективним маркером і непрямим показником активності вільнорадикальних форм кисню. Основним компонентом ТБК-активних продуктів - малоновий альдегід (МА). Це реакційноздатний електрофільний альдегід, хімічно активний і токсичний, який є одним із багатьох активних сполук, що викликають токсичний стрес в клітинах. МА володіє здатністю реагувати з дезоксиаденозином і дезоксигуанозином, що призводить до утворення ДНК-адуктів, які визначаються як мутагени [3, 6].

Для моделювання стресу та виявлення дефектів, які призводять до розвитку патологічних процесів, включаючи і АГ, можна застосовувати дозоване фізичне навантаження (велоергометрію) [7-10].

**Мета роботи** – визначити та порівняти вміст дієнових кон'югатів, малонового альдегіду плазми та його активної форми, вітаміну Е плазми та селену крові у пацієнтів з артеріальною гіпертензією II стадії до та після дозованого фізичного навантаження, до та після прийому вітаміну Е та селену.

**Матеріал і методи.** Обстежено 60 пацієнтів з артеріальною гіпертензією II стадії (дослідна група – 40 чоловіків та 20 жінок) та 30 практично здорових осіб (контрольна група – 20 чоловіків та 10 жінок).

Контрольна та дослідна групи зіставимі поміж собою за віком, масою тіла та ростом (табл.1).

Обстежувані особи виконували на велоергометрії двоступеневе фізичне навантаження з інтенсивністю, яка відповідала 50 і 75 % належного максимального споживання кисню (МСК) організмом. Тривалість навантаження дорівнювала 5 хв на кожному ступені з трихвилинним відпочинком між ними.

Усі обстежувані приймали вітамін Е (100 мг) і «Неоселен» (1 ст. л. розчину вмісту 1 флакона (10 мл), який попередньо розчиняють у 1 л води) на добу протягом 1 місяця. Хворі приймали лізіноприл 10 мг на добу.

Забір крові з ліктьової вени проводився перед велоергометрією та через 5 хв після неї. У пацієнтів до та після фізичного навантаження визначали вміст дієнових кон'югатів плазми та еритроцитів, малонового альдегіду плазми та його активної форми, вітаміну Е плазми та селену крові. Обстеження проводилось двічі – до та після прийому вітаміну Е та селену.

Кількість вітаміну Е визначали в плазмі крові за допомогою спектрофлюориметричного методу шляхом осадження гексаном. Максимум поглинання комплексу припадає на 233 нм. Як антикоагулянт використовували розчин ЕДТА (заодно він інгібітор вільнорадикального окиснення) з розрахунку 1мг/1мл.

Малоновий альдегід визначали за методом Р.А. Тімірбулатова (оптичну щільність визначали на довжині хвилі 535 нм на спектрофотометрі).

Проводили також визначення дієнових кон'югатів у плазмі крові та в еритроцитах за допомогою спектрофотометричного способу з використанням гептану, ізопропілового спирту і соляної кислоти. Спектрофотометрія проводилася на довжині хвилі 233 нм.

Загальна характеристика груп дослідження

Ознака	Контрольна група	Дослідна група	p
Вік, роки	29,46±1,46	42,10±1,77	>0,05
Маса тіла, кг	74,65±1,73	87,55±0,90	>0,05
Ріст, см	173,89±1,03	171,92±1,26	>0,05

Рівень селену в крові визначали за допомогою флуориметричного методу. В основі методу лежить реакція між селеном і 2,3-діамінонафталеном (ДАН), яка за наявності метилоранжу і значенні рН близько 3 проходить з утворенням ДАН-селенового комплексу. Максимум поглинання комплексу припадає на 525 нм (шкалу екстинкцій встановлюють на 364 нм) [12].

Статистичну обробку отриманих результатів проводили на персональному комп'ютері з використанням програм «Microsoft Excel» та «Statistica». Оцінка вірогідності різниці між групами, що порівнювалися, здійснювалася за допомогою використання парного критерію Стьюдента і критерію Вілкоксона. Статистично достовірною різницею вважали за умов  $p < 0,05$ . Вираховували середнє значення величин (M) та стандартну похибку (m).

#### Результати досліджень та їх обговорення

Контрольна та дослідна групи були зіставимі між собою за віком, масою тіла, ростом та індексом маси тіла (ІМТ). У пацієнтів обох груп відзначена надлишкова маса тіла (ІМТ > 25,0).

У рамках дослідження проаналізовано низку біохімічних показників венозної крові: вміст дієнових кон'югатів плазми та еритроцитів, малонового альдегіду плазми та його активної форми, вітаміну Е плазми та селену крові. Дані показники досліджувались у пацієнтів обох груп до та після фізичного навантаження, а в дослідній групі також до і після прийому вітаміну Е та селену.

Нами виявлено достовірну різницю між показниками після навантаження у межах груп, в аналогічний період до та після прийому антиоксидантів, а також між показниками в аналогічний період поміж контрольною та дослідною групами (таб. 2).

Встановлено достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) між рівнями дієнових кон'югатів еритроцитів у пацієнтів контрольної групи до та після фізичного навантаження (рис.1).

Рівень дієнових кон'югатів еритроцитів у пацієнтів контрольної групи після фізичного навантаження зріс: до навантаження цей показник склав  $1,5 \pm 0,08$  од/л, після – відповідно  $1,8 \pm 0,10$  од/л.

У пацієнтів дослідної групи виявлено достовірну відмінність ( $p < 0,05$ ) між рівнем малонового альдегіду плазми до та після фізичного навантаження до початку лікування – його рівень зріс відповідно з 1,78 до 2,2 мкмоль/л.

Виявлено також достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) між рівнями дієнових кон'югатів плазми, дієнових кон'югатів еритроцитів, малонового альдегіду плазми у пацієнтів дослідної групи до фізичного навантаження до і після проведеного лікування (рис.2).

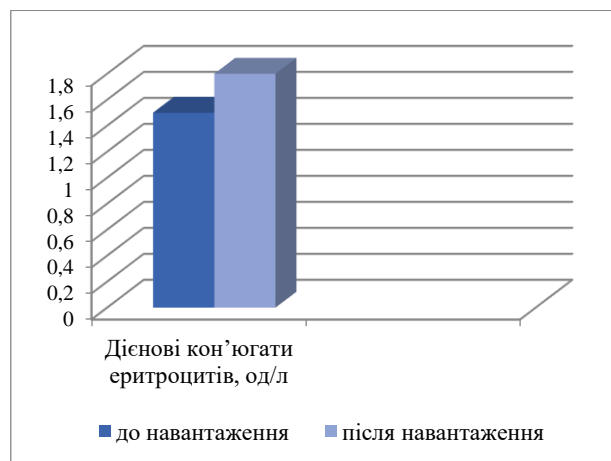


Рис. 1. Дієнові кон'югати еритроцитів у пацієнтів контрольної групи до та після фізичного навантаження

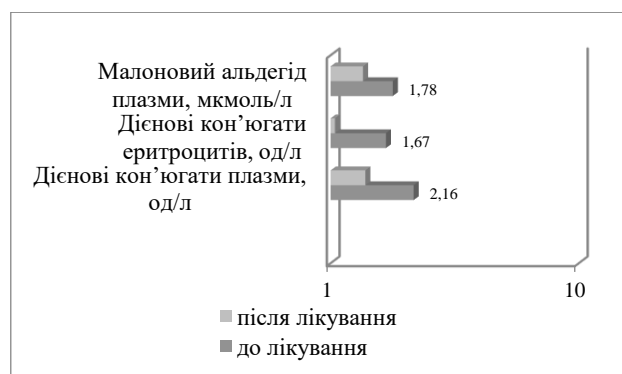


Рис. 2. Біохімічні показники венозної крові, значення яких достовірно відрізнялись ( $p < 0,05$ ), у пацієнтів дослідної групи до фізичного навантаження до та після прийому антиоксидантів

У пацієнтів дослідної групи після лікування до фізичного навантаження рівні дієнових кон'югатів плазми і еритроцитів та малонового альдегіду після прийому вітаміну Е та селену знизилися (з  $2,16 \pm 0,10$  до  $1,38 \pm 0,09$  мкмоль/л, з  $1,67 \pm 0,08$  до  $1,04 \pm 0,07$  мкмоль/л та з  $1,78 \pm 0,09$  до  $1,35 \pm 0,10$  мкмоль/л відповідно).

Достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) встановлено і між рівнями даних показників після фізичного навантаження до і після прийому антиоксидантів (рис. 3). Тенденції зміни значень показників виявились аналогічними до таких у пацієнтів дослідної групи до фізичного навантаження.

Також наявна достовірна різниця ( $p < 0,05$ ) між рівнями небілкових сульфгідрильних груп еритроцитів, активної форми малонового альдегіду плазми, вітаміну Е плазми та селену крові поміж контрольною групою

до фізичного навантаження і дослідною групою до фізичного навантаження до прийому антиоксидантів (рис. 4).

Відзначені достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) між рівнями вищевказаних показників поміж контрольною та дослідною групою і після фізичного навантаження, окрім того – і між рівнями дієвих кон'югатів еритроцитів, та малонового альдегіду (рис.5).

Встановлено також достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) між рівнями дієвих кон'югатів плазми, дієвих кон'югатів еритроцитів, малонового альдегіду плазми, вітаміну Е плазми та селену крові поміж контрольною групою до фізичного навантаження та дослідною групою до фізичного навантаження після прийому антиоксидантів (рис. 6).

Відзначені достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) між рівнями вищевказаних показників поміж контрольною та дослідною групою і після фізичного навантаження, окрім того – і між рівнями активної форми малонового альдегіду (рис. 7).

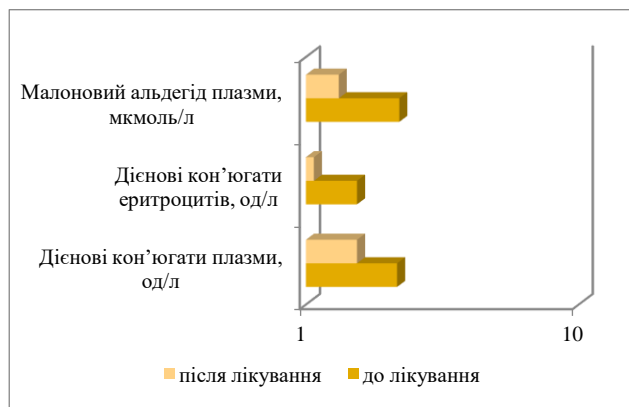


Рис. 3. Біохімічні показники венозної крові, значення яких достовірно відрізнялись ( $p < 0,05$ ), у пацієнтів дослідної групи після фізичного навантаження до та після прийому вітаміну Е та селену



Рис. 4. Біохімічні показники венозної крові, значення яких достовірно відрізнялись ( $p < 0,05$ ), у пацієнтів контрольної групи до фізичного навантаження та у пацієнтів дослідної групи до прийому антиоксидантів до фізичного навантаження

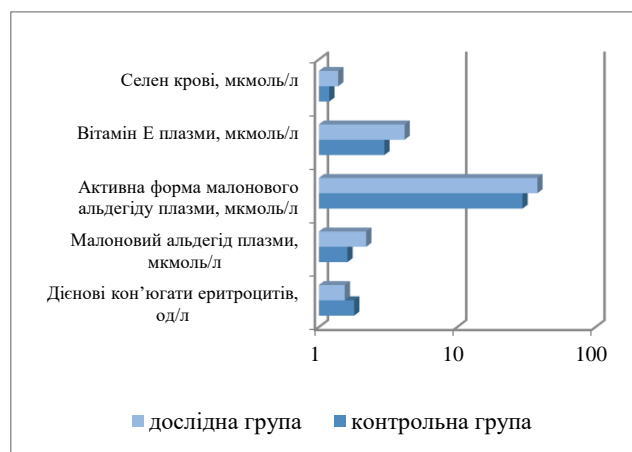


Рис. 5. Біохімічні показники венозної крові, значення яких достовірно відрізнялись ( $p < 0,05$ ), у пацієнтів контрольної після фізичного навантаження та дослідної групи після фізичного навантаження до прийому антиоксидантів



Рис. 6. Біохімічні показники венозної крові, значення яких достовірно відрізнялись ( $p < 0,05$ ), у пацієнтів контрольної групи до фізичного навантаження та у пацієнтів дослідної групи до фізичного навантаження після прийому антиоксидантів

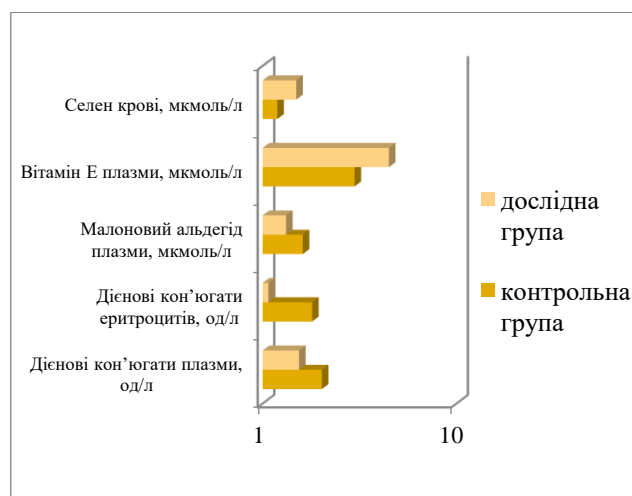


Рис. 7. Біохімічні показники венозної крові, значення яких достовірно відрізнялись ( $p < 0,05$ ), у пацієнтів контрольної після фізичного навантаження та дослідної групи після фізичного навантаження після прийому антиоксидантів

## Оригінальні дослідження

Таблиця 2

## Біохімічні показники венозної крові пацієнтів контрольної і дослідної груп і їх зміни після фізичного навантаження та лікування

Показники	Контрольна група		Дослідна група			
	до навантаження	після навантаження	до лікування		після лікування	
			до навантаження	після навантаження	до навантаження	після навантаження
Дієнові кон'югати плазми, од/л	1,98±0,11	2,02±0,11	2,16±0,10	2,16±0,11	1,38±0,09 <sup>aa##</sup>	1,54±0,11 <sup>aa##</sup>
Дієнові кон'югати еритроцитів, од/л	1,50±0,08	1,80±0,10*	1,67±0,08	1,54±0,07#	1,04±0,07 <sup>aa##</sup>	1,07±0,06 <sup>aa##</sup>
Малоновий альдегід плазми, мкмоль/л	1,78±0,10	1,61±0,09	1,78±0,09	2,20±0,11 <sup>**##</sup>	1,35±0,10 <sup>aa##</sup>	1,32±0,10 <sup>aa#</sup>
Активна форма малонового альдегіду плазми, мкмоль/л	31,32±1,64	29,68±1,55	37,77±1,78#	38,02±1,80##	35,59±2,60	36,51±2,54#
Вітамін Е плазми, мкмоль/л	2,85±0,16	2,98±0,16	3,90±0,17##	4,17±0,20##	4,15±0,28##	4,48±0,31##
Селен крові, мкмоль/л	1,18±0,06	1,19±0,05	1,38±0,07#	1,42±0,07##	1,48±0,08##	1,49±0,10#

Примітка: \* – наявна достовірна різниця ( $p < 0,05$ ) після навантаження у межах групи;

\*\* – наявна достовірна різниця ( $p < 0,01$ ) після навантаження у межах групи;

a – наявна достовірна різниця ( $p < 0,05$ ) поміж показниками в аналогічний період до і після лікування;

aa – наявна достовірна різниця ( $p < 0,01$ ) поміж показниками в аналогічний період до і після лікування;

# – наявна достовірна різниця ( $p < 0,05$ ) між показниками в аналогічний період поміж контрольною і дослідною групами;

## – наявна достовірна різниця ( $p < 0,01$ ) між показниками в аналогічний період поміж контрольною і дослідною групами.

Порівнюючи показники контрольної та дослідної груп до і після фізичного навантаження (у випадку дослідної групи – до прийому вітаміну Е та селену), було відзначено вітаміну Е плазми (на +4,56% та +6,92% відповідно) та селену крові (на +0,85% у контрольній групі та на +2,90% у дослідній групі).

Рівень дієнових кон'югатів еритроцитів у пацієнтів контрольної групи зріс на +20,00%, у той час як у пацієнтів дослідної групи даний показник знизився на -7,78%. Протилежна тенденція спостерігалась у випадку рівня малонового альдегіду плазми (у пацієнтів контрольної групи даний показник знизився на -9,55%, натомість у пацієнтів дослідної групи зріс на +23,60%) та активної форми малонового альдегіду плазми (на -5,24% у пацієнтів контрольної групи та на +0,66% у пацієнтів дослідної групи відповідно).

Рівень дієнових кон'югатів плазми у пацієнтів контрольної групи зріс на +2,02%, у пацієнтів дослідної групи даний показник після фізичного навантаження залишився незмінним.

Проаналізовано також динаміку рівнів показників венозної крові у пацієнтів дослідної після

навантаження до та після прийому вітаміну Е та селену. Більшість показників зберігають аналогічну тенденцію зміни і після проведеного лікування, за винятком рівня дієнових кон'югатів плазми – якщо після навантаження до лікування даний показник залишався незмінним, то після проведеного лікування відзначається його зростання на +11,59%; рівень дієнових кон'югатів еритроцитів після фізичного навантаження до лікування знизився, натомість після лікування виявлено його зростання на +2,88%; рівень малонового альдегіду до лікування після навантаження зріс, однак після лікування відзначено зниження даного показника на -2,22% (табл.3).

З метою оцінки щільності зв'язку поміж показниками всередині груп проведено кореляційний аналіз, статистичну значущість якого встановлювали за рівнем t-критерію.

При проведенні кореляційного аналізу між показниками контрольної групи до фізичного навантаження виявлено:

- малонового альдегіду плазми та дієнових кон'югатів еритроцитів ( $r=0,47$ );

Таблиця 3  
Динаміка біохімічних показників венозної крові у пацієнтів контрольної та дослідної групи після фізичного навантаження

Показники	Контрольна група	Дослідна група	
		до лікування	після лікування
Дієнові кон'югати плазми, од/л	+0,04	0	+0,16 <sup>aa</sup>
Дієнові кон'югати еритроцитів, од/л	+0,30*	-0,13	+0,03 <sup>aa</sup>
Малоновий альдегід плазми, мкмоль/л	-0,17	+0,42**	-0,03 <sup>aa</sup>
Активна форма малонового альдегіду плазми, мкмоль/л	-1,64	+0,25	+0,92
Вітамін Е плазми, мкмоль/л	+0,13	+0,27	+0,33
Селен крові, мкмоль/л	+0,01	+0,04	+0,01

Примітка: \* – наявна достовірна різниця ( $p < 0,05$ ) після навантаження у межах групи;

\*\* – наявна достовірна різниця ( $p < 0,01$ ) після навантаження у межах групи;

a – наявна достовірна різниця ( $p < 0,05$ ) поміж показниками в аналогічний період до і після лікування;

aa – наявна достовірна різниця ( $p < 0,01$ ) поміж показниками в аналогічний період до і після лікування;

- зворотний середньої сили зв'язок між рівнями дієнових кон'югатів еритроцитів та активної форми малонового альдегіду плазми ( $r = -0,37$ ).

При дослідженні кореляційних залежностей між показниками контрольної групи після фізичного навантаження виявлено:

- прямий середньої сили зв'язок між рівнем дієнових кон'югатів плазми та селену крові ( $r = 0,33$ );

- дієнових кон'югатів еритроцитів та активної форми малонового альдегіду плазми ( $r = -0,40$ ), малонового альдегіду плазми та активної форми малонового альдегіду плазми ( $r = -0,68$ ) (рис.8).

У дослідній групі до фізичного навантаження до корекції АОС встановлені наступні кореляційні залежності:

- дієнових кон'югатів плазми та дієнових кон'югатів еритроцитів ( $r = 0,33$ ), дієнових кон'югатів плазми та активної форми малонового альдегіду плазми ( $r = 0,32$ ) (рис. 9);

- зворотний середньої сили зв'язок між рівнем малонового альдегіду плазми та активної форми малонового альдегіду плазми ( $r = -0,33$ ), малонового альдегіду плазми та селеном крові ( $r = -0,46$ ).

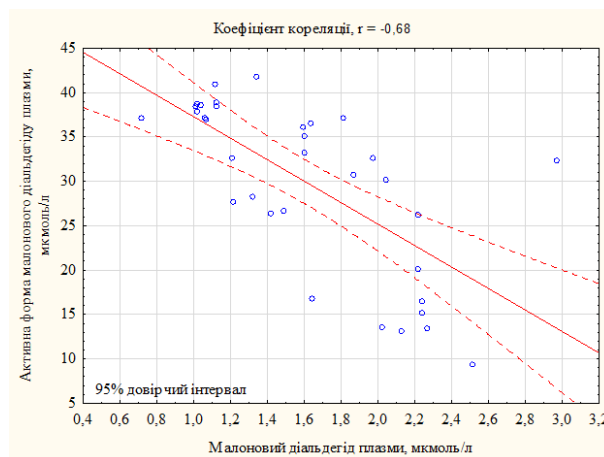


Рис. 8. Кореляційний зв'язок між рівнем малонового альдегіду плазми та активної форми малонового альдегіду плазми венозної крові пацієнтів контрольної групи після фізичного навантаження

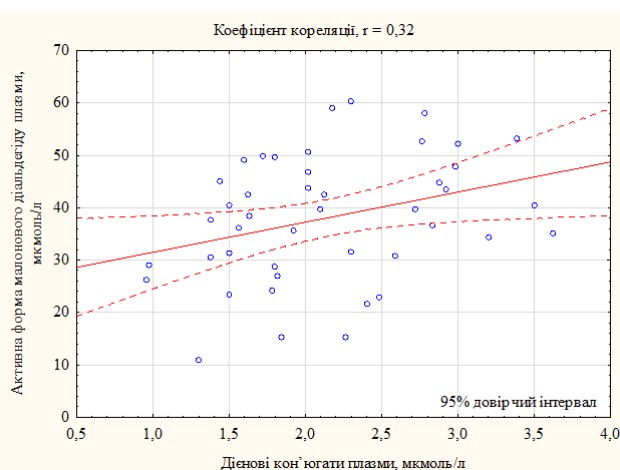


Рис. 9. Кореляційний зв'язок між рівнем дієнових кон'югатів плазми та активної форми малонового альдегіду плазми венозної крові пацієнтів дослідної групи до фізичного навантаження, до прийому вітаміну Е та селену

При проведенні кореляційного аналізу між показниками дослідної групи після фізичного навантаження до прийому антиоксидантів виявлено:

- прямий середньої сили зв'язок між рівнем дієнових кон'югатів плазми та дієнових кон'югатів еритроцитів ( $r = 0,34$ ).

У дослідній групі після фізичного навантаження після прийому вітаміну Е та селену були встановлені кореляційні залежності:

- прямий середньої сили зв'язок між рівнем дієнових кон'югатів плазми та активної форми малонового альдегіду плазми ( $r = 0,64$ ), дієнових кон'югатів еритроцитів та активної форми малонового альдегіду плазми ( $r = 0,46$ ).

## Оригінальні дослідження

Усі наведені кореляційні зв'язки є достовірними ( $p < 0,05$ ).

**Висновки**

1. Встановлено достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) між рівнями дієнових кон'югатів еритроцитів у пацієнтів контрольної групи до та після фізичного навантаження.

2. У пацієнтів дослідної групи виявлено достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) між рівнями малонового альдегіду плазми еритроцитів до початку прийому антиоксидантів до та після фізичного навантаження.

3. Виявлено також достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) між рівнями дієнових кон'югатів плазми, дієнових кон'югатів еритроцитів, малонового альдегіду плазми у пацієнтів дослідної групи до фізичного навантаження до і після корекції АОС.

4. Достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) встановлено і між рівнями даних показників після фізичного навантаження до та після прийому антиоксидантів. Тенденції зміни значень показників виявились аналогічними до таких у пацієнтів дослідної групи до фізичного навантаження.

5. Також наявна достовірна різниця ( $p < 0,05$ ) між рівнями активної форми малонового альдегіду плазми, вітаміну Е плазми та селену крові до фізичного навантаження до прийому вітаміну Е та селену поміж контрольною і дослідною групами.

6. Відзначені достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) між рівнями вищевказаних показників й після фізичного навантаження поміж контрольною та дослідною групою, окрім того – і між рівнями дієнових кон'югатів еритроцитів, малонового альдегіду плазми.

7. Виявлено зворотний середньої сили зв'язок між рівнем дієнових кон'югатів еритроцитів та активної форми малонового альдегіду плазми у пацієнтів контрольної групи до і після фізичного навантаження, а також у пацієнтів дослідної групи після фізичного навантаження після проведеної корекції АОС.

8. Відзначено наявність зворотного середньої сили зв'язку між рівнем малонового альдегіду плазми та активної форми малонового альдегіду плазми у пацієнтів контрольної групи до та після фізичного навантаження, а також у пацієнтів дослідної групи в аналогічний період до прийому вітаміну Е та селену.

9. Оскільки негайною відповіддю на велоергометрію є зміни рівня дієнових кон'югатів плазми та еритроцитів та малонового альдегіду плазми (підвищення), можна припустити, що саме вони беруть участь у формуванні первинної компенсаторної реакції у відповідь на фізичне напруження в осіб з артеріальною гіпертензією.

10. Таким чином, нижчий рівень дієнових кон'югатів плазми та еритроцитів та малонового альдегіду плазми свідчить про покращення антиоксидантного захисту в пацієнтів з артеріальною гіпертензією після прийому вітаміну Е та селену як до, так і після фізичного навантаження.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів і власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

**Список літератури**

1. Біловол ОМ, редактор. Артеріальна гіпертензія і

коморбідність. Харків: ХНМУ; 2020. 176 с.

2. Ковальова ОМ, Пасієшвілі ТМ. Біологічне та медичне значення антиоксидантної системи захисту організму людини. Медицина сьогодні і завтра. 2021;90(1):21-32.

3. Дроник ІС, Дутка РЯ, Чмир НВ, Пшик РС, Фаліон РІ. Зміни рівня кортизолу під впливом фізичного навантаження у пацієнтів з гіпертонічною хворобою та у практично здорових осіб. Міжнародний ендокринологічний журнал. 2023;19(3):200-5.

4. Сіренко ЮМ, Радченко ГД, Рековець ОЛ. Стрес та артеріальна гіпертензія: С- і Н-тип артеріальної гіпертензії і причини резистентності. Міжнародний ендокринологічний журнал. 2022;18(5):251-64. DOI: 10.22141/2224-0721.18.5.2022.1183.

5. Дроник ІС. Антиоксидантна система у хворих на артеріальну гіпертензію при фізичному навантаженні [дисертація]. Львів: ЛНМУ; 2020. 212 с.

6. Nascimento LCP, de Souza EL, de Luna Freire MO, de Andrade Braga V, de Albuquerque TMR, Lagranha CJ, et al. Limosilactobacillus fermentum prevents gut-kidney oxidative damage and the rise in blood pressure in male rat offspring exposed to a maternal high-fat diet. J Dev Orig Health Dis. 2022 Dec;13(6):719-26. DOI: 10.1017/S2040174422000198.

7. Nascimento LCP, Neto JPRC, de Andrade Braga V, Lagranha CJ, de Brito Alves JL. Maternal exposure to high-fat and high-cholesterol diet induces arterial hypertension and oxidative stress along the gut-kidney axis in rat offspring. Life Sci. 2020 Nov 15;261:118367. DOI: 10.1016/j.lfs.2020.118367.

8. Mânica A, De Sá CA, Barili A, Corralo VS, Bonadiman BS, Oliveira GG, et al. Exercise with blood flow restriction as a new tool for health improvement in hypertensive elderly women: the role of purinergic enzymes. J Sports Med Phys Fitness. 2020 Nov;60(11):1477-85. DOI: 10.23736/S0022-4707.20.10956-3.

9. Lin YY, Lee SD. Cardiovascular Benefits of Exercise Training in Postmenopausal Hypertension. Int J Mol Sci. 2018 Aug 25;19(9):2523. DOI: 10.3390/ijms19092523.

10. Domingos E, Polito MD. Blood pressure response between resistance exercise with and without blood flow restriction: A systematic review and meta-analysis. Life Sci. 2018 Sep 15;209:122-31. DOI: 10.1016/j.lfs.2018.08.006.

11. Дроник ІС, Яворський ОГ. Корекція перекисного окиснення ліпідів і стану антиоксидантної системи у пацієнтів з артеріальною гіпертензією. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник української медичної стоматологічної академії. 2017;17(4):137-42.

12. Zhang Y, Yang S, Wu Q, Ye Z, Zhou C, Liu M, et al. Dietary vitamin E intake and new-onset hypertension. Hypertens Res. 2023 May;46(5):1267-75. DOI: 10.1038/s41440-022-01163-0.

13. Czerwińska K, Poręba M, Prokopowicz A, Januszewska L, Jaremków A, Markiewicz-Górka I, et al. Association Between Serum Selenium Concentration and OPG/RANKL/RANK Axis in Patients with Arterial Hypertension. Cardiovasc Toxicol. 2022 Jul;22(7):620-30. DOI: 10.1007/s12012-022-09741-x.

**References**

1. Bilovol OM, editor. Arterial'na hipertenzija i komorbidnist' [Arterial hypertension and comorbidity]. Kharkiv: KhNMU; 2020. 176 p. (in Ukrainian).

2. Koval'ova OM, Pasiieshvili TM. Biolohichne ta medychne znachennia antyoksydantnoi systemy zakhystu orhanizmu liudyny [Biological and medical significance of the antioxidant defense system of the human body]. Medytsyna s'ohodni i zavtra. 2021;90(1):21-32. (in Ukrainian).

3. Dronyk IS, Dutka RJa, Chmyr NV, Pshyk RS, Falion RI. Zminy rivnia kortyzolu pid vplyvom fizychnoho navantazhennia u patsiiientiv z hipertoničnoiu khvoroboiu ta u praktychno zdorovykh osob [Changes in the level of cortisol under the influence of physical activity in patients with hypertension and in practically healthy individuals]. Mizhnarodnyi endokrynolohichniy zhurnal. 2023;19(3):200-5. DOI:



<https://doi.org/10.22141/2224-0721.19.3.2023.1272>.

4. Sirenko YuM, Radchenko HD, Rekovets' OL. Stres ta arterial'na hipertenzii: S- i N-tip arterial'noi hipertenzii i prychny rezystentnosti [Stress and arterial hypertension: C- and H-type arterial hypertension and causes of resistance]. *Mižnarodnij endokrinologičnij žurnal*. 2022;18(5):251-64. DOI: 10.22141/2224-0721.18.5.2022.1183. (in Ukrainian).
5. Dronyk IS. Antyoksydantna systema u khvorykh na arterial'nu hipertenziiu pry fizychnomu navantazheni [Antioxidant system in patients with arterial hypertension during physical exertion] [dissertation abstract]. Lviv: LNMU; 2020. 212 p. (in Ukrainian).
6. Nascimento LCP, de Souza EL, de Luna Freire MO, de Andrade Braga V, de Albuquerque TMR, Lagranha CJ, et al. Limosilactobacillus fermentum prevents gut-kidney oxidative damage and the rise in blood pressure in male rat offspring exposed to a maternal high-fat diet. *J Dev Orig Health Dis*. 2022 Dec;13(6):719-26. DOI: 10.1017/S2040174422000198.
7. Nascimento LCP, Neto JPRC, de Andrade Braga V, Lagranha CJ, de Brito Alves JL. Maternal exposure to high-fat and high-cholesterol diet induces arterial hypertension and oxidative stress along the gut-kidney axis in rat offspring. *Life Sci*. 2020 Nov 15;261:118367. DOI: 10.1016/j.lfs.2020.118367.
8. Mânica A, De Sá CA, Barili A, Corralo VS, Bonadiman BS, Oliveira GG, et al. Exercise with blood flow restriction as a new tool for health improvement in hypertensive elderly women: the

- role of purinergic enzymes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2020 Nov;60(11):1477-85. DOI: 10.23736/S0022-4707.20.10956-3.
9. Lin YY, Lee SD. Cardiovascular Benefits of Exercise Training in Postmenopausal Hypertension. *Int J Mol Sci*. 2018 Aug 25;19(9):2523. DOI: 10.3390/ijms19092523.
10. Domingos E, Polito MD. Blood pressure response between resistance exercise with and without blood flow restriction: A systematic review and meta-analysis. *Life Sci*. 2018 Sep 15;209:122-131. DOI: 10.1016/j.lfs.2018.08.006.
11. Dronyk IS, Yavors'kyi OH. Korektsiia perekysnoho okysnennia lipidiv i stanu antyoksydantnoi systemy u patsientiv z arterial'noi hipertenziiu [Correction of lipid peroxidation and the state of the antioxidant system in patients with arterial hypertension]. *Aktual'ni problemy suchasnoi medytsyny: Visnyk ukrains'koi medychnoi stomatolohichnoi akademii*. 2017;17(4):137-42. (in Ukrainian).
12. Zhang Y, Yang S, Wu Q, Ye Z, Zhou C, Liu M, et al. Dietary vitamin E intake and new-onset hypertension. *Hypertens Res*. 2023 May; 46(5):1267-75. DOI: 10.1038/s41440-022-01163-0.
13. Czerwińska K, Poręba M, Prokopowicz A, Januszewska L, Jaremków A, Markiewicz-Górka I, et al. Association Between Serum Selenium Concentration and OPG/RANKL/RANK Axis in Patients with Arterial Hypertension. *Cardiovasc Toxicol*. 2022 Jul;22(7):620-30. DOI: 10.1007/s12012-022-09741-x.

#### Відомості про авторів

**Дроник Ірина Степанівна** – канд. мед. наук, доцент кафедри пропедевтики внутрішньої медицини Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, м.Львів, Україна.

<http://orcid.org/0000-0002-2274-4022>

**Дутка Роман Ярославович** – д-р мед. наук, професор, заслужений лікар України, завідувач кафедри пропедевтики внутрішньої медицини, Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, м.Львів, Україна.

<https://orcid.org/0000-0001-8208-7303>

**Пшик Р.С.** – канд. мед. наук, асистент кафедри неврології Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, м.Львів, Україна.

<https://orcid.org/0000-0002-2130-9811>

**Чмир Наталія Василівна** – асист. кафедри пропедевтики внутрішньої медицини Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, м. Львів, Україна.

<http://orcid.org/0000-0003-0201-6099>

**Рогуля С.С.** – асист. кафедри пропедевтики внутрішньої медицини Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, м.Львів, Україна.

<https://orcid.org/0009-0001-8279-9789>

#### Information about the authors

**Dronyk Iryna S.** – MD, Associate Professor of the Department of Propaedeutics of Internal Medicine, Lviv National Medical University named after Danylo Halytskyi. <http://orcid.org/0000-0002-2274-4022>.

**Dutka Roman Y.** – doctor of medical sciences, professor, honored doctor of Ukraine, Department of Propaedeutics of Internal Medicine, Lviv National Medical University named after Danylo Halytskyi. <https://orcid.org/0000-0001-8208-7303>.

**Pshyk Roman S.** – MD, assistant professor of the Department of Neurology, Lviv National Medical University named after Danylo Halytskyi. <https://orcid.org/0000-0002-2130-9811>.

**Chmyr Nathalia V.** – assistant professor of the Department of Propaedeutics of Internal Medicine, Lviv National Medical University named after Danylo Halytskyi. <http://orcid.org/0000-0003-0201-6099>.

**Rohulia Sofiia S.** – assistant professor of the Department of Propaedeutics of Internal Medicine, Lviv National Medical University named after Danylo Halytskyi. <https://orcid.org/0009-0001-8279-9789>.

*Надійшла до редакції 02.05.23*

*Рецензент – проф. Присяжнюк В.П.*

*© І.С. Дроник, Р.Я. Дутка, Р.С. Пшик, Н.В. Чмир, С.С. Рогуля, 2023*