



УДК: 616.155.1:577.352.4.043+616-002.5

## МЕМБРАНОЗАЛЕЖНІ ПРОЦЕСИ В ЕРИТРОЦИТАХ КРОВІ ХВОРИХ НА ТУБЕРКУЛЬОЗ ЛЕГЕНЬ ЗА ВПЛИВУ ГЕЛІЙ-НЕОНОВОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

**О. О. Отчич<sup>1</sup>, К. Д. Мажак<sup>2</sup>, Г. А. Іванов<sup>2</sup>, М. В. Дика<sup>1</sup>, Д. І. Санагурський<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна  
e-mail: oksanaotchych@gmail.com

<sup>2</sup>ДУ "Львівський НДІ епідеміології та гігієни МОЗ України"  
вул. Зелена, 12, Львів 79005, Україна

Досліджено вплив частотно модульованого та немодульованого гелій-неонового лазерного опромінювання крові хворих на деструктивний туберкульоз легень в інтенсивній фазі хіміотерапії, на рівень ендогенної інтоксикації, процеси перекисного окиснення ліпідів і активність ферментів антиоксидантного захисту. Аналіз результатів досліджень, проведений після застосування внутрішньовенного лазерного опромінення крові гелій-неоновим лазером із різними частотними модуляціями на тлі стандартизованої хіміотерапії виявив, що застосування частотних модуляцій має більш позитивно виражений ефект на збалансування прооксидантно-антиоксидантних процесів у хворих на вперше діагностований туберкульоз легень, порівняно з однією хіміотерапією та впливом немодульованого гелій-неонового лазерного опромінення крові. Встановлено частотнозалежну стимуляцію антиоксидантної системи і рівня пригнічення процесів перекисного окиснення ліпідів у мембранах еритроцитів за умов впливу лазеротерапії з частотними модуляціями на фоні хіміотерапії. Відзначено інтенсифікацію компенсаторних процесів, особливо за умов застосування гелій-неонового лазера з частотною модуляцією 5,0 і 100,0 кГц.

**Ключові слова:** еритроцити, лазерне випромінювання, перекисне окиснення ліпідів, антиоксидантний захист.

### ВСТУП

Впровадження стандартизованих режимів хіміотерапії туберкульозу легень, рекомендованих ВООЗ, і нових вітчизняних технологій хіміотерапії не забезпечило значного підвищення ефективності лікування. Удосконалення лікування туберкульозу легень та його ускладнень шляхом патофізіологічного обґрунтування існуючих і впровадження нових квантово-енергетичних підходів до корекції дисрегуляторних розладів (гематологічного, біохімічного й імунного статусу, властивих інфекційно-запальному процесу), використовуючи мінімальні за інтенсивністю низькоенергетичні

фізичні впливи, що викликають розвиток оптимальних саногенних відновних реакцій організму, надасть можливість підвищити результативність стандартизованої хіміотерапії, зменшити витрати на лікування, запобігти інвалідизації хворих, суттєво зменшити резервуар туберкульозної інфекції.

Застосування частотно модульованого лазерного випромінювання дає змогу розширити спектр позитивного впливу лазеротерапії на біологічні об'єкти і скоротити тривалість застосування хіміотерапії [1, 7, 8, 11–13, 16–19]. Проте оптимальні фізіологічні режими – не визначено.

Метою роботи було дослідження дії частотно модульованого і немодульованого гелій-неонового лазерного опромінення крові, (ВЛОК з ЧМ) у хворих на деструктивний туберкульоз легень у інтенсивній фазі хіміотерапії (ХТ – ДОТС-стратегія), на процеси перекисного окиснення ліпідів, на активність ферментів антиоксидантного захисту, рівень ендогенної інтоксикації.

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження впливу ВЛОК, з різними ЧМ (1,0 кГц, 2,0 кГц, 3,0 кГц, 5,0 кГц, 100,0 кГц) і без них, потужністю на кінці світловода 4,5–5,0 мВт, проведено у 119 хворих на деструктивний туберкульоз легень (інфільтративний – 56 особи, дисемінований – 63 осіб) віком від 18 до 60 років ( $36,8 \pm 7,2$ ), в інтенсивній фазі хіміотерапії. Референтну групу становили 20 хворих на деструктивний інфільтративний (10 особи) та дисемінований (10 осіб) туберкульоз легень від 18 до 50 років, яким застосовували лише стандартизовані режими хіміотерапії, відповідно до адаптованої в Україні ДОТС-стратегії. Показники норми встановлено під час дослідження крові 30 практично здорових осіб (донорів).

Інтенсивність процесів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) оцінювали за вмістом дієнових кон'югатів (ДК), ТБК-позитивних продуктів – за інтенсивністю забарвлення кінцевих продуктів ПОЛ з 2-тіобарбітуровою кислотою (МДА) [5], перекисного гемолізу еритроцитів (ПГЕ) [12]. Загальну оксидантну активність (ЗОА) плазми крові визначали за накопиченням у реакційній суміші кінцевого продукту перекисного окиснення – малонового діальдегіду (МДА) [3]. Активність супероксиддисмутازی (СОД) визначали за величиною відновлення нітротетразолію синього супероксидними радикалами [14], каталазну активність (К) – за швидкістю розкладу пероксиду водню [15], церулоплазмину (ЦП) – модифікованим методом W. Revin [6]. Ступінь вираженості ендогенної інтоксикації оцінювали за вмістом молекул середньої та малої маси (МСМ) – речовин із молекулярною масою від 300 до 5000 дальтон у сироватці крові [2].

Для проведення біохімічних досліджень були використані еритроцити, плазма і сироватка крові. Кров брали з ліктьової вени і стабілізували гепарином для уникнення згортання. Еритроцити відділяли від плазми центрифугуванням, при 3000 об./хв і далі тричі відмивали ізотонічним розчином хлористого натрію (NaCl). Мембрани еритроцитів виділяли за загальноприйнятими методиками.

Під час проведення досліджень ставили контроль стандарту, проводили контроль якості проведених досліджень. Усі дослідження проведено з урахуванням Міжнародних стандартів і вимог до проведення лабораторних досліджень і клініко-лабораторних експериментів (Хельсінкі, 2000); з інформованої згоди пацієнта і вимог комісії з біоетики ДУ “Львівський НДІ епідеміології та гігієни МОЗ України”.

Статистичну обробку даних здійснювали загальноприйнятими методами варіаційної статистики з обчисленням середніх значень, похибки вибіркового дослідження ( $m$ ), середньоквадратичного відхилення ( $\sigma$ ), довірчого коефіцієнта ( $t$ ) і різниці вірогідності ( $p$ ) за таблицею Стьюдента [4]. У роботі використані комп'ютерні пакети стандартних програм MS Excel, методи кореляційного аналізу, з обчисленням коефіцієнтів кореляції [9–10].

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз результатів проведених досліджень виявив, що застосування ХТ+ВЛОК He-Ne лазером у хворих на ВДТБ легень в інтенсивній фазі хіміотерапії, порівняно з однією ХТ, сприяє вірогідному підвищенню ключових ферментів антиоксидантного захисту, а саме: активність СОД підвищилась в 1,32 разу – до  $57,19 \pm 0,89$  ум. од., проти  $43,21 \pm 1,37$  ум. од. (до початку ХТ), що на  $23,0 \pm 1,11\%$  більше, ніж при одній ХТ; активність каталази зростала в 1,47 разу ( $58,14 \pm 0,72\%$ ) проти  $39,67 \pm 1,3\%$  до лікування (табл. 1). У той же час мало місце вірогідне зниження, порівняно зі значеннями

**Таблиця 1. Зміна показників прооксидантно-антиоксидантної системи у крові хворих на вперше діагностований деструктивний туберкульоз легень за умов застосування різних режимів лікування**

**Table 1. Indices of prooxidant-antioxidant balance in blood of patients with destructive (limited) forms of pulmonary tuberculosis at the application of different treatment regimens**

Досліджувані показники та їхнє значення в нормі	Групи хворих			
	Референтна		Експериментальна	
	Хіміотерапія ( $M \pm m$ )		Хіміотерапія+ВЛОК ( $M \pm m$ )	
	До лікування n=20	Після лікування n=20	До лікування n=28	Після лікування n=28
ДК, мкмоль/л $14,8 \pm 0,4$	$23,5 \pm 0,38^*$	$18,76 \pm 0,38^{**}$	$23,66 \pm 0,43^*$	$19,7 \pm 0,51$ * **
ТБК-ПП, мкмоль/л $6,0 \pm 0,30$	$10,5 \pm 0,26^*$	$7,67 \pm 0,22^{**}$	$11,6 \pm 0,3^*$	$9,03 \pm 0,32$ * ** ***
ЗОА, % 0	$21,45 \pm 1,8^*$	$10,15 \pm 1,35^{**}$	$15,6 \pm 1,88^*$	$4,78 \pm 0,87$ * ** ***
ПГЕ, % $2,5 \pm 0,1$	$6,8 \pm 0,53^*$	$3,43 \pm 0,41^{**}$	$4,88 \pm 0,75^*$	$3,9 \pm 0,47^*$
СОД, ум.од. $62,5 \pm 2,50$	$40,88 \pm 1,75^*$	$43,5 \pm 1,48^*$	$43,2 \pm 1,37^*$	$57,19 \pm 0,89$ * ** ***
К, % $75,2 \pm 1,10$	$39,04 \pm 2,21^*$	$64,1 \pm 1,22^{**}$	$39,67 \pm 1,3^*$	$58,14 \pm 0,72$ * ** ***
ЦП, мкмоль/л $1,82 \pm 0,16$	$2,39 \pm 0,07^*$	$2,11 \pm 0,04^{**}$	$2,46 \pm 0,05^*$	$1,99 \pm 0,09$ * **

**Примітки:** \* – вірогідні зміни порівняно з нормою ( $P < 0,05$  і менше); \*\* – вірогідні зміни порівняно з даними до лікування ( $P < 0,05$  і менше); \*\*\* – вірогідні зміни порівняно з даними після лікування тільки хіміопрепаратами ( $P < 0,05$  і менше).

**Comments:** \* – significantly different from the normal values ( $P < 0,05$  and less); \*\* – significantly different compared to the values before treatment ( $P < 0,05$  and less); \*\*\* – significantly different compared to the values after treatment ( $P < 0,05$  and less).

до ХТ, з показниками у референтній групі, ЗОА плазми ( $4,78 \pm 0,87\%$  проти  $15,62 \pm 1,88\%$ ,  $P < 0,05$  і  $10,15 \pm 1,35\%$ ,  $P < 0,05$ ), що свідчить про значне зниження інтенсивності процесів вільнорадикального окислення ліпідів у крові. Ці зміни позитивно вплинули на рівень ендогенної інтоксикації (табл. 2). Показники вмісту МСМ в експериментальній групі вірогідно знизились ( $0,23 \pm 0,01$  ум. од.,  $P_2 < 0,05$ ,  $P_3 < 0,05$ ), як порівняно з вихідними даними ( $0,38 \pm 0,01$  ум. од.), так і порівняно з величинами, зафіксованими в сироватці крові хворих референтної групи ( $0,26 \pm 0,003$  ум. од.). У 95,0% випадків ці показники не відрізнялися від значень практично здорових осіб ( $0,21 \pm 0,01$  ум. од.).

**Таблиця 2. Показники МСМ у сироватці крові хворих на вперше діагностований деструктивний туберкульоз легень за умов застосування різних режимів лікування**

**Table 2. Indices of molecule middle mass in blood serum of patients with destructive (limited) forms of pulmonary tuberculosis under conditions of the application of different treatment regimens**

Досліджувані показники та їхнє значення в нормі	Групи хворих			
	Референтна		Експериментальна	
	Хіміотерапія (M±m)		Хіміотерапія+ВЛОК (M±m)	
	До лікування n=20	Після лікування n=20	До лікування n=28	Після лікування n=28
МСМ, ум.од. $0,21 \pm 0,01$	$0,35 \pm 0,01^*$	$0,26 \pm 0,003$ ** ***	$0,38 \pm 0,01^*$	$0,23 \pm 0,01^{**}$

**Примітки:** \* – вірогідні зміни порівняно з нормою ( $P < 0,05$  і менше); \*\* – вірогідні зміни порівняно з початком лікування ( $P < 0,05$  і менше); \*\*\* – вірогідні зміни порівняно з даними після лікування тільки хіміопрепаратами ( $P < 0,05$  і менше).

**Comments:** \* – significantly different from the normal values ( $P < 0.05$  and less); \*\* – significantly different compared to the values before treatment ( $P < 0.05$  and less); \*\*\* – significantly different compared to the values after treatment ( $P < 0.05$  and less).

Аналіз результатів досліджень, проведений після застосування ВЛОК He-Ne лазером із різними частотними модуляціями на тлі стандартизованої ХТ, виявив, що застосування частотних модуляцій має більш позитивно виражений ефект на збалансування прооксидантно-антиоксидантних процесів у хворих на ВДТБ легень. У табл. 3, 4 і 5 наведено результати дослідження змін ключових показників процесів ПОЛ-АОС і МСМ, за умов застосування різних частотних модуляцій.

Встановлено, що застосування ХТ+ВЛОК з ЧМ 5,0 кГц і ХТ+ВЛОК з ЧМ 100,0 кГц мало найбільш позитивний вплив на досліджувані показники, проте різні частотні модуляції мали різну силу дії на досліджувані процеси. Рівень первинних продуктів – ДК найбільше знизився за умов застосування ХТ+ВЛОК з ЧМ 2,0 кГц – у 1,41 рази, активність ТБК-ПП з ЧМ 5,0 кГц і 100,0 кГц у 1,7 і у 1,72 разу відповідно. ПГЕ, за умов застосування ХТ+ВЛОК з ЧМ 1,0 кГц і 2,0 кГц, зменшився у 2,32 разу. За умов впливу ХТ+ВЛОК з ЧМ 3,0 кГц у 2,41 разу, з ЧМ 5,0 кГц – у 1,6 разу, з ЧМ 100,0 кГц – в 1,38 разу. ЗОА плазми найбільше знизилася за умови застосування ЧМ 100,0 кГц – у 5,9 разу і найменше (у 2,4 разу) – за умови застосування ХТ+ВЛОК з ЧМ 1,0 кГц. У той же час активність СОД найбільше підвищилася за умов застосування ХТ+ВЛОК з ЧМ 5,0 кГц і ВЛОК з ЧМ 100,0 кГц – в 1,4 разу, активність

каталази також при цих частотних модуляціях – у 2,1 і 1,7 разу, відповідно (табл. 4). Динаміка змін активності церулоплазміну при всіх частотних модуляціях мала однакову тенденцію до зниження показників. Рівень ендогенної інтоксикації вірогідно знизився при всіх застосованих режимах лікування. У хворих, яким застосовували ВЛОК з ЧМ 5,0 кГц і ВЛОК з ЧМ 100,0 кГц на фоні ХТ, рівень МСМ знизився на 40% (табл. 5).

**Таблиця 3. Зміна показників прооксидантної системи у крові хворих на вперше діагностований деструктивний туберкульоз легень за умов застосування хіміотерапії з ВЛОК He-Ne лазером із різними частотними модуляціями**

**Table 3. Indices of prooxidant balance in blood of patients with destructive (limited) forms of pulmonary tuberculosis at the application of chemotherapy with intravenous laser irradiation of blood He-Ne laser with different frequency modulation**

Групи обстежених	К-ть осіб, n	Досліджувані показники (M±m)		
Здорові	30	ДК, мкмол/л 14,8±0,4	ТБК-ПП, мкмоль/л 6,0±0,30	ПГЕ, % 2,5±0,1
До лікування				
Група хворих №1	11	24,3±0,68*	13,4±0,57*	10,8±1,16*
Група хворих №2	10	24,5±0,43*	9,91±0,25*	14,1±0,63*
Група хворих №3	10	24,6±0,43*	9,91±0,25*	14,2±0,63*
Група хворих №4	20	22,6±0,84*	11,13±0,72*	8,4±0,94*
Група хворих №5	20	23,2±0,5*	11,97±0,41*	7,9±0,77*
Після лікування				
Група хворих №1 (ХТ+ВЛОК ЧМ 1,0 кГц)	11	19,7±0,57**	8,3±0,49**	4,6±0,49**,***
Група хворих №2 (ХТ+ВЛОК ЧМ 2,0 кГц)	10	17,4±0,44**,***	7,4±0,22**	6,1±0,2**,***
Група хворих №3 (ХТ+ВЛОК ЧМ 3,0 кГц)	10	17,7±0,16**,***	7,6±0,15**	5,9±0,11**,***
Група хворих №4 (ХТ+ВЛОК ЧМ 5,0 кГц)	20	16,6±0,47**,***	6,6±0,37**,***	5,1±0,52**,***
Група хворих №5 (ХТ+ВЛОК ЧМ 100,0 кГц)	20	16,9±0,38**,***	6,9±0,31**,***	5,7±0,45**,***

**Примітки:** \* – вірогідні зміни порівняно з нормою (P<0,05 і менше); \*\* – вірогідні зміни порівняно з початком лікування (P<0,05 і менше); \*\*\* – вірогідні зміни порівняно з даними після лікування тільки хіміопрепаратами (P<0,05 і менше).

**Comments:** \* – significantly different from the normal values (P<0.05 and less); \*\* – significantly different compared to the values before treatment (P<0.05 and less); \*\*\* – significantly different compared to the values after treatment (P<0.05 and less).

**Таблиця 4. Зміна показників антиоксидантної системи у крові хворих на вперше діагностований деструктивний туберкульоз легень при застосуванні хіміотерапії з ВЛОК He-Ne лазером із різними частотними модуляціями**

**Table 4. Indices of antioxidant balance in blood of patients with destructive (limited) forms of pulmonary tuberculosis at the application of chemotherapy with intravenous laser irradiation of blood He-Ne laser with different frequency modulation**

Групи обстежених	К-ть осіб, n	Досліджувані показники (M±m)			
Здорові	30	СОД, ум.од. 62,5±2,50	К, % 75,2±1,10	ЦП, мкмоль/л 1,82±0,16	ЗОА, % 0
До лікування					
Група хворих №1	11	38,3±0,72*	40,1±2,05*	2,5±0,04*	23,7±1,97*
Група хворих №2	10	42,4±1,01*	41,1±1,07*	2,5±0,04*	28,2±1,77*
Група хворих №3	10	42,5±1,01*	41,2±1,07*	2,5±0,04*	27,4±1,32*
Група хворих №4	20	43,2±2,3*	31,8±3,15*	2,5±0,03*	18,2±2,42*
Група хворих №5	20	41,5±1,63*	38,0±1,13*	2,6±0,03*	25,2±4,35*
Після лікування					
Група хворих №1 ХТ+ВЛОК ЧМ 1,0 кГц	11	44,5±1,86**	58,2±2,58 ** **	2,2±0,06** ***	9,7±1,40**
Група хворих №2 ХТ+ВЛОК ЧМ 2,0 кГц	10	56,1±0,96 ** **	61,3±0,92 ** **	2,2±0,05** ***	7,4±0,47 ** **
Група хворих №3 ХТ+ВЛОК ЧМ 3,0 кГц	10	57,0±0,84** **	60,0±0,98** ***	2,3±0,04** ***	6,5±0,53 ** **
Група хворих №4 ХТ+ВЛОК ЧМ 5,0 кГц	20	59,6±0,97 ** **	66,3±1,51**	2,4±0,03 ** **	4,4±0,77 ** **
Група хворих №5 ХТ+ВЛОК ЧМ 100,0 кГц	20	58,8±0,9 ** **	64,6±1,37**	2,5±0,03 ** **	4,3±0,63 ** **

**Примітки:** \* – вірогідні зміни порівняно з нормою (P<0,05 і менше); \*\* – вірогідні зміни порівняно з початком лікування (P<0,05 і менше); \*\*\* – вірогідні зміни порівняно з даними після лікування тільки хіміопрепаратами (P<0,05 і менше).

**Comments:** \* – significantly different from the normal values (P<0.05 and less); \*\* – significantly different compared to the values before treatment (P<0.05 and less); \*\*\* – significantly different compared to the values after treatment (P<0.05 and less).

Таким чином, результати досліджень, проведених за умов застосування різних модуляційних частот (від 1,0 кГц до 5,0 кГц і 100 кГц), виявили найбільший ефект впливу на прооксидантні й антиоксидантні процеси, за умов застосування ХТ+ВЛОК з ЧМ 5,0 і 100,0 кГц.

**Таблиця 5. Вміст МСМ у сироватці крові хворих на вперше діагностований деструктивний туберкульоз легень при застосуванні стандартизованих режимів хіміотерапії з ВЛОК He-Ne лазером із різними частотними модуляціями**

**Table 5. Indices of molecu middle mass in blood serum of patients with destructive (limited) forms of pulmonary tuberculosis at the application of chemotherapy with intravenous laser irradiation of blood He-Ne laser with different frequency modulation**

Групи обстежених	Хіміотерапія + ВЛОК He-Ne лазером із різними частотними модуляціями (M±m)				
	1,0 кГц n = 11	2,0 кГц n = 10	3,0 кГц n = 10	5,0 кГц n = 20	100,0 кГц n = 20
Здорові n = 30	0,21±0,01				
До лікування	0,39±0,01*	0,38±0,01*	0,38±0,01*	0,36±0,02*	0,40±0,01*
Після лікування	0,27±0,01**	0,29±0,01 ** ***	0,28±0,01 ** ***	0,22±0,01**	0,24±0,01 ** ***

**Примітки:** \* – вірогідні зміни порівняно з нормою (P<0,05 і менше); \*\* – вірогідні зміни порівняно з початком лікування (P<0,05 і менше); \*\*\* – вірогідні зміни порівняно з даними після лікування тільки хіміопрепаратами (P<0,05 і менше) (табл. 1)

**Comments:** \* – significantly different from the normal values (P<0.05 and less); \*\* – significantly different compared to the values before treatment (P<0.05 and less); \*\*\* – significantly different compared to the values after treatment (P<0.05 and less).

Однофакторний дисперсійний аналіз дав змогу встановити достовірність впливу ХТ+ВЛОК гелій-неоновим лазером як із частотними модуляціями, так і без них, на досліджувані показники. Показано, що частка впливу лазерного опромінення на активність СОД і каталази при інфільтративній формі туберкульозу становить 74,81% і 77,89%; при дисемінованій – 80,43% і 27,24%, відповідно, на процеси ПОЛ – 29,2%. Вплив досліджуваного фактора достовірний у всіх вказаних випадках ( $P_{1,2} < 0,01$ ). Відсутність позитивної динаміки змін ПОЛ у 7% хворих може бути пояснена відсутністю компенсаторних змін з боку ЦП, що вказує на необхідність додаткового введення препарату церулоплазміну у даної групи хворих.

## ВИСНОВКИ

Встановлено частотнозалежну стимуляцію антиоксидантної системи і рівня пригнічення процесів пероксидного окиснення ліпідів у мембранах еритроцитів, під час застосування в інтенсивній фазі хіміотерапії туберкульозу легень із ВЛОК та з різними ЧМ, відзначено інтенсифікацію компенсаторних процесів, особливо у разі застосування ВЛОК гелій-неоновим лазером із ЧМ 5,0 і 100 кГц.

1. *Владимиров Ю.А., Осипов А.Н., Клебанов Г.И.* Фотобиологические основы терапевтического применения лазерного облучения. **Биохимия**, 2004; 69 (1): 103–113.
2. *Габриелян Н. Н.* Опыт использования показателя средних молекул в крови для диагностики нефрологических заболеваний у детей. **Лаб. дело**, 1984; 3: 138–140.

3. Горячковский А.М. Определение общей оксидантной активности плазмы. Определение перекисного гемолиза эритроцитов. **Клиническая биохимия в лабораторной диагностике**. Одесса (Экология), 2005: 237–239, 250–252.
4. Гусев Л. И. **Квантовая медицина во фтизиатрии** [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kvantmed.ru/index.php?id=1300>.
5. Деркач М.П., Гумецкий Р.Я., Чабан М.Є. **Курс варіаційної статистики**. Київ: Вища школа, 1977. 208 с.
6. Карпищенко А.И. **Медицинские лабораторные технологии**. Санкт-Петербург: Интермедика, 2002; 2: 96, 577–578.
7. Колб В. Г., Камышников В. С. Определение церулоплазмينا в сыворотке крови модифицированным методом Ревина. В кн.: **Клинич. биохимия**. Минск: Беларусь, 1971: 36–37.
8. Коробейникова З. Н. Модификация определения продуктов перекисного окисления липидов в реакции с тиобарбитуровой кислотой. **Лаб. дело**, 1989; 7: 8–10.
9. Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г. Метод определения активности каталазы. **Лаб. дело**, 1991; 1: 17–19.
10. Клебанов Г. И. Мембранные механизмы фотобиологического действия низкоинтенсивного лазерного излучения. **Мембраны**, 2005; 6: 87–97.
11. Лапач С. Н., Губенко А. В., Бабыч П. Н. **Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel**. Киев: Морион, 2000. 186 с.
12. Лялин В. С., Зверьева И. Г., Никифорова Н. Г. **Статистика: теория и практика в Excel**. Москва: Финансы и статистика, 2010. 448 с.
13. Мажак К.Д., Иванов Г.А. Біохімічні аспекти і ефективність застосування лазерного випромінювання при лікуванні хворих на деструктивні форми туберкульозу легень. **Лазерні технології. Лазери та їх застосування**: матер. міжнар. наук.-практ. конф. (м. Трускавець, 21–24 червня 2011 р.). Трускавець, 2011: 56–57.
14. Мажак К.Д., Иванов Г.А., Павленко А.В. Состояние системного воспалительного ответа, антиоксидантной, детоксицирующей систем организма при лечении деструктивного туберкулеза легких с использованием методов озono- и лазеротерапии. **Первые итоги работы фтизиатрической службы по внедрению стратегии “Stop-TB” в практическое здравоохранение**: матер. междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 24–25 сентября 2009 г.). Гродно, 2009: 270–274.
15. Мажак К.Д., Иванов Г.А., Ткач О.А. Застосування лазерної терапії в комплексному лікуванні хворих на туберкульоз легень з порушенням функції печінки. **Применение лазеров в медицине и биологии**: 32 Міжнар. наук.-практ. конф. (Гурзуф, 7–10 жовтня 2009 р.). Гурзуф, 2009: 95–96.
16. Мишин В.Ю., Чуканов В.И., Вылежанин С.В. Эффективность стандартного режима химиотерапии при лечении впервые выявленных больных деструктивным туберкулезом легких с бактериовыделением. **Пробл. туберкулеза**, 2001; 7: 13–18.
17. Муфегед М. Л., Иванченко Л. П., Москвин С. В. **Сочетание лазеротерапии и медикаментозного лечения** [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.medprosvet.ru/articles/?content=article&id=44>.
18. Феценко Ю. І., Мельник В. М., Коблянська А. В. **Хіміорезистентний туберкульоз**. Київ: Здоров'я, 2003. 132 с.
19. Qadri T. The importance of coherence length in laser phototherapy of gingival inflammation: a pilot study. **Lasers Med. Sci**, 2007; 22(4): 245–251.



## MEMBRANE DEPENDENT PROCESSES IN ERYTHROCYTES OF BLOOD OF PATIENTS WITH PULMONARY TUBERCULOSIS UNDER THE INFLUENCE OF HELIUM-NEON LASER RADIATION

**O. O. Otchych<sup>1</sup>, K. D. Mazhak<sup>2</sup>, H. A. Ivanov<sup>2</sup>, M. V. Dyka<sup>1</sup>, D. I. Sanagurskyi<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Ivan Franko National University of Lviv, 4, Hrushevskiyi St., Lviv 79005, Ukraine  
e-mail: oksanaotchych@gmail.com*

*<sup>2</sup>Lviv Research Institute of Epidemiology and Hygiene, 12, Zelena St., Lviv 79005, Ukraine*

The effect of frequency modulated and unmodulated He-Ne laser irradiation of blood of patients with destructive pulmonary tuberculosis in the intensive phase of chemotherapy on the level of endogenous intoxication, the processes of lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes was investigated. Analysis of the results of study conducted after the application of intravenous laser irradiation of blood by helium-neon laser with different frequency modulations on the background of standardized chemotherapy demonstrated that the application of frequency modulation has a pronounced positive effect on the balance of prooxidant-antioxidant processes in patients with the first diagnosed pulmonary tuberculosis, compared to single chemotherapy and influence of modulated helium-neon laser irradiation of blood. The frequency-dependent stimulation of antioxidant system and the level of inhibition of lipid peroxidation in erythrocyte membranes under the influence of laser frequency modulation on a background of chemotherapy was detected. Marked intensification of compensatory processes, especially when using a helium-neon laser with frequency modulation 5 kHz and 100 kHz, was found.

**Keywords:** erythrocytes, laser radiation, lipid peroxidation, antioxidant protection.

## МЕМБРАНОЗАВИСИМЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭРИТРОЦИТАХ КРОВИ БОЛЬНЫХ ТУБЕРКУЛЕЗОМ ЛЕГКИХ ПРИ УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕЛИЙ-НЕОНОВОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

**O. O. Отчыч<sup>1</sup>, К. Д. Мажак<sup>2</sup>, Г. А. Иванов<sup>2</sup>, М. В. Дыка<sup>1</sup>, Д. И. Санагурский<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Львовский национальный университет имени Ивана Франко  
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина  
e-mail: oksanaotchych@gmail.com*

*<sup>2</sup>Львовский научно-исследовательский институт эпидемиологии и гигиены МОЗ Украины  
ул. Зеленая, 12, Львов 79005, Украина*

Исследовано влияние частотно модулированного и немодулированного гелий-неонового лазерного облучения крови больных деструктивным туберкулезом легких в интенсивной фазе химиотерапии на уровень эндогенной интоксикации, процессы перекисного окисления липидов и активность ферментов антиоксидантной защиты. Анализ результатов исследований, проведенный после применения внутривенного лазерного облучения крови гелий-неоновым лазером с различными частотными модуляциями на фоне стандартизированной химио-

терапии, обнаружил, что применение частотных модуляций имеет более положительно выраженный эффект на сбалансирование прооксидантно-антиоксидантных процессов у больных с впервые диагностированным туберкулезом легких, по сравнению с одной химиотерапией и влиянием немодулированного гелий-неонового лазерного облучения крови. Установлено частотнозависимую стимуляцию антиоксидантной системы и уровня подавления процессов перекисного окисления липидов в мембранах эритроцитов при применении лазеротерапии с частотными модуляциями на фоне химиотерапии. Отмечено интенсификацию компенсаторных процессов, особенно при применении гелий-неонового лазера с частотной модуляцией 5,0 и 100,0 кГц.

**Ключевые слова:** эритроциты, лазерное излучение, перекисное окисление липидов, антиоксидантная защита.

Одержано: 30.04.2013