

## Выводы

1. На основании проведенных исследований и примененных методик анализа полученных результатов установлены наиболее информативные факторы, определяющие саногенетический статус дыхательной системы.

2. В результате проведенной саногенетической диагностики у 22 (19 %) студентов, имеющих значительные отклонения, выявлено снижение показателей ОСВ 75, ОСВ 50, ОСВ 25, что свидетельствует о формировании бронхиальной обструкции.

3. У 53 (56 %) студентов, отнесенных по балльной шкале оценок саногенетического статуса дыхательной системы ко второй группе («практически норма»), отмечено снижение

скоростных параметров внешнего дыхания.

4. Проведенная работа позволяет рекомендовать примененный алгоритм исследования дыхательной системы и методики анализа полученных результатов для использования в практике массовых профилактических осмотров с целью выявления и своевременной коррекции донологических состояний респираторной системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский Р. М., Берсенева А. П., Максимов А. Л. Валеология и проблема самоконтроля здоровья в экологии человека: Учеб. метод. пособие. — Магадан: СВНЦДВОРАН, 1996. — Ч. 1. — 55 с.

2. Апанасенко Г. А. Валеология: стратегия здоровья будущего // Матер. IV Национального конгресса по профи-

лактической медицине и валеологии. — СПб: Здоровый мир, 1997. — С. 8-10.

3. «Валеологічна експертна система» — сучасний підхід до виявлення й інтерпретації адаптаційних зрушень в організмі людини / В. С. Соколовський, В. М. Запорожан, В. Й. Кресюн, О. Г. Юшківська // Медицина сьогодні і завтра. — 2001. — № 1. — С. 17-24.

4. *Современные подходы к определению состояния здоровья организма человека* / В. Н. Запорожан, В. С. Соколовский, В. И. Кресюн, Ю. И. Бажора // II Міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні досягнення валеології та спортивної медицини»: Тези доп. — Одеса, 2000. — С. 3-12.

5. Уилмер Д. Ж., Костилл Д. Л. Физиология спорта и двигательной активности. — К.: Олимпийская литература, 1997. — 254 с.

6. Dempsey J. A., Vidruk E. H., Mitchell G. S. Pulmonary control systems in exercise // Federation Proceedings, — 1995. — N 44. — P. 2260-2270.

УДК 612-056.2-053.6(477.74)

В. С. Соколовский, О. Г. Юшківська, Н. А. Романова, И. И. Бондарев, В. С. Владова, В. Ю. Середовская, Н. В. Абрамова

## ВОЗМОЖНОСТИ САНОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ В ОЦЕНКЕ РЕСПИРАТОРНОГО СТАТУСА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Представлены возможности саногенетической экспертизы респираторной системы у 115 студентов в возрасте от 17 до 25 лет. Определены наиболее информативные факторы, позволяющие охарактеризовать многокомпонентную структуру функционального состояния дыхательной системы студентов в различном возрастном диапазоне, оценить саногенетический статус системы внешнего дыхания и выявить основные донологические изменения в состоянии респираторной системы.

**Ключевые слова:** саногенез, мониторинг, дыхательная система, факторный анализ.

UDC 612-056.2-053.6(477.74)

V. S. Sokolovskiy, O. G. Yushkovskaya, N. A. Romanova, I. I. Bondarev, V. S. Vladova, V. Yu. Seredovskaya, N. V. Abramova

## OPPORTUNITIES OF THE SANOGENETIC EXAMINATION FOR ESTIMATION OF THE RESPIRATORY STATUS OF HUMAN'S ORGANISM

In this work there are submitted the opportunities of the sanogenetic examination of the respiratory system in 115 students at the age from 17 to 25 years. As a result of the carried out researches and applied technique of rating of the received results most informative factors are determined allowing to characterize the multicomponent structure of a functional status of the respiratory system of the students in a various age range, to estimate the sanogenetic status of the system of external respiration, and to reveal basic prenosologic change of the respiratory status of the surveyed quota.

**Key words:** sanogenesis, monitoring, respiratory system, factors' analysis.

УДК 612.359-017.2-036.8:615.849.19-092.9

М. А. Андрейчин, д-р мед. наук, проф., А. А. Гудима, д-р мед. наук, доц., В. В. Дем'яненко, канд. мед. наук

## РОЛЬ НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ У СТИМУЛЯЦІЇ АДАПТОГЕННИХ РЕАКЦІЙ ЗДОРОВОЇ ПЕЧІНКИ В ЕКСПЕРИМЕНТІ

Тернопільська державна медична академія ім. І. Я. Горбачевського

### Вступ

Формування життя на Землі нерозривно пов'язане з постійними хвильовими впливами. До головного з них належить електромагнітне сонячне випромінювання. Основна частина його спектра припадає на видимий

та інфрачервоний діапазони з максимумами спектральної поверхневої густини потоку енергії біля поверхні Землі у проміжку від 500 до 2000 нм [6]. Важко уявити, щоб електромагнітна сонячна радіація на початкових етапах еволюції не брала участі у структурофор-

муючих, біохімічних, а відтак і функціональних процесах живих клітин, спрямованих на досягнення кінцевої мети життєдіяльності — вдосконалення пристосування до умов існування.

Ускладнення будови та розширення функціональних можливостей живих організмів не

могли істотно знизити роль системи фотосприйняття і обумовлених нею адаптогенних реакцій не тільки на субклітинному, але й на тканинному, органному, системному і організменному рівнях. У разі справедливості цієї гіпотези можна припустити, що вплив сонячної електромагнітної радіації повинен реалізуватися на кожному рівні організації живого організму із залученням відповідних регуляторних механізмів.

Незважаючи на складність методичного доведення чи заперечення цього припущення, ефективність і широке розповсюдження геліотерапії, відомої ще з античних часів [44], є яскравим свідченням існування в організмі людини налагоджених каналів неретинального фотосприйняття.

Новий етап в усвідомленні механізму впливу світла на організм людини розпочався з моменту появи низькоенергетичного лазерного випромінювання (НЕЛВ). Останнє, на відміну від природного, наділене специфічними якостями: вузьконаправленістю, монохромністю, просторовою і часовою когерентністю [46]. Завдяки їм виникла можливість вибірково впливати на різні ділянки тіла людини з використанням світла певної довжини хвилі, поверхневої густини потоку енергії і тривалості опромінення. Останнє можна розцінювати як методичну основу для поглиблення фотоефектів окремих спектрів природного сонячного фону та їх вивчення.

Саме завдяки лазерному випромінюванню сьогодні встановлено наявність акцепції світла неретинальними клітинами ссавців [23]. Подібність клітинних реакцій у відповідь на терапевтичний фотовплив, який полягає у зростанні їх функціональної активності, дозволив сформулювати гіпотезу про існування специфічних молекулярних компонентів, локалізованих у клітинних мембранах, опромінення яких запускає лан-

цюг біохімічних і біофізичних реакцій [39]. Доведено, що біостимулювальна дія НЕЛВ реалізується на всіх рівнях організації організму: від субклітинного до системного і організменного [40]. Найвищий біостимулювальний ефект відмічається при використанні НЕЛВ червоного і ближнього інфрачервоного спектрів у проміжку від 620 до 1300 нм [12; 22], що відповідає діапазону довжини хвиль електромагнітної сонячної радіації при максимумах спектральної поверхневої густини енергії біля поверхні Землі.

У численних роботах показано, що завдяки НЕЛВ виникає можливість підвищення резистентності організму до різних несприятливих факторів довкілля, розширення меж його адаптації до середовища існування [40]. Ключовим механізмом визнається стимуляція функціональної активності клітин за рахунок мобілізації її функціональних резервів, що забезпечує короточасну (термінову) адаптацію [34; 39]. Автори відмічають, що адекватно підбраному курсу лазерної терапії характерне пролонговане підвищення функціональної активності клітин, що неможливо пояснити без активації генетичного апарату клітин, синтезу відповідних білків, які входять до складу активно працюючих структур і можуть забезпечити тривале підтримування їх функціонального стану на високому рівні.

Одним з актуальних аспектів цієї проблеми є патогенетичне обґрунтування НЕЛВ для підвищення адаптаційних можливостей організму до впливу токсичних факторів. Погіршення екологічного стану довкілля, широке розповсюдження токсичних речовин на виробництві і в побуті, безконтрольне вживання ліків, поширення наркоманії та алкоголізму [1; 26], а також досить реальне в перспективі підвищення хімічної аварійності на території України та хімічного тероризму [47]

— все це зумовлює зростання частоти гострих і хронічних отруєнь, а хімічна безпека людини на початку третього тисячоліття стає однією з найважливіших екологічних, медичних і соціальних проблем.

Сьогодні існує значна кількість експериментальних робіт, присвячених дії НЕЛВ на морфофункціональний стан здорової печінки — органа, який відіграє провідну роль в обміні речовин й утилізації ксенобіотиків. Виходячи з існуючої теорії індивідуальної адаптації [30], вивчення характеру відхилень у стані здорової печінки під впливом НЕЛВ дозволить передбачити можливість використання цього фізичного фактора в управлінні процесами адаптації гепатоцитів до отруйних речовин.

Метою нашої роботи став аналіз існуючих літературних даних у контексті можливості впливу НЕЛВ на реактивність здорової печінки та її резистентність проти токсичних факторів.

#### Матеріали та методи дослідження

В основі розвитку адаптаційних реакцій лежать два головних процеси: 1) зростання функціональної активності біологічних структур шляхом мобілізації функціональних резервів, обумовлених надмірністю структури (термінова адаптація); 2) формування функціонально-домінуючої системи, яка специфічно відповідає за пристосування до дії певного фактора довкілля, і зростання її потужності до рівня, який диктує середовище (довготривала адаптація) [30]. В останньому випадку відбувається активація генетичного апарату, зростає маса структур, які відповідають за адаптацію. Організм набуває нової якості — підтримання життєдіяльності в умовах, раніше несумісних з життям. Отже, пусковим моментом адаптаційних реакцій є зростання функціональної активності системи (біостимуля-

ція), яка специфічно відповідає за адаптацію до несприятливого фактора довкілля, на різних рівнях її організації.

Враховуючи подібність молекулярних механізмів ураження печінки ксенобіотиками, незалежно від природи пошкоджуючого фактора, біостимулювальний вплив НЕЛВ на печінку здорових лабораторних тварин слід розглядати у контексті процесів, які специфічно порушуються при дії токсичних речовин. Умовно можна виділити чотири головних напрямки:

- вплив на ключові ланки метаболізму та антиоксидантний захист;

- вплив на мікосомальну монооксигеназну систему печінки;

- вплив на ультраструктуру, мікроциркуляторне русло і жовчовидільну функцію гепатоцитів;

- вплив на специфічну і неспецифічну резистентність організму експериментальних тварин.

Зупинимося на кожному з них.

#### **Вплив на ключові ланки метаболізму та антиоксидантний захист**

Встановлено, що одноразове опромінення епігастральної ділянки гелій-неоновим лазером (ГНЛ) з вихідною потужністю 17 мВт показало, що при тривалості сеансу 20 хв суттєво підвищувалася активність НАД<sup>+</sup>-глутаматдегідрогенази, якій належить важлива роль у синтезі білка, в утворенні високоактивних речовин і здійсненні сполучних функцій між різними метаболічними потоками. При експозиції 30 хв зростала також активність мітохондріальної аспартатамінотрансферази. В експериментальних умовах активність цитоплазматичної аспартатамінотрансферази вірогідно знижувалася [8].

Черезшкірне опромінення печінки інтактних кроликів напівпровідниковим інфрачервоним лазером у поєднанні з магнітним полем (довжина хвилі —

0,8 мкм, потужність на виході світловода — 15 мВт, поверхнева густина енергії на один сеанс — 0,9 Дж·см<sup>-2</sup>, величина індукції постійного магнітного поля — 20–35 мТл) у першу декаду експерименту сприяло зростанню основних субстратів енергетичного обміну (глюкози і ліпідів), стабілізувало вміст малонового діальдегіду з тенденцією до його зниження, що вказувало на нейтралізацію вільнорадикальних реакцій [21].

За даними деяких авторів [37], опромінення черевної поверхні тіла експериментальних тварин розфокусованим ГНЛ з поверхневою густиною потоку енергії 5 Вт·м<sup>-2</sup> протягом 3–20 хв і 5–20 сеансів викликало зростання активності Na-K-АТФ-ази у печінці. Із підвищенням експозиційної дози знижувався рівень іонів кальцію в тканинах, зростав вміст іонів магнію і підвищувалася активність Mg-АТФази.

Черезшкірний вплив на печінку здорових тварин ГНЛ з густиною поверхневого потоку енергії 36 мВт·см<sup>-2</sup> одноразово з експозиціями 1, 3 і 5 с через 24 год спричинював зростання активності лактатдегідрогенази і появу нових її фракцій. Отриманий ефект був дозозалежним [32].

Показано, що під впливом ГНЛ на ізольовані мітохондрії інтактних щурів виникла нова субпопуляція цих органел, в якій істотно активувалася цитохромоксидаза і зростав вміст РНК [49]. За даними [48], в опромінених ГНЛ ізольованих мітохондріях зростало вироблення АТФ, на 50–60 % підвищувався синтез мітохондріальної ДНК. Автори припускають, що лазерне світло взаємодіє з молекулами матриксу мітохондрій.

Опромінення ГНЛ звільненої від шерсті епігастральної ділянки інтактних щурів (поверхнева густина потоку енергії 3,5 мВт·см<sup>-2</sup> щодня по 8 хв протягом 8 днів) викликало змен-

шення рівня перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) мембранних систем клітин гомогенатів печінки, активацію генетичного апарату і посилення енергопродукції в мітохондріях [36]. Подібні результати узгоджуються з результатами інших авторів [45].

Пригнічення ПОЛ спостерігалось при впливі на гомогенати печінки *in vitro*. За даними [28], їхнє опромінення ГНЛ призводить до підвищення ферментативної активності каталази. Автори пов'язують це з тим, що один із максимумів поглинання каталази знаходиться у червоній ділянці спектра і становить 628 нм, що є дуже близьким до довжини хвилі ГНЛ. У свою чергу активація каталази призводить до посилення утворення АТФ у мітохондріях і зниження вільнорадикального окислення.

Зростання активності каталази відмічається у низці робіт [27; 29] як під дією гелій-неонових, так і інфрачервоного лазера, що ставить під сумнів посилення активності цього ферменту за рахунок виключно резонансного поглинання квантів енергії видимого світла. Крім цього, доведено, що низькоенергетичний лазерний вплив на печінку стимулює активність таких антиоксидантних ферментів, як супероксиддисмутази, цитохромоксидази, а також вміст у сироватці крові церулоплазміну і спричинює генералізовану (на рівні цілісного організму) антиоксидантну дію [20]. У наших дослідженнях після фотовпливу на печінку відчутно зростав вміст SH-груп у гомогенаті печінки і сироватці крові [11].

НЕЛВ може виступати також у ролі структурного антиоксиданту фізичної природи. Це пов'язано з конформаційною перебудовою в біомембранах, яка настає під впливом інфрачервоного лазерного випромінювання і приводить до зміни спектру фосfolіпідних компонентів мембран. Внаслідок



док цього вони збагачуються фракціями фосфоліпідів з нижчою температурою фазового переходу, завдяки чому підвищується їх антиокислювальна активність. Встановлено підвищення співвідношень фосфатидилетаноламін/фосфатидилхолін і сфінгомелін/фосфатидилхолін у мембранах гепатоцитів і зниження в них рівня ПОЛ [19]. Модифікація структурного стану як білкового, так і ліпідного компонентів плазматичних мембран гепатоцитів внаслідок опромінення гомогенатів печінки продемонстровано і в інших дослідженнях [43].

#### **Вплив на мітросомальну ферментну систему печінки**

В експериментальних дослідженнях [24] доведено, що опромінення печінки здорових щурів напівпровідниковим лазером з довжиною хвилі 0,85 мкм викликало виражену активацію мітросомальної системи гепатоцитів. Активність цитохром-Р-450 залежних оксигеназ, що здійснює метаболізм холестерину, підвищувалася в 1,8 разу. Рівень холестерину в крові при цьому знижувався, а кількість первинних жовчних кислот — метаболітів холестерину в жовчі — підвищувалася. Аналогічні дані наводяться й у роботі [18]. Авторами на підставі експериментальних і клінічних даних був розроблений «Спосіб профілактики гіперхолестеринемії» (патент України № 10928).

Як свідчать дані [14], опромінення депільованої епігастральної ділянки над проекцією печінки інфрачервоним лазером (довжина хвилі 0,89 мкм, частота імпульсів 300 Гц, тривалість експозиції 256 с, курс 5 процедур) підвищувало активність гідроксилазної ферментної системи ендоплазматичного ретикулулу гепатоцитів (цитохром-Р-450), за допомогою якої здійснюється дезактивація ліків та інших чужорідних сполук. Морфологічна картина печінки вказувала на стиму-

ляцію утворення і накопичення енергії в гепатоцитах, посилення обмінних процесів.

За даними інших авторів, опромінення протягом 5 щоденних сеансів депільованої ділянки проекції печінки (довжина хвилі 0,89 мкм, експозиція 256 с, поверхнева густина потоку енергії 1, 3 і 15 мВт·см<sup>-2</sup>, частота відповідно 80, 300 і 1500 Гц) показало, що при інтенсивності 1 мВт·см<sup>-2</sup> та частоті 80 Гц найбільш виражено проявляється пригнічення швидкості спонтанного утворення перекисів ліпідів, НАДФН<sup>+</sup>-залежного і аскорбатзалежного ПОЛ у мітросомальній фракції печінки щурів. При інтенсивності лазерного випромінювання 3 мВт·см<sup>-2</sup> та частоті 300 Гц спостерігалася індукція реакцій окислення-N-деметилювання амідопірину та п-гідроксилювання аніліну в мітросомах гепатоцитів. Підвищення інтенсивності дії лазерних променів до 15 мВт·см<sup>-2</sup> (частота 1500 Гц) спричинювало протилежний ефект [15].

Аналогічний вплив з частотою 300 Гц в 1,5 разу підвищував каталітичну активність цитохрому Р-450h і в 1,9 разу — цитохрому Р-450p, які беруть участь у метаболізмі стероїдних гормонів. Однак у крові не знижувався рівень біологічно активної форми кортикостерону, що пов'язують з компенсаторним посиленням секреції адренкортикотропного гормону і глюкокортикоїдів [2]. Поряд з цим, виявлено активацію процесів окисного метаболізму ксенобіотиків, пов'язаного з цитохромом Р-450 [33].

П'ятиденний вплив імпульсним інфрачервоним лазером (0,89 мкм, 3 мВт·см<sup>-2</sup>, 256 с) супроводжувався зростанням у мітросомальній фракції гепатоцитів активності супероксиддисмутази, каталази, глутатіонпероксидази, глутатіонредуктази. З активацією ферментативної ланки антиоксидантної системи автори пов'язують нормалізацію НАДФН<sup>+</sup>

і аскорбатзалежного ПОЛ у мітросомах печінки [13].

Подібні результати отримані також на фоні ваготомії [7]. Зроблено висновок, що в реалізації ефекту інфрачервоного лазерного випромінювання на мітросомальні окислювальні реакції парасимпатична іннервація печінки відіграє лише часткову роль.

На підставі дослідження впливу НЕЛВ на мітросоми гепатоцитів висунута концепція нехімічної модуляції активності цитохром Р-450-залежної монооксигеназної системи печінки [16]. Згідно з нею черезшкірне опромінення інфрачервоним лазером інтактної печінки впливає на швидкість біотрансформації ксенобіотиків і ендогенних сполук у печінці шляхом зміни активності і кількості окремих форм цитохрому Р-450. Отримані експериментальні дані були підтверджені клінічно.

У наших дослідженнях опромінення епігастральної ділянки білих щурів біостимулювальною дозою супроводжувалося істотним вкороченням тривалості гексеналового сну (на 23,2 %, Р<0,01), стимуляцією холестеринметаболізуючої функції печінки — швидкість виділення жовчних кислот у жовчі зростала на 86,7 % (Р<0,002) [10]. Ці показники опосередковано свідчать про зростання під впливом НЕЛВ функціональної активності мітросомальних монооксигеназ печінки, які метаболізують гексенал і холестерин.

#### **Вплив на ультраструктуру, мікроциркуляторне русло і жовчовидільну функцію гепатоцитів**

Встановлено, що черезшкірне опромінення постійно діючим інфрачервоним арсенідгалієвим лазером інтактної печінки призводить до розширення синусоїдних капілярів і перисинусоїдних просторів з подовженням мікроворсинок васкулярного полюсу гепатоцитів [9]. В ендотеліальних клі-

тинах і зірчастих макрофагах вистилки синусоїдних капілярів посилюється мікропіноцитоз зі збільшенням кількості транс-ендотеліальних пор. Спостерігається посиленість піноцитозна активність гепатоцитів. Їх ядра збільшуються у розмірах. Зростає кількість двоядерних паренхіматозних клітин. Перинуклеарний простір місцями розширюється, збільшується кількість пор в ядерній мембрані. Частина ядерець гіпертрофуються. В мітохондріях ущільнюється матрикс, збільшується кількість крист. Вони подовжуються, набувають чітких контурів. Як наслідок — мітохондрії збільшуються у розмірах. Крім цього, в гепатоцитах підвищується вміст профілів зернистої ендоплазматичної сітки і глікогену. Спостерігається помірна гіперплазія везикулярного компонента пластинчастого комплексу. Автори дійшли висновку, що опромінення арсенід-галієвим лазером в інфрачервоному діапазоні позитивно впливає на функціональну активність ядра і мітохондрій гепатоцитів та на мікроциркуляцію в органі.

Аналогічні результати наведені в роботі інших авторів, які здійснювали опромінення арсенід-галієвим лазером у імпульсному режимі (довжина хвилі 890 нм, частота імпульсів 80 Гц, тривалість експозиції 128 с, потужність на виході світловода 3 мВт, 5–7 сеансів з інтервалом 1 доба) епігастральної ділянки інтактних щурів [5]. Спостерігали активацію мікроциркуляторного русла: виявлено розширення просторів Діссе і синусоїдних капілярів, зростання густини цитоплазматичних структур, кількості і розмірів мікроворсинок на поверхні гепатоцитів, клітин вистилки синусоїдних капілярів. Зростала щільність зерен глікогену, проте зменшувався його об'єм. Підвищувався розмір ядерець, зростала щільність хроматину і кількість пор ядерної оболонки.

Ефективним виявився й черезшкірний вплив на печінку ГНЛ. Його застосування (потужність на виході світловода 25 мВт, по 5 хв щодня, 3–20 днів) вже після 3-го сеансу викликало повнокров'я внутрішньочасточкових синусоїдів і судин триад, набряк простору Діссе. У гепатоцитах зростала площа поверхні ядерної мембрани і гранулярної ендоплазматичної сітки. Підвищувалася кількість рибосом, ущільнювався матрикс мітохондрій. Збільшувався вміст нуклеїнових кислот у ядрі, що свідчило про зростання синтезу білків. Кількість глікогену після 3, 6 і 12 сеансів знижувалася і нормалізувалася після 20 сеансів. На думку авторів, зниження вмісту глікогену свідчило про прискорення окисно-відновних процесів [4].

В окремих дослідженнях порівнювали ефективність впливу на мікроциркуляторне русло печінки ГНЛ та інфрачервоного лазера [25]. Було показано, що одноразове опромінення відкритої поверхні печінки інтактних щурів ГНЛ (поверхнева густина потоку енергії опромінення —  $15 \text{ мВт} \cdot \text{см}^{-2}$ , поверхнева густина енергії —  $5 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$ ) викликало виражену реакцію. Спостерігалось зростання діаметра синусоїдів і центральних вен, рисунок мікроциркуляторного русла ставав чіткішим. Підвищувалася кількість видимих у полі зору синусоїдів, що свідчило про відкриття резервних мікросудин. Діаметр термінальних портальних венул мав тенденцію до деякого зменшення або залишався незмінним. Зазначені зміни були зворотними, і через 30 хв діаметр мікросудин наближався до вихідного. При цьому контрастність рисунка мікроциркуляторного русла і кількість видимих синусоїдів залишалися підвищеними. Опромінювання печінки інфрачервоним лазером ( $15 \text{ мВт} \cdot \text{см}^{-2}$ ,  $4\text{--}5 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$ ) викликав посилення кровообігу в поодиноких синусоїдах. Їх діаметр, а також

діаметр центральних вен збільшувався, не знижуючись через 30 хв після припинення опромінення. Спостерігалось сплюснення ворсинок на люмінальній поверхні гепатоцитів. У них збільшувалася кількість лізосом, що свідчило про зростання функціональної активності. В ендотеліальній вистилці синусоїдів потоншувалися краї ендотеліоцитів і з'являлася тенденція до розширення люків. Отже, інфрачервоне лазерне випромінювання викликає стійкішу активацію мікроциркуляторного русла і одночасно змінює функціональний стан печінкових клітин у бік активації. Стимуляція мікроциркуляторного русла печінки відмічалася також в інших дослідженнях [35]. Автори цих досліджень припускають, що активація мікроциркуляторного русла є ключовим механізмом терапевтичного впливу НЕЛВ.

Посилення функціональної активності печінки виявлено і при дії інфрачервоним імпульсним лазером. Вивчали морфофункціональні зміни в печінці інтактних щурів, яким здійснювали лазерний вплив на проекцію печінки з різною частотою генерації імпульсів (довжина хвилі — 0,89 мкм, 5 щоденних процедур з тривалістю 256 с кожна, частота імпульсів — 80, 300 і 1500 Гц) [31]. Встановлено, що при частоті 300 Гц у печінці спостерігалися зміни, які свідчили про зростання функціональної активності гепатоцитів і, зокрема, їх секреторної функції. Застосування частоти 80 Гц супроводжувалося незначними морфофункціональними відхиленнями. Низькоінтенсивне лазерне опромінювання з частотою 1500 Гц підвищувало функціональну, в тому числі й секреторну активність печінкової паренхіми більше, ніж опромінення з іншими частотами.

У наших експериментах вивчалася зовнішньосекреторна функція печінки під впливом черезшкірного магнітолазерно-

го опромінення печінки здорових щурів (довжина хвилі — 0,82 мкм, постійний режим, потужність на виході світлопровода — 10–35 мВт) [17]. Встановлено, що інтенсивність жовчовиділення є дозозалежною з максимумом при поверхневій густині енергії опромінення 42,8 Дж·см<sup>-2</sup>. Істотно зростала швидкість виділення загального і прямого білірубину, холестерину і жовчних кислот. Вірогідно підвищувався ступінь кон'югації білірубину. На підставі експериментальних даних розроблено «Спосіб посилення жовчовиділення у лабораторних тварин» (патент України № 23908).

### Вплив на специфічну і неспецифічну резистентність організму експериментальних тварин

Показано, що одноразовий вплив інфрачервоного лазера «Скаляр» протягом 60 с на епігастральну ділянку інтактних білих щурів з вихідною потужністю 5 мВт на 3-тю добу викликав лейкоцитоз і зростання усіх форм лейкоцитів [42]. При застосуванні 20 мВт на виході світловода даний ефект спостерігався на 7-му добу. При вихідній потужності 40 мВт зміни загальної кількості лейкоцитів і лейкоформули були незначними. Відносна кількість фагів починала зростати при опроміненні потужністю 5 і 20 мВт вже через 1 добу, досягаючи максимуму приросту на 7-му відповідно на 152 і 157 %. При опроміненні з потужністю 40 мВт повільно наростала фагоцитарна активність до 7-ї доби на 162 %. Поглинальна активність збільшувалася в усіх випадках в 2,2–4,1 разу. Разом з тим, перетравлююча функція полінуклеарів протягом досліду залишалася в межах норми. Автори вважають, що лейкоцитоз міг бути наслідком поліклональної стимуляції білого ростка кровотворення. Це підтверджується збільшенням абсолютного вмісту в крові не тільки зрілих і молодих форм

полінуклеарів, але й лімфоцитів і моноцитів. Іншою причиною лейкоцитозу може бути пожвавлення периферичного кровообігу, яке приводить до виходу фізіологічно спочиваючих мас лейкоцитів в мікросудинах спланхнічного басейну селезінки і залучення до фагоцитозу раніше неактивних полінуклеарів зі зростанням їхньої поглинальної, а також метаболічної і антимікробної активності.

У роботах деяких авторів показано, що черезшкірне опромінення напівпровідниковим лазером (довжина хвиль 822 і 877 нм) проекції печінки і селезінки інтактних кроликів викликало зростання комплементарної активності сироватки крові до 14 сеансу, яке протягом наступних 10 днів після завершення курсу поступово знижувалося [38; 41]. Аналогічно збільшувалася і фагоцитарна активність нейтрофілів. Крім цього, лазер з довжиною хвилі 822 нм стимулював неіндуковані антигенами механізми антитілоутворення — тривало і стійко зростав вміст Ig G, що свідчило про посилення функціональної активності імунокомпетентних клітин.

### Результати дослідження та їх обговорення

Узагальнюючи наведені результати дослідження, можна констатувати (рисунок), що черезшкірний вплив НЕЛВ червоного і ближнього інфрачервоного діапазону на печінку здорових експериментальних тва-

рин супроводжується активацією ферментів синтезу білка, активного транспорту електролітів і енергетичного обміну. Інтенсифікується у гепатоцитах ферментативна ланка антиоксидантного захисту. Настає конформаційна перебудова плазматичних мембран гепатоцитів, внаслідок чого підвищується їх антиокислювальна активність. У мікросомальній фракції гепатоцитів при допомозі НЕЛВ посилюється метаболізм амідопірину, аніліну, холестерину, антипірину, гексеналу, стероїдних гормонів із одночасним пригніченням НАДФН<sup>+</sup>-залежного і аскорбатзалежного ПОЛ, активацією ключових антиоксидантних ферментів.

Зростання метаболізуючої та енергопродукуючої функцій гепатоцитів під впливом НЕЛВ показано і на ультраструктурному рівні. Вірогідно інтенсифікуються процеси мікроциркуляції в досліджуваному органі. Істотно зростає специфічна функція гепатоцитів — посилюється виділення жовчі і екскреція основних її компонентів.

Біостимулювальний вплив на печінку супроводжується також позитивними зрушеннями і неспецифічної резистентності організму (лейкоцитоз, збільшення вмісту всіх форм лейкоцитів, наростання комплементарної активності сироватки крові, стимуляція неіндукованих антигенами механізмів антитілоутворення).

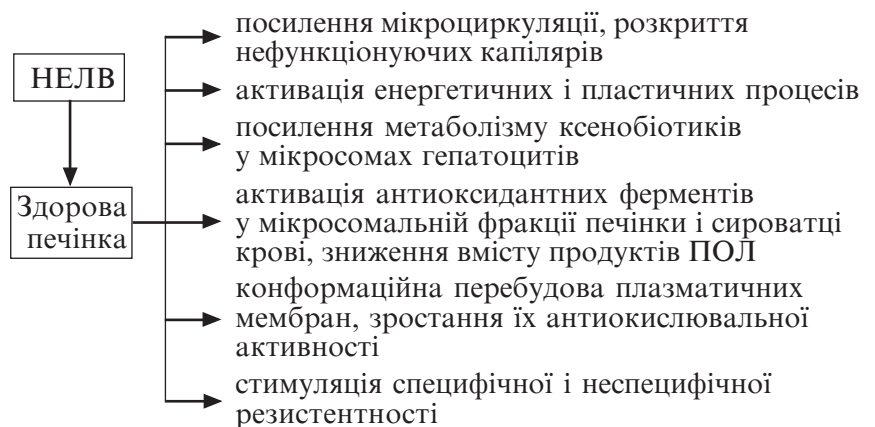


Рисунок. Узагальнена схема дії НЕЛВ на здорову печінку в експерименті



Наведені дані свідчать про те, що НЕЛВ викликає суттєву мобілізацію функціональних резервів гепатоцитів, яка відмічається вже після першого сеансу опромінення. Після п'яти сеансів істотно стимулюється генетичний апарат клітини, що може викликати стійке підвищення функціональної здатності структур печінки. Важливим є факт інтенсифікації мікроциркуляторного русла печінки і розкриття нефункціонуючих капілярів, що цілком узгоджується із загальною стимуляцією функціональної активності органа. Можна припустити, що в даних умовах збільшується потужність печінки щодо утилізації токсинів екзо- і ендогенного походження, підвищується регенераторний потенціал.

Отримані ефекти НЕЛВ з точки зору теорії індивідуальної адаптації можна розцінити як позитивні, оскільки істотно інтенсифікується в гепатоцитах здорових експериментальних тварин мікросомальна монооксигеназна система, специфічно відповідальна за утилізацію ксенобіотиків. Поряд з цим активується один з найпотужніших стреслімітуючих факторів — антиоксидантна ферментна система гепатоцитів. Останнє положення є особливо важливим. Окислюючи гідрофобні молекули чужорідного походження, оксигеназні системи перетворюють їх у полярні, водорозчинні сполуки, які виводяться екскреторними органами з організму [3]. Проте в реакціях гідроксилування окремі ксенобіотики можуть перетворюватися в активні інтермедіати (радикали), які взаємодіють з макромолекулами і можуть пошкоджувати їх. У цьому випадку головним рубежем захисту мембранних структур гепатоцитів, очевидно, виступають антиоксидантні ферменти, які нейтралізують реакції вільнорадикального окислення.

### Висновки

Сукупність відхилень функціонального і морфологічного стану печінки здорових тварин під впливом НЕЛВ червоного і

ближнього інфрачервоного діапазону свідчить про зростання потужності систем гепатоцитів, які утилізують ксенобіотики, що може стати вагомою передумовою для використання НЕЛВ з метою підвищення резистентності печінки та організму в цілому проти хімічних уражень печінки.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Айтбембетов Б. Н.* Лечение токсического поражения печени при хронической профессиональной фосфорной недостаточности // Гигиена труда и проф. заболевания. — 1993. — № 12. — С. 51-52.
2. *Активность* цитохромов Р-450р и Р-450h микросом печени и уровень кортикостероидов в крови экспериментальных животных в условиях воздействия физическими факторами / Т. А. Золотарёва, Г. А. Горчакова, В. Л. Коноваленко и др. // Бюл. эксперим. биологии и медицины. — 1992. — Т. 114, № 5. — С. 498-500.
3. *Арчаков А. И.* Оксигеназы биологических мембран. — М.: Наука, 1982. — 56 с.
4. *Антиоксическое* действие лазерного излучения на повреждённые СС14 гепатоциты / С. И. Харлампович, А. К. Полоцкий, Д. Д. Машанова, А. А. Древалль // Фармакол. и токсикология. — 1984. — Т. XLVII, № 2. — С. 49-52.
5. *Байбеков И. М., Ворожейкин В. М., Артыков Ш. Н.* Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения инфракрасного диапазона на ультраструктуру и пролиферацию клеток печени при экспериментальном гепатите и циррозе // Бюл. эксперим. биологии и медицины. — 1992. — Т. 113. — № 4. — С. 424-427.
6. *Биофизика* / Ю. А. Владимиров, Д. И. Рошин, А. Я. Потапенко, А. И. Деев. — М.: Медицина. — С. 52.
7. *Влияние* ИК-лазерного излучения на состояние активности микросомальных окислительных реакций и адренергических структур в печени крыс, подвергшихся ваготомии / Т. А. Золотарёва, Т. И. Олешко, А. С. Ручкина, С. А. Коробов // Мед. реабилитация, курортология, физиотерапия. — 1997. — № 1. — С. 39-42.
8. *Влияние* локального лазерного излучения на активность некоторых ферментов обмена глутаминовой кислоты в тканях крыс / А. Т. Пикунев, Т. Н. Зырянова, В. М. Лаврова и др. // Радиобиология. — 1985. — Т. 25, вып. 5. — С. 678-679.
9. *Ворожейкин В. М., Артыков Ш. А., Байбеков И. М.* Влияние лазерного облучения в ИК-диапазоне на структуру печени в норме и при циррозе // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Хроническое воспаление и заболевания органов пищеварения». — Ч. 2. — Харьков, 1991. — С. 17.
10. *Гудима А. А.* Особенности влияния низкоэнергетического магнитолазерного випромінювання на показатели функціональної активності мікро-

сом печінки в нормі та в умовах токсичного ураження тетрахлоретаном // Эксперим. та клін. фізіологія і біохімія. — 1999. — № 3. — С. 35-39.

11. *Гудима А. А., Смільська І. М.* Роль антиоксидантної системи в механізмі посилення резистентності до дії токсичних факторів під впливом магнітолазерного опромінення // Вісн. наук. досліджень. — 1999. — № 3. — С. 78-80.

12. *Дрижак В. І., Домбрович М. І., Олексій О. П.* Використання низькоенергетичного лазерного випромінювання в клінічній онкології // Там же. — 1998. — № 3-4. — С. 53-55.

13. *Экспериментальное* исследование особенностей антиоксидантного эффекта физических лечебных факторов / Т. А. Золотарева, А. Я. Олешко, Н. А. Алексеевко, Т. И. Олешко // Мед. реабилитация, курортология, физиотерапия. — 2001. — № 2. — С. 30-33.

14. *Золотарёва Т. А.* Действие лазерного излучения на гидроксильную ферментную систему эндоплазматического ретикула гепатоцитов // Вопр. курортологии, физиотер. и леч. физ. культуры. — 1992. — № 2. — С. 53-55.

15. *Золотарёва Т. А., Олешко Т. И.* Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на активность окислительных реакций в микросомальной фракции печени крыс // Мед. реабилитация, курортология, физиотерапия. — 1995. — № 2-3. — С. 37-39.

16. *Золотарёва Т. А.* Перспективы нового направления исследования механизма действия физических лечебных факторов // Матеріали І Нац. конгр. фізіотерапевтів і курортологів України «Фізичні чинники в медичній реабілітації». — Хмельник, 1998. — С. 52-54.

17. *Зміни* жовчовидільної функції печінки під впливом магнітолазерного опромінювання в експерименті / А. А. Гудима, М. А. Андрейчин, М. С. Гнатюк, С. В. Хміль // Мед. реабілітація, курортология, фізіотерапія. — 1998. — № 3. — С. 36-38.

18. *Золотарёва Т. А., Червоненко Б. А.* Экспериментальная физиотерапия — основные направления и возможности // Там же. — 1997. — № 3. — С. 66-71.

19. *Зубкова С. М.* Сравнительный анализ биологического действия микроволн и лазерного излучения // Вопр. курортологии, физиотер. и леч. физ. культуры. — 1997. — № 1. — С. 22-24.

20. *Зубкова С. М.* Участие антиоксидантных систем в адаптивных реакциях организма на действие физических факторов // Там же. — 1996. — № 6. — С. 31-34.

21. *Изучение* влияния на печень полупроводникового ИК-лазера с постоянным магнитным полем / Н. П. Микаелян, И. М. Алиев, И. В. Ступин и др. // Хирургия. — 1989. — № 1. — С. 85-88.

22. *Илларионов В. Е.* Биофизические основы определения допустимых параметров лазерного воздействия в лечебной практике // Вопр. курортологии, физиотерапии и леч. физ. культуры. — 1989. — № 5. — С. 54-56.

23. *Илларионов В. Е.* Основы лазерной терапии. — М.: Респект, 1992. — 123 с.

24. Кисельов В. О., Золотарьова Т. А., Грубнік В. В. Використання лазерного випромінювання для ранньої реабілітації хворих після холецистектомії // Тези доп. 1-ї Подільської наук.-практ. конф. гастроентерол. «Нове у діагностиці та лікуванні захворювань органів травлення». — Вінниця, 1993. — С. 89-90.

25. Козлов В. И., Терман О. А., Лихачёва Л. М. Микроциркуляторное русло печени при лазерном воздействии // Морфология. — 1992. — Т. 102, № 2. — С. 78-85.

26. Комарова Л. И., Алехина С. М. Об информативности некоторых новых биохимических тестов при оценке состояния гепатобилиарной системы у контактирующих с пестицидами // Пестициды и здоровье. — Краснодар, 1989. — С. 91-94.

27. Корочкин И. М., Бабенко Е. В. Механизмы терапевтической эффективности излучения гелий-неонового лазера // Сов. медицина. — 1990. — № 3. — С. 3-8.

28. Крылов О. А. О путях изучения механизма действия лазерного облучения // Вопр. курортологии, физиотер. и леч. физ. культуры. — 1980. — № 6. — С. 1-5.

29. Лазерная и магнитолазерная терапия / Под ред. А. К. Полонского. — М.: ВНИИМИ, 1985. — Вып. 3. — 66 с.

30. Меерсон Ф. З., Пищенникова М. Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. — М.: Медицина, 1988. — 256 с.

31. Насибуллин Б. А. Морфофункциональные изменения в печени крыс под воздействием низкоинтенсивного лазерного воздействия различных режимов // Мед. реабилитация, курортология, физиотерапия. — 1995. — № 4. — С. 46-49.

32. Общая активность и изоферментный спектр ЛДГ миокарда и печени животных после облучения гелий-неоновым лазером / Е. Н. Мешалкин, В. С. Сергиевский, Л. А. Кремлёва, Л. Н. Русаева // Кровообращение. — 1984. — № 1. — С. 3-6.

33. Олешко А. Я., Олешко Т. И. Влияние ультразвука и низкоинтенсивного лазерного излучения на ак-

тивность микросомальной энзимной системы печени // Матер. I Нац. конгр. физиотерапевтов і курортологів України «Фізичні чинники в медичній реабілітації». — Хмельник, 1998. — С. 59-60.

34. Перспективность исследования стимулирующего действия биофизических факторов на организм в экологическом плане / Н. Г. Самойлов, Л. Г. Кривега, Л. А. Перельгина и др. // Матер. доп. наук. конф. «Актуальні питання теоретичної та клінічної медицини на сучасному етапі». — Полтава, 1996. — С. 346-347.

35. Петрищев Н. И., Михайлова Н. А., Ткаченко С. Б. Использование лазерного излучения для исследования тромбозостойкости сосудов // Вестн. АМН СССР. — 1988. — № 2. — С. 77-82.

36. Попов В. И. Воздействие лазерного излучения на митотическую активность гепатоцитов регенерирующей печени // Вопр. курортологии, физиотер. и леч. физ. культуры. — 1980. — № 6. — С. 10-12.

37. Роль ионного обмена в механизме воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения на секреторные органы пищеварительного тракта / Е. Н. Панасюк, Л. Н. Карпенко, А. М. Мороз и др. // Тез. докл. 14 Всесоюз. конф. по физиологии пищеварения и всасывания. — Тернополь; Львов, 1986. — С. 218.

38. Сагалович Е. Е., Зафранская М. М. Система комплемента и фагоцитоза в результате воздействия излучения полупроводниковых лазеров / Под ред. Л. Д. Гонды // 3-я науч.-практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии». — Ялта, 1994. — С. 42-43.

39. Самойлов Н. Г. Современное состояние проблемы изучения механизма действия низкоинтенсивного лазерного излучения // Фотобиология и фотомедицина. — 2000. — Т. 3, № 1-2. — С. 76-83.

40. Самосюк И. З., Лысенюк В. П., Лобода М. В. Лазеротерапия и лазеропунктура в клинической и курортной практике. — К.: Здоров'я, 1997. — 240 с.

41. Состояние клеточно-гумораль-

ных факторов неспецифической резистентности организма при воздействии низкоэнергетического лазерного излучения в эксперименте / Е. Е. Сагалович, В. К. Зубович, И. А. Малевич и др. // Тези доп. 4-ї наук.-практ. конф. «Застосування лазерів в медицині та біології». — К., 1995. — С. 17-18.

42. Состояние системы крови и неспецифической противоиной защиты при внешнем облучении крыс низкоэнергетическим инфракрасным лазером / Л. А. Аполлонова, С. С. Бабаян, А. А. Белопольский и др. // Пат. физиология и эксперим. терапия. — 1996. — № 4. — С. 26-28.

43. Структурно-функціональні зміни плазматичних мембран клітин під впливом лазерного випромінювання / А. В. Параніч, Л. В. Січевська, О. Д. Рошаль та ін. // Фотобіологія і фотомедицина. — 2000. — Т. 3, № 3-4. — С. 94-97.

44. Терапевтическая эффективность низкоинтенсивного лазерного излучения / А. С. Крюк, В. А. Мостовников, И. В. Хохлов, Н. С. Сердюченко. — Минск: Наука и техника, 1986. — 231 с.

45. Ушаков И. Н., Покровская Л. А., Суворов И. М. Состояние гемодинамики при действии лазерного излучения // Гигиена труда и проф. заболевания. — 1982. — № 7. — С. 44-45.

46. Федоров Б. Ф. Лазеры. Основы устройства и применения. — М.: ДОСААФ, 1988. — 190 с.

47. Штабський Б. М., Гжегоцький М. Р. Ксенобіотики, гомеостаз і хімічна безпека людини. — Львів: Видавничий дім «НАУТІЛУС», 1999. — 308 с.

48. Activation of mitochondrial DNA replication by He-Ne laser irradiation / R. A. Vacca, E. Marra, E. Quagliariello, M. Greco // Biochem. Biophys. Res. Commun. — 1993. — Vol. 195, N 2. — P. 704-709.

49. Helium-neon laser irradiation of rat liver mitochondria gives rise to a new subpopulation of mitochondria: isolation and first biochemical characterization / M. Greco, E. Perilino, D. Pastore et al. // J. Photochem. Photobiol. B. — 1991. — Vol. 10, N 1-2. — P. 71-78.

УДК 612.359-017.2-036.8:615.849.19-092.9

М. А. Андрейчин, А. А. Гудима, В. В. Дем'яненко  
РОЛЬ НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ У СТИМУЛЯЦІЇ АДАПТОГЕННИХ РЕАКЦІЙ ЗДОРОВОЇ ПЕЧІНКИ В ЕКСПЕРИМЕНТІ

Узагальнено існуючі літературні дані стосовно впливу низкоенергетичного лазерного випромінювання червоного і ближнього інфрачервоного діапазону на морфофункціональний стан здорової печінки в експерименті. Встановлено, що лазерне опромінювання печінки супроводжується активацією системи антиоксидантного захисту і мікроциркуляторного русла органа, стимулює геном, енергетичні та синтетичні процеси гепатоцитів. Вірогідно зростає активність микросомальної монооксигеназної системи печінки, підвищується неспецифічна резистентність організму. В цілому зростає функціональна активність печінки, що відбувається за рахунок стимуляції нефункціонуючих гепатоцитів і посилення в них метаболічних і пластичних процесів.

**Ключові слова:** низкоенергетичне лазерне випромінювання, печінка, резистентність.

UDC 612.359-017.2-036.8:615.849.19-092.9

М. А. Andreichyn, A. A. Gudyma, V. V. Demyanenko  
THE ROLE OF LOW-ENERGY LASER RADIATION IN STIMULATION OF ADAPTOGENIC REACTIONS OF A HEALTHY LIVER IN EXPERIMENT

The present work is aimed to generalize all the existing data from literature concerning the problem of low-energy laser of red and infrared radiation influence on morphodynamic state of a healthy liver under the condition of experiment. Laser radiation has been ascertained to be accompanied by activating antioxidant protective and liver's microcirculatory channel systems as well as stimulate energy and synthetical processes in hepatocytes. The activity level of the liver's microsomal monooxygenase system and organism's nonspecific resistance for certain increase.

The present literature data develop a new trend of using low-energy laser radiation as a method to influence on liver's reactivity and its resistance to various unfavorable conditions.

**Key words:** low-energy laser radiation, liver, resistance.