

О.О. Коркушко

Вплив когерентного та некогерентного лазерного випромінювання на серцево-судинну систему

Проведенное экспериментальное исследование показало, что когерентное и некогерентное лазерное излучение одинаковой мощности, ориентированное на глаз кролика, не вызывая существенных сдвигов уровня среднестатистического давления, в то же время влияет на сосудистый и сердечный компоненты гемодинамической реакции. Установлено, что структура гемодинамической реакции неодинакова при продолжительном действии когерентного и некогерентного лазерного излучения.

ВСТУП

Відомо, що лазерне випромінювання має властивості, які відрізняють його від звичайного монохроматичного світла тієї ж довжини хвилі. Поглиблене та різнобічне вивчення механізмів дії випромінювання низькоінтенсивного лазера на організм людини і можливостей його клінічного використання призвело до накопичення великого фактичного матеріалу [17, 9–10, 12–15], який є обґрунтуванням необхідності розвитку лазерної медицини. Зокрема, отримано дані про залежність ефектів біологічної дії опромінення від потужності лазерного променя [3, 4, 6]. Якщо не враховувати цього, можна отримати опіки та функціональні розлади [3, 10]. Незважаючи на те, що біологічна дія лазерного випромінювання вже багато років викликає пильну увагу дослідників, багато питань стосовно його ефектів залишаються не до кінця вирішеними, отже залишаються актуальними експериментальні дослідження на тваринах.

Мета нашої роботи – вивчити реакції серцево-судинної системи кролів на дію когерентного і некогерентного лазерного випромінювання.

МЕТОДИКА

Досліди проводили на 36 кролях-самцях породи шиншила. Джерелом лазерного випромінювання був лазер ЛГ-126 [8, 11], довжина хвилі становила 0,263 нм. Кролів закріплювали у спеціальному станку зі збереженням фізіологічної пози. Протягом тижня перед початком дослідів контрольних і дослідних кролів висажували у станок для звикання до умов експерименту. Щодобово на праве око тварини спрямували лазерне випромінювання (по 14 хв протягом 20 діб) при рівні освітленості в помешканні 40 лк. Розфокусування променя до 2,5 см у діаметрі досягали в одному випадку лінзою+16 D (когерентне поляризоване світло), в іншому випадку – світловодом (некогерентне деполаризоване світло). Відомо, що лінза не змінює когерентності та поляризації лазерного випромінювання. Після проходження через волоконний джгут ступінь поляризації й когерентності лазерного випромінювання був рівним нулю. Енергетична експозиція в обох випадках становила 8,4 – 10,1 Дж/см² і являла собою надпорогову потужність випромінювання.

Усіх тварин було розділено на три групи по 12 кролів у кожній. Кролі контрольної групи не підлягали дії лазерного випромінювання. На очі тварин 1-ї дослідної групи направляли когерентне поляризоване світло (промінь лазера проходив через лінзу), а на тварин 2-ї групи – некогерентне та деполаризоване світло (промінь проходив через світловод). Реєстрували електрокардіограму в II відведенні; вимірювали систолічний і діастолічний артеріальний тиск у стегновій артерії. Систолічний об'єм крові визначали методом реоплетизмографії. Всі показники реєстрували на осцилографі Н-116 фізіографа 068. Розраховували частоту дихання (ЧД), частоту серцевих скорочень (ЧСС), пульсовий і середньодинамічний тиск, тривалість фази вигнання, хвилинний об'єм крові, загальний периферичний опір. Стан серцево-судинної системи аналізували на 3, 6, 12 і 20-ту добу дії лазерного випромінювання. Використовували метод дисперсійного аналізу отриманих результатів. Статистичний аналіз результатів проводили з урахуванням критерію *t* Стьюдента. За достовірні приймали значення $P < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Тривале (20 діб) когерентне випромінювання надпорогової потужності (8,4–10,1 Дж/см²), орієнтоване на праве око кролів, супроводжувалося змінами ЧД і показників центральної гемодинаміки, які мали певні відмінності протягом експерименту. Слід зазначити, що при дії когерентного випромінювання зміни цих показників здебільшого були статистично невірогідними протягом усього експерименту, але спостерігалася тенденція до їх змін. Так, ЧД практично не змінювалася на 3-тю добу дії випромінювання, але знижувалася від $11,7 \pm 0,7$ до $10,0 \pm 1,0$ хв⁻¹ на 6-ту добу, що становило 14,5% ($P > 0,5$). На 12-ту добу

вона збільшувалася до $12,8 \pm 1,2$ хв⁻¹ ($P > 0,05$), тобто перевищувала контрольний рівень на 9,4 %. Через 20 діб ЧД була більшою за контроль на 19,7% ($P > 0,05$). Зважаючи на те, що зміни цього показника були статистично невірогідними, можна говорити лише про тенденцію до її зменшення (таблиця). Водночас слід відмітити, що ЧД зменшувалася тільки на 6-ту добу, після чого відмічалася прогресивне її збільшення, причому абсолютні значення ЧД у другій половині (з 12-ї по 20-ту добу) дії випромінювання перевищували такі у контрольних тварин.

Середньодинамічний тиск крові теж змінювався статистично невірогідно протягом практично всього періоду дії лазерного випромінювання, за виключенням 20-ї доби. Аналіз динаміки цього показника свідчить про те, що лише на 3-тю добу дії випромінювання спостерігалася тенденція до його зменшення, після чого середньодинамічний тиск збільшувався, перевищивши значення контрольних тварин уже на 6-ту добу, а на 20-ту добу його рівень статистично вірогідно перевищував такий контрольних тварин (див. таблицю).

Систолічний артеріальний тиск максимального знизився на 3-тю добу експерименту (на 6,1%; $P < 0,05$). У наступну добу когерентне випромінювання впливало на нього меншою мірою – через 12 діб його рівень у середньому був тільки на 2,3 % ($P > 0,05$) нижчим, а через 20 діб перевищував значення контрольної групи на 4,6 % ($P > 0,05$).

Що стосується діастолічного тиску, то його значення статистично вірогідно збільшилося відносно контрольної групи на 6-ту добу і залишалася вищим за контрольний рівень протягом всіх 20 діб опромінення ока (див. таблицю). Спостерігалася тенденція до зменшення пульсового тиску крові протягом перших 12 діб опромінення, але на 20-ту добу він практично не відрізнявся від контролю.

Когерентне випромінювання викликало зменшення систолічного об'єму крові, яке на 3-тю добу після початку експерименту становило 17,8 %, $P>0,05$). Максимальне його зменшення, яке було статистично вірогідним і становило 23 % ($P<0,05$) спостерігалось на 6-ту добу експерименту. На 12-ту добу систолічний об'єм крові був на 20,4 % ($P>0,05$) меншим за контроль і через 20 діб його абсолютні значення практично не відрізнялись від таких у контрольній групі (3,9 %). Подібною була направленість змін хвилинного об'єму крові. Але ці зміни були статистично невірогідними протягом усього експерименту. Максимальне зменшення (на 9,5 %) відмічалось на 6-ту добу експерименту (див. таблицю).

ЧСС мала тенденцію до збільшення вже на 3-тю добу (на 9,6%; $P>0,05$) і залишалася вищою, ніж у контрольній групі

протягом всіх 20 діб експерименту, хоча ці зміни не були статистично вірогідними протягом усього терміну дослідження (див. таблицю).

Орієнтоване на око когерентне лазерне випромінювання супроводжувалося збільшенням загального опору периферичних судин, яке становило на 3-тю добу 3,5 %, на 6-ту добу експерименту – 14,7% ($P<0,05$); на 12-ту і на 20-ту добу 10,5 і 9,5 % відповідно (див.таблицю).

Отримані результати свідчать про те, що когерентне лазерне випромінювання надпорогової потужності, яке хоч і було орієнтоване на око, впливало також на ЧД і основні показники серцево-судинної системи. При довготривалій експозиції ока до когерентного лазерного випромінювання (20 діб) майже всі досліджені показники серцево-судинної системи реагували на нього тією чи іншою мірою. Середньо-

Ефекти тривалого гелій-неонового лазерного та некогерентного деполаризованого випромінювання на гемодинамічні показники у кролів

Схема досліджу	Частота дихання, хв ⁻¹	Частота серцевих скорочень, хв ⁻¹	Систолічний тиск, мм рт.ст.	Діастолічний тиск, мм рт.ст.	Пулсовий тиск, с	Середньодинамічний тиск,	Тривалість фази вигнання, с	Систолічний об'єм крові, мл	Хвилинний об'єм крові, мл	Загальний периферичний опір, дин·с·см ⁻⁵
Когерентне поляризоване світло										
Контроль	11,7±0,7	150±7	131±3	81±1	46±2	102±2	0,1554±0,0021	1,52±0,09	221,2±22	36923±566
Лазерне випромінювання										
3-тя доба	11,6±1,2	174±8	123±2*	78±2	38±2	98±2	0,1423±0,0028	1,25±0,10	205±42	8243±1273
6-та доба	10,0±1,0	162±7	131±3	87±2*	37±3	106±2	0,1471±0,0033	1,17±0,10*	200,2±23	2357±903*
12-та доба	12,8±1,2	153±9	128±2	83±2	36±2	103±2	0,1488±0,0022	1,21±0,08	202,6±30	0671±1143
20-та доба	14,0±1,8	173±14	137±3	86±2*	44±2	110±2*	0,1560±0,0030	1,46±0,10	217,6±27	40441±603
Некогерентне деполаризоване світло										
Контроль	14,0±1,9	171±9	141±4	87±3	45±4	110±2	0,1595±0,0044	1,65±0,20	417±56	1103±1603
Лазерне випромінювання										
3-тя доба	15,2±2,0	140±12	127±2*	79±2	42±2	100±4	0,1533±0,0033	1,38±0,10*	279±36*	8673±1282
6-та доба	16,0±1,4*	163±7	131±3*	90±2	36±2*	109±2	0,1436±0,0029*	1,05±0,10*	230±22*	37913±1228*
12-та доба	15,8±1,8*	173±6	133±3	87±2	39±1*	102±2	0,1500±0,0015*	1,24±0,10*	302±16*	27019±589
20-та доба	10,0±1,6	165±6	137±4	86±2	42±3	108±2	0,1562±0,0033	1,52±0,14	356±29	24269±714

* $P<0,05$

динамічний тиск мав тенденцію до короткотривалого (3-тя доба) зменшення, після чого відмічалася тенденція до його підвищення, а через 20 діб опромінення збільшення цього показника ставало статистично вірогідним. Якщо зважити, що артеріальний тиск є інтегральним показником стану системи кровообігу і складається переважно з двох компонентів – судинного та серцевого, то аналіз змін ЧСС, систолічного об'єму та загального периферичного опору дає змогу визначити структуру змін рівня середньодинамічного артеріального тиску. Як свідчать отримані результати, незважаючи на те, що він майже не змінювався протягом практично всього періоду дії когерентного випромінювання, зменшення систолічного об'єму крові та збільшення загального периферичного опору судин на 6-ту добу були статистично вірогідними. Хвилиний об'єм крові знижувався неістотно протягом усього періоду дослідження внаслідок деякого збільшення ЧСС. Слід зазначити, що на 12-ту добу дії когерентного лазерного випромінювання більшість досліджених показників серцево-судинної системи практично не відрізнялися від контролю, а на 20-ту добу практично всі показники, за виключенням систолічного об'єму та хвилиного об'єму крові, перевищували значення у контрольних тварин. Отже, постає питання про необхідність враховувати тривалість дії когерентного лазерного випромінювання, орієнтованого на око, при аналізі його дії на серцево-судинну систему.

У разі довготривалої (20 діб) дії некогерентного деполаризованого лазерного випромінювання тієї ж потужності на око кролів спостерігалися зміни показників серцево-судинної системи і ЧД, але вони носили дещо інший характер порівняно зі впливом когерентного лазерного випромінювання (див. таблицю). ЧД мала тенденцію до збільшення на 3-тю добу дії

некогерентного лазерного випромінювання; на 6-ту добу її збільшення становило 14,3 % ($P < 0,05$) і на 12-ту – 12,8 % ($P < 0,05$), а на 20-ту добу її значення ставали меншими, ніж у контрольних тварин.

Середньодинамічний тиск мав тенденцію до зменшення, яке спостерігалася протягом усього терміну дослідження, але його зміни були статистично невірогідними.

Систолічний артеріальний тиск максимально зменшувався на 3-тю добу в середньому на 9,9 % ($P < 0,05$) порівняно з тваринами контрольної групи. Після цього він поступово збільшувався протягом експерименту (див. таблицю). На 20-ту добу його значення наближалось до такого у контрольній групі.

Зміни діастолічного тиску були статистично невірогідними протягом усіх 20 діб експерименту. Спостерігалася тенденція до його зменшення (на 9,1%; $P > 0,05$) на 3-тю добу експерименту і збільшення на 6-ту добу (на 3,4 %; $P > 0,05$) порівняно з контролем.

ЧСС зменшувалась у перші 6 діб дії випромінювання, але статистично невірогідно. На 3-тю добу її зменшення було максимальним і становило 11,4 % ($P > 0,05$), після чого спостерігалось її поступове збільшення, але навіть на 20-ту добу експерименту її значення не перевищували такі у контрольних тварин.

Аналогічною була направленість змін систолічного об'єму крові, який на 3-тю добу опромінення зменшився на 16,4 % ($P < 0,05$). Максимальне його зменшення відмічено на 6-ту добу (36,7 %; $P < 0,05$). Через 12 діб спостерігалось поступове збільшення систолічного об'єму на 24,8 % ($P > 0,05$) і на 20-ту добу експозиції він залишався меншим за рівень у контрольних кролів на 3,9 % ($P > 0,05$). Отже, некогерентне випромінювання супроводжувалося статистично вірогідним зменшенням систолічного об'єму протягом перших 12

діб експерименту, тільки на 20-ту добу він майже відновлювався.

Хвилинний об'єм крові достовірно зменшувався вже на 3-тю добу експерименту (33 %) і залишався нижчим за рівень контрольних тварин протягом усього експерименту. На 6-ту добу спостерігалось найбільш виражене його зменшення (на 44,8%), через 12 діб воно становило 27,5% і через 20 діб – 14,6 %.

Загальний периферичний опір судин збільшився на 35,9% ($P>0,05$) на 3-тю добу дії лазерного випромінювання. Максимально він збільшився на 6-ту добу (79,7%; $P<0,05$). На 12-ту добу його збільшення становило 28% ($P>0,05$). Через 20 діб загальний периферичний опір був більшим від такого у контрольних тварин на 15 %. Отже, цей показник залишався вищим відносно контрольних значень протягом всього експерименту. Аналіз структури гемодинамічної реакції при дії некогерентного лазерного випромінювання свідчить про те, що, хоч зміни середньодинамічного артеріального тиску залишались у межах норми, некогерентне лазерне випромінювання досить суттєво впливало на систолічний і хвилинний об'єми крові, а також на тонус периферичних судин.

Таким чином, аналіз ефектів когерентного та некогерентного лазерного випромінювання однакової потужності свідчить про те, що вони не супроводжувались істотними змінами середньодинамічного артеріального тиску, рівень якого не змінювався статистично вірогідно відносно значень контрольних тварин. Водночас аналіз структури гемодинамічної реакції, викликаній цими типами випромінювання, говорить про те, що опір периферичних судин, систолічний і хвилинний об'єми крові при цьому можуть змінюватися досить суттєво. Як з'ясувалося, некогерентне неполяризоване освітлення ока супроводжувалося незначним гіпотензивним ефектом, в основі якого лежало переважно змен-

шення систолічного об'єму крові; його дія була більш короткочасною, порівняно з когерентним випромінюванням. Вплив когерентного випромінювання на систему кровообігу був в значній частині досліду гіпертензивним, і в основі підвищення рівня артеріального тиску лежало переважно збільшення загального периферичного тиску, хоч ЧСС теж мала тенденцію до збільшення. Зважаючи на те, що гіпертензивний ефект був особливо значним на 20-ту добу дії лазерного випромінювання, слід враховувати той факт, що тривалість когерентного випромінювання має таке саме важливе значення, як потужність.

О.О. Korkushko

EFFECT OF COHERENT AND NON-COHERENT LASER EMISSION ON CARDIOVASCULAR SYSTEM.

It has been shown that coherent and non-coherent laser emission oriented on rabbit eye affects vascular and cardiac components of haemodynamics while not shifting significantly the level of dynamic pressure. It is demonstrated that haemodynamic reactions are different upon long-term exposure of coherent and non-coherent laser emission.

Kiev Medical Institute of Ukrainian Association of Traditional Medicine

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Галюк І.М., Танчин І.А., Качмар Н.І та ін. Вплив низькоінтенсивного лазерного опромінення на гемомікроциркуляторне русло міокарда. – В кн.: Застосування лазерів в медицині та біології. – Львів, 1995. – С.19 – 20.
2. Гончарова Л.Л., Покровская Л.А., Ушкова И.Н. Роль антиоксидантных систем в реакции организма на действие низкоинтенсивного лазерного излучения. – Радиационная биология // Радиэкология. – 1994. – 34, вып. 3. – С.368 – 374.
3. Долгих А.И. Лазеротерапия больных вегетосудистой дистонией по гипотоническому типу. – В кн.: Застосування лазерів в медицині та біології. – Львів, 1995. – С.91 – 92.
4. Девятков Н.Д., Зубкова С.М. Физико-химическое, биологическое действие лазерного излучения // Успехи совр. биологии. – 1987. – 103, № 1. – С.31 – 43.
5. Карабаева С.И., Аргыгалиева Д.М., Абдрахманова Н.А., Голубых Л.Г. Действие низкоинтенсивного лазерного излучения на микроциркуля-

- торное русло в органах эндокринной системы у интактных животных. – В кн.: Патология сосудов и сердца. – Алма-Ата, 1985. – С.90 – 93.
6. Кару Т.Й., Календо Г.С., Лобко В.В. Зависимость биологического действия низкоинтенсивного видимого света на клетки от параметров излучения, когерентность, дозы и длины волны // Изв. АН СССР. – 1983. – 47, № 10. – С.2017 – 2022.
 7. Коркушко А.О., Мачерет Е.Л. Механизмы действия лазерного излучения на соматическую мембрану нейронов // Врачеб.дело. – 1982. – № 7. – С.94 – 97.
 8. Коркушко А.О. Лазерное светостимулирующее устройство. А.с. № 4888419, опубл. 22.06.90.
 9. Коркушко А.О., Кришталь О.А. Воздействие когерентного оптического излучения на ионные каналы соматической мембраны изолированных нейронов млекопитающих // Врачеб.дело. – 1985. – № 9. – С.64 – 69.
 10. Коркушко А.О. Лазеропунктура в клинической практике // Tian Jin Jour Nae of Traditional chinese medicdne. – 1994. – P.15.
 11. Коркушко А.О., Мачерет Е.Л. Лазерное светостимулирующее устройство. Заявка № 4888419/28-14/140269.Опубл. 22.06.90.
 12. Кондратов В.Е., Свердлова Е.А., Максимов Г.В., Чохорадзе Т.А. Механизмы ионного транспорта эритроцитов при действии лазерного излучения. – М. – 1994. – Деп. В ВИНТИ 10.01.94 № 38-В94. – С. 26 – 27.
 13. Ламп К.М., Кулль М.М., Паавс М.Х. и др. Модуляция активности Т-клеточного звена иммунитета лазерным излучением. – В кн. Лазеры в биофизике и новые применения лазеров в медицине. – Тарту. – 1990. – С.84 – 91.
 14. Павлова Р.Н., Резников Л.Л., Гринберг В.Г., Пупкова Л.С. К механизму действия низкоинтенсивного лазерного излучения на интенсивность перекисного окисления липидов. – В кн.: Лазерная и магнитная терапия в экспериментальных и клинических исследованиях. – Обнинск. – 1993. – Ч.1. – С.67 – 69.
 15. Покровская Л.А., Гришина Е.Ф., Ефимова Н.Г. Сопоставление реакции сердечно-сосудистой системы при действии когерентного и некогерентного лазерного излучения. – В кн.: Влияние лазерного излучения на здоровье человека. – Л., 1985. – С. 22 – 29.