

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА КУРОРТОЛОГІЇ,
МЕДИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ТА ФІЗІОТЕРАПІЇ

ЛАЗЕРОТЕРАПІЯ

Методичні рекомендації

Ужгород - 2012

Методична розробка підготовлена:

- В.С.Сухан – кандидат медичних наук, доцент кафедри курортології, медичної реабілітації та фізіотерапії факультету післядипломної освіти УжНУ.

Рецензенти:

- М.І.Товт-Коршинська – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри пульмонології та фтизіатрії з курсами інфекційних хвороб та дерматовенерології факультету післядипломної освіти УжНУ.
- П.П.Добра – кандидат медичних наук, доцент, завідувач кафедри курортології, медичної реабілітації та фізіотерапії факультету післядипломної освіти УжНУ.

Медичні рекомендації затверджено і рекомендовано до друку методичною комісією та Вченою радою факультету післядипломної освіти УжНУ від 17.05.2012, № 10

Для практикуючих лікарів різних спеціальностей, а також для слухачів курсів підвищення кваліфікації, лікарів-інтернів та студентів вищих медичних закладів.

ЗМІСТ

1.	Вступ	4
2.	Теоретичне обґрунтування лазеротерапії	6
3.	Практичне застосування лазеротерапії	18
4.	Методика і техніка проведення процедур	21
5.	Біологічна і терапевтична дія лазерного випромінювання	21
6.	Показання	23
7.	Протипоказання	23
	Література	24

Вступ

Назва «**LASER**» є акронімом з англійської: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation і означає посилення світла вимушеною емісією випромінювання.

1.1. Історія питання

Історія відкриття лазерного випромінювання чи будови перших лазерних пристроїв бере свій початок з ХХ ст., а отже, є відносно молодого.

У 1900 р. М. Планк висловлює думку, що енергія електромагнітних хвиль не є сталою величиною, а може становити лише "дискретні" величини.

У 1906 р. Н. Бор припускає, що атом має планетарну будову: позитивно заряджене ядро і орбіти з негативними електронами з різними енергетичними рівнями (електрони, які знаходяться на орбітах, розмішених далі від ядра, мають вищий енергетичний рівень, ніж ті, що розташовані ближче до ядра). Якщо електрон з дальшої орбіти переходить на ближчу, то виділяється порція енергії, що дорівнює фотону. Якщо ж електрон з ближчої орбіти поглинає фотон енергії, то він переходить на дальшу орбіту.

У 1917 р. А. Ейнштейн, на основі праць Планка і Бора, створює концепцію адсорбції, емісії спонтанної або емісії вимушеної, даючи підґрунтя для теорії лазерного випромінювання.

У 1954 р. Гордон і співробітники (США) частково втілюють ідею Ейнштейна, створюючи **MASER** — генератор мікрохвиль з властивостями, передбаченими видатним фізиком.

У 1957 р. виникає перша теоретична концепція будови напівпровідникового лазера, що була застосована практично лише в 1970 р., коли було одержано постійну роботу цього лазера за кімнатної температури.

У 1958 р. Басов і Прохоров у Радянському Союзі та Scawlov і Townes у США впроваджують *MASER* в оптичний спектр, тобто замінюють мікрохвильовий резонатор на оптичний.

7 липня 1960 р. Т. Мейн з Каліфорнії будує перший лазерний пристрій (рубіновий лазер із довжиною хвилі 693,3 нм).

У 1961 р. створено першу в світі лазерну лабораторію (університет у Цинциннаті).

У 1964 р. створено перші конструкції лазерів, у тому числі гелій-неоновий (Javan), вуглекислотний (Патель), аргонний (Гордон) та ін.

У 1969 р. Е. Меснер першим застосує лазерну енергію низької потужності для лікування виразок шкіри, що погано гояться, використовуючи для цієї мети гелієво-неоновий лазер потужністю 50 мВт або лазер аргонний потужністю 100 мВт. Теорію лазерної біостимуляції та біостимуляційного ефекту використовують для конкретної терапії.

"Щоб зрозуміти і поглибити знання про лазерну терапію низької потужності, обов'язковим є розуміння залежності між світлом та життям" (Теруо Хіга, 1971).

Без світла немає життя високоорганізованих біологічних форм. Низка процесів відбувається в усіх живих організмах під

впливом або за участю світла. Лікувальні властивості світла були відомі людству кілька тисячоліть тому.

Першою конкретною формою світлолікування займався датський учений, засновник Інституту світлолікування в Копенгагені, Н.Р. Фінсен (Нобелівський лауреат 1903 р.), який використовував для лікування імпетигу та екземи кварцові фільтри, охолоджувані водою, для виділення ультрафіолетових променів з випромінювання сонця та ртутно-кварцових ламп.

1.2. Теоретичне обґрунтування лазеротерапії

Лазерне випромінювання — це те саме світло, що відрізняється від світлових променів, які походять від інших джерел, своєю монохроматичністю, когерентністю (суцільністю), напрямленістю і має всі підстави для того, щоб бути віднесеним до видимого спектра випромінювання.

Згідно з теорією Н. Бора, А. Ейнштейн стверджував, що:

- кожний атом має електрони, що рухаються по орбітах, розміщених навколо ядра;
- кожне ядро має позитивно заряджені протони;
- від'ємно заряджені електрони притягуються позитивно зарядженими протонами ядра;
- утримання електронів на орбітах, тобто на певній відстані від ядра, потребує цілком певної енергії, а відстань електронів від ядра атома визначає їхній так званий енергетичний стан;

— рівень з найменшою енергією має назву вихідного стану;

— рівні з більшими енергетичними величинами називають збудженими станами.

З досліджень М. Планка відомо, що перехід з вищого рівня E_n на нижчий E_{n-1} супроводжується втратою енергії, яка дорівнює $E_n - E_{n-1}$. Ця енергія виділяється у вигляді фотона, тобто кванта випромінювання. Енергія фотона дорівнює:

$$E_f = hf = E_n - E_{n-1} = hc/\lambda,$$

де E_f — енергія фотона; h — стала Планка; f — частота; c — швидкість світла в матеріальному середовищі; λ — довжина хвилі випромінювання.

З вищенаведеної формули довжина хвилі випромінювання дорівнює:

$$\lambda = hc/E_n - E_{n-1}.$$

Отже:

— довжина хвилі випромінювання, що генерується з будови атома, залежить виключно від різниці енергії $E_n - E_{n-1}$, оскільки hc є сталою величиною;

— якщо енергетичні рівні зближені між собою, то довжина генерованої хвилі буде більшою;

— якщо ж, навпаки, енергетичні рівні віддалені один від одного, то генерована хвиля буде коротшою.

А. Ейнштейн стверджував, що:

— для одержання монохроматичного випромінювання слід створити умови для побудови атома, за якої були б можливі лише "чисті" переходи між двома вибраними енергетичними рівнями;

— для того щоб атом або часточка могли виділяти випромінювання, вони мають бути перенесені на вищий енергетичний рівень, тобто переведені в стан збудження.

Отже, атом, поглинаючи фотон, збуджується завдяки переходу електрона зі стану E_1 в стан E_2 . Стан E_2 є станом нетривким, оскільки електрон за своєю природою прагне до повернення на своє постійне місце. Це повернення відбувається завдяки процесові спонтанної емісії в атомі, тобто емісії фотона, що дорівнює: $E = E_2 - E_1$.

А. Ейнштейн, обгрунтовуючи можливість отримання вимушеної емісії напрямлених і монохроматичних фотонів, вважав, що опромінення попередньо збудженого атома фотонами з енергією, яка відповідає бажаному енергетичному переходу $E_2 - E_1$, пояснювало б емісію фотонів саме з цією енергією.

Посилення світла вимушеною емісією випромінювання (англ. LASER), закладене в ідеї схеми А. Ейнштейна, знайшло своє втілення через 43 роки в створеному Майманом першому рубіновому лазерному апараті.

Інверсія (зміна порядку) розміщення — це процес, суть якого полягає в привнесенні енергії в атом іззовні. Інверсія розміщення досягається в тому випадку, коли кількість електронів на якомусь з вищих енергетичних рівнів є більшою від кількості електронів на іншому, нижчому, енергетичному рівні. Цього стану не можна

отримати без збудження чи так званого помпування об'єкта додатковою енергією (електричною, хімічною чи світловою, залежно від типу лазерного апарата). У більшості лазерів використовують три або чотири енергетичні рівні атомів. Істотне значення в отриманні лазерного процесу мають і так звані нестабільні (з коротким терміном існування) і метастабільні (тривалі) рівні. Якщо лазерний процес має відбутися між рівнями E_1 (нижчий) і E_2 (вищий), то "помпування" полягатиме в перенесенні електронів на ще вищий рівень, наприклад E_3 . У цьому випадку рівень E_3 повинен мати коротший термін існування порівняно з рівнями E_1 і E_2 .

Отже, "помпування" полягає в переході електронів з початкового рівня E_1 на нестабільний рівень E_3 . У результаті цього збудження атоми намагаються повернутися з рівня E_3 на рівень E_2 , що має триваліший час існування. Завдяки цьому кількість атомів на рівні E_2 раптово зростає. Якщо вона буде більшою від кількості атомів з електронами на вихідному рівні E_2 то між цими рівнями відбудеться генерація значної кількості фотонів у вигляді одноколірного пучка лазерного випромінювання. За допомогою дзеркал резонатора Фабрі — Перота, внаслідок багаторазового відбивання від них випромінювання, отримують випромінювання, що прямує в об'єкті постійно за вибраним напрямом і спричинює зростання кількості фотонів та посилення описаного явища.

"Помпування" об'єктів, що є джерелами лазерних променів, може здійснюватись практично будь-яким джерелом енергії. Найчастіше ним можуть бути електричний струм, випромінювання світла (лампи ртутно-кварцові, лампи розжарювання) чи інші лазери.

Об'єкт, тобто діючий, або активний, матеріал, що створює лазерні промені, є основою кожного лазерного приладу. Він може бути будь-якої форми і перебувати в різних фізичних станах: газ (або рідина), розміщений у скляних чи металевих циліндрах, або тверде тіло у вигляді прямокутних чи циліндричних прутів.

Газами переважно є оксид карбону, азот або інертні гази. Твердими тілами може бути скло з додатком таких речовин, як неодим, гольмій, ербій чи рубін, гранат, олександрит, а також напівпровідники. Тому основна класифікація лазерних пристроїв ґрунтується на матеріалі, що створює лазерне випромінювання. У зв'язку з цим розрізняють:

- лазери газові;
- лазери рідинні;
- лазери з твердими тілами;
- лазери напівпровідникові (класифікуються як окрема група).

Певний вид активного матеріалу визначає довжину випромінюваних хвиль, на чому ґрунтується такий поділ:

- лазери, що генерують видиме світло;
- лазери, що генерують невидимі промені. Лазери можна класифікувати і за способом дії:

- діють постійною хвилею (потужність випромінювання в пучку є сталою);
- діють імпульсною хвилею.

За потужністю генерованого випромінювання:

- лазери малої потужності (1—6 мВт);

- лазери середньої потужності (6—500 мВт);
- лазери великої потужності (понад 500 мВт).

Енергія, час впливу, термічний ефект. Енергія є добутком потужності і часу: $E = Pt$. Одиниця енергії — джоуль (Дж).

Важливим поняттям є доза енергії, або поверхнева щільність енергії, чи інакше — величина енергії на одиницю площі поверхні:

$$D = E/S \text{ [Дж/см}^2\text{]}.$$

Більшість сучасних біостимуляційних лазерів автоматично показують дозу виділеної енергії. Час тривалості процедури зумовлюється загальною кількістю фотонів, що проникають у глибину тканини. Взаємозв'язок між тривалістю процедури й лікувальним ефектом можна з'ясувати лише за тією ознакою, що фотони, які проникають у тканину, дають початок ланцюговій реакції, яка передає біологічний ефект лікувальної процедури в глибші шари і прилеглі тканини.

Опромінення тканини лазерним випромінюванням може викликати підвищення її температури, отже, випромінювання переходить у теплоту. Залежно від температурних величин у тканинах може настати денатурація, коагуляція, випаровування, карбонізація чи обуглювання. Опромінення лазером малої потужності не спричинює підвищення температури більш ніж на 1 °С, отже, жодне з вищезазначених явищ не виникає. Завдяки абсорбції світлової енергії електрони тканин переходять на вищий енергетичний рівень і за короткий час цей надлишок енергії втрачається. Ця втрата енергії виявляється в мінімальному підвищенні температури (0,1 °С—1 °С)

залежно від тканини, що опромінюється, та у виникненні фотохімічних і фотофізичних ефектів.

Правил Арндта—Шульдта—Ошіро. Застосовуючи біостимуляційний лазер, потрібно завжди зважати на це правило. Воно стосується величини дози енергії, тобто сили біостимуляційного збудника. Слабкі збудники підвищують фізіологічну активність, середні сприяють фізіологічній активності, а дуже сильні — гальмують фізіологічну активність.

Відповідно до вищенаведеної формули найкраще аплікувати дози від 0,1 до 12 Дж/см².

Трансмiсія лазерного випромiнювання в тканинах. Дія лазерного випромiнювання на тканини супроводжується такими основними фізичними явищами: трансмісія (лат. trans-missio — переходити), відбивання, розсіювання, абсорбція.

У медичній практиці при стиканні лазерних променів з будь-якою живою тканиною одночасно виявляються всі чотири явища. З погляду біостимуляційного впливу найважливішим є явище **трансмісії**, або проникання (пенетрації), у тканину.

Глибина трансмісії залежить від довжини хвилі лазерного світла, що в зонді лазера є величиною сталою і є одним з головних чинників, які свідчать про можливість пенетрації потоку фотонів. Біостимуляційні лазери використовують у спектрі видимого й невидимого світла довжиною хвилі відповідно 633—700 або 700—1000 нм.

Для напівпровідникових лазерів найчастіше використовуються довжини хвиль 670, 830, 940 нм. Навіть за такої незначної різниці в довжині хвиль є відмінність у глибині трансмісії.

Терапевтичний ефект залежить і від потужності випромінювання. Чим більша потужність, тим більша кількість фотонів привноситься в тканини за одиницю часу. Потужність випромінювання виражають кількістю енергії, яка подається за одиницю часу: $P = E/t$.

Це поняття нескладне при використанні лазерів з постійною дією. Натомість для лазерів імпульсної дії у фізиці вживають поняття середньої потужності P_A , або добуток потужності в імпульсі P_i , тривалості імпульсу t_i і частоти повторення імпульсів $f_{ном}$: $P_A = P_i t_i f_{ном}$.

Глибина трансмісії залежить і від інших фізичних явищ. Чим більшою є сума абсорбції, розсіювання і відбиття, тим менша частка трансмісії лазерного випромінювання за даної потужності. Будова і товщина тканини, кількість і вміст кровоносних судин, вміст води та наявність барвників, щільність тканини визначають, яку глибину трансмісії можна отримати.

Біостимуляція, явище біостимуляційного ефекту. Відомо, що біостимуляційний (фото-біологічний) ефект — це процеси, що відбуваються в клітинах різного рівня інтеграції під впливом опромінення світлом.

Таким чином:

— фотон світла абсорбується атомом;

— електрони в атомі під впливом фотона, тобто додатково привнесеної енергії, переходять на вищий енергетичний рівень (нетривкий стан);

— збуджений атом мусить віддати надлишок енергії, намагаючись повернутися до вихідного стану, а отже, може:

— виділити фотон з більшою довжиною хвилі, як, наприклад, при явищі флуоресценції або фосфоресценції;

— віддати надлишок енергії у вигляді теплоти;

— віддати надлишок енергії у фотохімічному чи фотофізичному процесі.

Біостимуляційні процеси (фотобіологічні) є наслідком фотохімічних і фотофізичних процесів (змін), отриманих завдяки абсорбції електромагнітного випромінювання (у даному випадку лазерного випромінювання). Фотохімічний чи фотофізичний процес не може відбутися без абсорбції світла. Іншими словами, доки випромінювання із заданою довжиною хвилі не абсорбується системою, доти не відбудеться жоден фотохімічний чи фотофізичний процес (перший закон фотохімії). У фізіологічних умовах клітини світло лазера, як світло монохроматичне, підпорядковується тим самим законам фізики і хімії, як і світло з тією самою довжиною хвилі будь-якого іншого джерела світла. Тому існує пряма залежність між параметрами світла та біостимуляційними ефектами на клітинному рівні, а також між фізіологією клітини на момент аплікації лазерного випромінювання та межею біостимуляційного ефекту.

Біостимуляційний ефект разом з протибольовим і протизапальним ефектами належить до так званих вторинних ефектів

дії лазерного випромінювання, яким передують попередні ефекти — первинні процеси, згадувані вище, фотохімічні і фотобіологічні.

Фотоактивація ферментів лазерним випромінюванням.

Більшість хімічних реакцій, що відбуваються в клітині, гальмуються або прискорюються білками з властивостями каталізаторів, які мають назву ферментів (ензимів). Їхньою характерною ознакою є можливість чи здатність каталізувати певну обмежену кількість хімічних реакцій. Кожний фермент має активний центр, яким він сполучається з субстратом. Це місце відповідає за каталізаторні властивості ферменту.

Активація ферментів світлом лазера належить до найбільш вивчених фотохімічних процесів. Практично завдяки цьому пояснюється така висока ефективність лазерного випромінювання низької потужності. Один фотон може активувати одну молекулу ферменту, а остання може вплинути на синтез багатьох молекул субстрату. Це є важливим чинником, що підвищує біологічну відповідь клітини на привнесене лазерне випромінювання.

Світло лазера може активувати ферменти прямо чи опосередковано завдяки:

- активації комплексу фермент — субстрат;
- активації ферменту;
- активації продукування субстрату;
- індукції синтезу ферменту.

Теорія активації ферментів світлом лазера пояснює і подібність біостимуляційних ефектів, які викликають лазерні прилади, що генерують хвилі різної довжини.

Максимальний ступінь позитивної дії (МСПД) лазерної терапії низької потужності. МСПД є частиною вихідної потужності лазерного випромінювання, що абсорбується даним об'ємом лікованої тканини, тобто це є відношення потужності світла лазера, яку належить застосовувати в терапії, до величини потужності, спожитої біостимуляційними процесами.

Для лазерів низької потужності МСПД отримують так:

— максимальним контактом кінця зонда з тканиною. Для отримання безпосереднього контакту слід застосовувати контактні желе, наприклад хлоргексидинове;

— вологою поверхнею опромінюваної тканини;

— кутом падіння променів на тканини, що дорівнює або наближається до 90° (вертикальне падіння променів). Це зменшує відбиття променів, тобто енергетичні витрати;

— уникненням застосування відблискувальних світловодів або оптичних елементів. При їх застосуванні слід враховувати, що витрати енергії можуть сягати 50 %;

— застосуванням при хронічних хворобах доз на 50—100 % вищих, ніж дози при аналогічних гострих хворобах;

— значно тривалішим лікуванням хронічних хвороб, переважно серіями 5 разів на тиждень упродовж кількох тижнів. Слід враховувати можливість рецидивів болю після трьох сеансів, який інтенсивніший від болю, що його пацієнт відчував перед початком лазерної терапії. Це є свідченням ефективності лікування — терапію потрібно продовжувати;

— коротшим терміном лікування гострих станів. Найчастіше після однієї або кількох аплікацій клінічні ознаки зникають, а рецидиви виникають рідко;

— відповідним контролем за дозою лазерного опромінення, рекомендованого для певної хвороби;

— відповідним часом тривалості процедури і перерв між процедурами; так званий цикл лазеротерапії;

— проведенням рутинної терапії перед виконанням лазеротерапії.

Зменшення болю лазерним випромінюванням низької потужності. Сучасний рівень знань дає змогу пояснити механізми протибольового впливу лазерного випромінювання так:

— стимуляція механізмів гомеостазу;

— вплив на частинки води в метаболічних процесах;

— зниження порога чутливості нервових закінчень;

— посилення крово- і лімфообігу;

— інтернервове продукування ендорфінів або опіатоподібних субстанцій;

— збудження метаболічних процесів у мітохондріях.

Імунологічний аспект. Ознакою часу є подібність досягнень імунології й лазеротерапії. Відповідно підібраний і скерований потік низькоенергетичного лазерного світла підвищує інтеграційну здатність системи захисту. Досліди показали певну кореляцію між поліпшенням клінічної картини після серії місцевих опромінювань лазером низької потужності та його імунокорекційними ефектами. Спостерігалось збільшення кількості Т-лімфоцитів, зростання їхніх

імунорегулювальних властивостей, що забезпечує підвищення стійкості до інфекції та посилення процесів тканинної регенерації.

1.3. Практичне застосування лазеротерапії

Апарати. Є численні типи лазерів, що різняться між собою активними середовищами, методами перетворення різних видів енергії на лазерне випромінювання. У медицині використовують твердотілі й газові лазери, які поділяють на установки з імпульсним і постійним режимом випромінювання.

У практиці позитивно зарекомендували себе лазерна фізіотерапевтична установка УЛФ-01 ("Ягода") і стоматологічна установка на гелій-неоновому лазері (ГНЛ) типу ИГ-75.

Установка лазерна фізіотерапевтична УЛФ-01 ("Ягода") призначена для лікування трофічних виразок, гнійних ран, дерматозів, опіків, вібраційної хвороби та низки інших хвороб, а також для виконання медико-біологічних досліджень. Лазерний випромінювач з біологічною насадкою встановлений на стояку з рухомою основою. Конструкція закріплення випромінювача дає можливість повертати випромінювач на 180° у вертикальній площині навколо осі, що проходить через центр кріплення лазера. Передбачена можливість плавної зміни кута нахилу осі випромінювача від 10 до 40° відносно вертикалі, що проходить через центр кріплення лазера. Точну орієнтацію променя здійснюють маніпулятором. Випромінювач можна фіксувати в будь-якому положенні. Основними технічними характеристиками установки є: довжина хвилі — 0,63 мкм, потужність випромінювання — не менш ніж 12 мВт, межі

регулювання діаметра лазерного променя на опромінюваній площі — 5—3 мм, діапазон автоматичної витримки часу опромінення — 1—6 хв.

Установка обладнана оптичною насадкою, що дає змогу плавно регулювати потужність випромінювання і діаметр променя на поверхні опромінюваного об'єкта, спрямовувати промінь у важкодоступні місця тіла хворого, перекривати промінь у перервах між сеансами опромінення, підключати світловід і проводити лікування в точках акупунктури. Установка обладнана індикатором щільності й потужності.

Установка фізіотерапевтична лазерна УФЛ-1 складається з дзеркально-лінзового світловоду, реле часу, випромінювача потужності випромінювання. Як джерело когерентного випромінювання використано газовий ГНЛ, що працює на довжині хвилі 0,63 мкм. Лазер закріплений у корпусі у вертикальному положенні.

Випромінювання від лазера до об'єкта проводять за допомогою дзеркального світловоду. Передбачено можливість юстирування дзеркал за допомогою гвинтів. Для запобігання дії лазерного випромінювання на здорові тканини наведення променя на об'єкт проводять ослабленим неробочим пучком.

Задану експозицію опромінення забезпечує реле часу з межами регулювання часових інтервалів від 20 до 240 с. Схема вмикання реле часу дає змогу отримувати робочий пучок на виході світловоду лише в період опромінення. При вимкненому реле часу на виході світловоду виникає неробочий пучок. Передбачене дискретне

2—6-разове ослаблення лазерного випромінювання. Для зручності підведення випромінювання безпосередньо до об'єкта використовують комплект змінних наконечників. Фіксацію світловоду в певному положенні забезпечують цангові затискачі. Дозу опромінення контролюють вимірюванням його потужності. Установка розрахована на експлуатацію в умовах фізіотерапевтичних кабінетів стоматологічного відділення та поліклініки.

Методика і техніка проведення процедур. Під час проведення процедури хворий перебуває в положенні лежачи, напівлежачи або сидячи. Для захисту очей хворого й медичного персоналу від прямого потрапляння лазерного випромінювання використовують окуляри зі спеціальними фільтрами. Операторові можна користуватися сонцезахисними окулярами, що дає змогу бачити зону впливу та лазерний промінь.

Процедури проводять щодня, в приміщенні з досить яскравим освітленням, за щільності потужності від 0,1 до 400 мВт/см², тривалістю 0,5—5 хв на одне поле, до 5 полів на процедуру, з сумарним часом дії до 20 хв. На курс лікування призначають до 14 процедур.

Біологічна і терапевтична дія лазерного випромінювання. Механізми дії лазерного випромінювання на біологічні об'єкти вивчені ще недостатньо. Поглинання енергії випромінювання оптичних квантових генераторів (ОКГ) тканинами визначає глибину проникнення чинника і є початковою ланкою, що передує ланцюгу змін в організмі. Крім поглинання лазерного випромінювання відбувається його часткове відбивання від межі між двома

середовищами, заломлення під час проходження між двома оптично різними середовищами, розсіювання випромінювання часточками тканини. Як результат відбувається ослаблення енергії випромінювання при проходженні крізь тканини. Внаслідок цього глибина його проникнення не перевищує кількох міліметрів.

Лазерне випромінювання, як енергія, в організмі може бути перевипромінене або розсіяне внаслідок флуоресценції чи фосфоресценції резонансного комбінованого і ре-леєвського розсіяння, поглинуте, а також перетворитися на теплоту, спричинити активізацію хімічних реакцій та індукцію фотохімічних процесів. В останньому випадку створюється можливість, завдяки високій щільності енергії випромінювання у вузьких спектральних ділянках, селективно збуджувати певні хімічні сполуки, наприклад каталазу.

Нині у фізіотерапії застосовують монохроматичне червоне світло гелій-неонового лазера і випромінювання інфрачервоної частини спектра від вуглекислотного лазера.

Випромінювання в червоній та інфрачервоній частинах спектра поглинаються тканинами, що безпосередньо контактують з випроміненням, змінюючи функціональну активність клітин залежно від їхньої фоточутливості (фотосенсибілізація) за рахунок активізації ядерного апарату клітини і системи ДНК — РНК — білок. Відбуваються посилення біосинтетичних процесів і активізація основних ферментних систем. Морфологічно ці процеси виявляються посиленням поділом клітин. Спостерігаються активізація метаболізму, підвищення продукування лізоциму, інтерферону, прискорення розщеплення й видалення патогенних агентів, внутрішньоклітинної

регенерації мембран і органел, активізація функцій органел. У зв'язку з локальністю взаємодії чинників з тканинами лікувальні ефекти реалізуються за рахунок місцевих процесів вищезгаданого характеру. Первинні механізми впливу лазерного випромінення виявляються в протизапальній дії, поліпшенні мікроциркуляції, зменшенні набряку тканин, стимулюванні їхньої регенерації, активізації місцевих механізмів імунологічного захисту, підвищенні чутливості мікрофлори до антибіотиків, в анальгезивному ефекті.

Показання до застосування лазеротерапії. Хвороби з місцевим запальним процесом, деструкцією тканин, больовим синдромом, рани, трофічні виразки.

Протипоказання до застосування лазеротерапії. Відповідно до сучасного рівня знань, єдиним достатньо обґрунтованим протипоказанням є новоутворення.

Загалом вважають, що у вагітних, осіб з водіями серцевого ритму, хворих на епілепсію та інфекційні хвороби не слід застосовувати лазеротерапію. Були також повідомлення про протипоказання у випадках підвищеного артеріального тиску й діабету.

Теорія відносно того, що гіпертензія є протипоказанням, була нещодавно відкинута, оскільки японські дослідники опублікували висновки досліджень про зниження артеріального тиску в результаті лазерного опромінення низької потужності.

Разом з тим, частина діабетологів, які займаються водночас і лазеротерапією, не бачить протипоказань для її застосування для

діабетиків. Окремі автори не рекомендують застосування лазеротерапії при гормональних розладах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Илларионов В.Е. Основы лазерной терапии. – М., 1992.
2. Илларионов В.Е. Техника и методики процедур лазерной терапии. – М., 2001.
3. Козлов В.И., Буйлин В.А. Лазеротерапия. – М., 1993.
4. Козлов В.И., Буйлин В.А., Самойлов Н.Г. и др. Основы лазерной физио- и рефлексотерапии. – Самара; Киев, 1993.
5. Крейман М.З., Удалый И.Ф. Низкоэнергетическая лазеротерапия. – Томск, 1992.
6. Лазерная и магнитолазерная терапия / Под ред. А.К.Полонского. – М., 1985.
7. Лазеры в клинической медицине : Руководство для / Под ред. С.Д. Плетнева. – М.: Медицина, 1996. – 240с.
8. Ларюшин А.И., Илларионов В.Е. Низкоинтенсивные лазеры в медикобиологической практике. – Казань, 1997.
9. Микляев И.Ю. Чудеса лазерной медицины. – Харьков, 1992.
10. Москвин С.В. Эффективность лазерной терапии. – М., 2003.
11. Низкоинтенсивная лазерная терапия / Под ред. С.В. Москвина и В.А. Буйлина. – М., 2000.

Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Times New Roman.

Друк офс. Ум. друк. арк. 2,24. Обл.-вид. арк. 1,64.

Тираж 100 шт. Замовлення № 38.

Видавництво ФОП Бреза А.Е.

м. Ужгород, вул. Університетська, 21/220. Тел./факс: (0312) 64-37-22

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4091 від 15.06.2011 р.

Друк: ПП Бреза, тел.: 050-43-22-437