

# Laseroterapia

Laser- termin ten oznacza światło zwielokrotnione przez wymuszenie emisji promieniowania. Jest to aparat wytwarzający promieniowanie laserowe (pl). Do biostymulacji medycznej używa się promieniowania z zakresu światła widzialnego i podczerwieni.

## Cechy promieniowania laserowego:

- 1.Monochromatyczność, czyli jednobarwność. Oznacza to jednakową częstotliwość, oraz jednakową długość fal całej wiązki promieniowania. Promieniowanie laserowe z danego aparatu ma tylko jedną barwę, nie rozszczepia się w pryzmacie, a wykazuje jednobarwne widmo liniowe.
- 2.Koherencja czyli spójność. Oznacza to że wszystkie kwanty w wiązce pl są dokładnie takie same, fale drgają jednocześnie i zgodnie w tej samej fazie i w tej samej płaszczyźnie.  
W wyniku tego absorpcja ,przenikanie i odbicie są takie same dla każdej równoległej wiązki w jednakowych warunkach. Znaczenie koherencji promieniowania laserowego dla działania biologicznego jest jeszcze nie poznana.
- 3.Kolimacja czyli równoległość wiązki. Promieniowanie występuje jako wiązka równoległa. Wszystkie fotony w wiązce poruszają się w jednym kierunku. Dzięki specjalnym soczewkom wiązkę można skupiać i rozszerzać. Podobną równoległość wiązki wykazuje światło słoneczne.
- 4.Moc i gęstość. Wyłącznie z laserów można uzyskać tak wielkie i dowolnie dobrane gęstości i moce. Żadne inne źródło promieniowania elektro-magnetycznego takich możliwości nie daje. Dawkę pl można dokładnie odmierzyć i ukierunkować.

## Lasery medyczne można podzielić według

- substancji laserującej ( gaz, ciecz, ciało stałe)
- długości fali
- rodzaju emisji promieniowania
- mocy
- konstrukcji

### 1).Ze względu na rodzaj substancji.

Substancja laserująca decyduje o długości fali i mocy emitowania pl.

- gazowe ( CO<sub>2</sub> , ekscymerowe, helowo-neonowe)
- cieczone ( barwnikowe)
- ciała stałe ( krystaliczne , rubinowe)
- półprzewodnikowe ( oparte na diodach galowo-arsenowych GaAs) - najczęściej stosowane do biostymulacji.

### 2).Ze względu na długość fali.

Długość oraz częstotliwość częstotliwość wielkość kwantów emitowanego pl jest stała dla danego lasera. Od długość fali pl. zależy zdolność przenikania , absorpcji w różnych substancjach. Do biostymulacji używa się laserów emitujących pem. Z zakresu czerwieni i podczerwieni.

### 3).Ze względu na rodzaj emisji.

- ciągłe
- impulsowe

Emisja ciągłą występuje z jednakową mocą od włączenia do wyłączenia lasera. Emisja impulsowa polega na wyzwaniu pojedynczych impulsów lub serii . Częstotliwość w seriach może być stała lub regulowana.

### 4).Ze względu na moc.

Moc jest niezmienną cechą emisji każdego lasera. Lasery terapeutyczne generują pem albo w sposób ciągły albo impulsowy. Dawkowanie mocy w laserach impulsowych rozwiązano w ten sposób im ilość impulsów ( częstotliwość) jest większa tym większa jest moc średnia emisji impulsowej. Średnia moc emisji- taka , która występowałaby , gdyby rozłożyć równomiernie energię impulsu na cały czas emisji , a więc także na przerwy między impulsami.

Średnia moc emisji impulsowej jest zatem zawsze znacznie mniejsza od mocy w impulsie. Średnia moc impulsu-kiedy impuls ma na wykresie kształt prostokątny to moc szczytowa i moc średnia impulsu są takie same. Natomiast w impulsach trójkątnych, moc średnia impulsu jest o połowę mniejsza od szczytowej. Rozróżnienie jest ważne gdyż od mocy szczytowej w impulsie zależy głębokość penetracji pl. Dawkę pl wylicza się ze średniej mocy impulsów.

### 5).Ze względu na konstrukcję.

- chirurgiczne
- biostymulacyjne

Inne aparaty służą do niszczenia termicznego, koagulacji inne do niszczenia fotoablacyjnego ( o mocy sięgającej do gigawatów przy impulsach trwających pikosekundy).

**FOTOABLACJA** Przy fotoablacji następuje rozbicie związków chemicznych oraz uwolnienie elektronów i jąder atomowych, co daje efekt mikrowybuchu z wyparowaniem materii i z pominięciem procesów termicznych.

### FOTODYNAMICZNA TERAPIA

Inną technikę stosuje się z użyciem fotosensybilizatorów, laserów o średniej mocy i ekspozycji trwającej od kilku do kilku godzin. W tej metodzie pl. Powoduje niszczenie tylko tej tkanki ( np. nowotworowej) w której została zaabsorbowana substancja fotosensybilizatora.

### LASERY BIOSTYMULACYJNE

Lasery bio. używane w fizykoterapii są to lasery niskoenergetyczne. Laseroterapię zachowawczą nazywa się biostymulacją. Ma ona wykorzystywać bezpośrednie działanie pl na procesy tkankowe bez ich uszkodzenia. Jest to działanie swoiste lub przedtermiczne gdyż jest to działanie bez pośrednictwa ciepła. Do bio. używa się pl z zakresu podczerwieni i czerwieni, ponieważ ono najgłębiej przenika do tkanek, oraz mocy 1 do 500 mW. Moc ta jest za słaba aby wywołać efekt termiczny. Czas trwania impulsów jest generowany przez większość laserów, wynosi 200 ns ( 1ns= jedna miliardowa część sekundy). Obecnie używa się emisji impulsowej niż emisji ciągłej.

#### Emisja impulsowa ma dwie zalety :

- pozwala użyć znacznie większej mocy w impulsie niż moc emisji ciągłej
- przez możliwość regulowania częstotliwości (repetycji) impulsów można z tego samego lasera uzyskiwać różne średnie moce emisji.

Częstość impulsów jest regulowana najczęściej w zakresie od 1 do 6 400 impulsów na sekundę lub w niektórych aparatach do 10.000 tj. do 10 kHz. Przerwa między impulsami jest 500 razy dłuższa od impulsu. Przy częstotliwości 1000 Hz przerwa jest 5 tys dłuższa niż impuls, a przy 100 Hz 50 tys dłuższa. Impuls o mocy szczytowej 50 W ( prawie największa moc stosowania w bio.) przenosi 1 mikrodżul energii i podnosi temp.1 mikrograma tkanki o 0,25 C. Dzięki przerwie między impulsami nie dochodzi do kumulacji ciepła i temperatura pozostaje nie zmieniona , dlatego można mówić o "ZIMNEJ LASEROTERAPII"

Przy takiej emisji stosuje się impulsy o mocy 50 W, podczas gdy emisja ciągła już przy mocy 0,1 W/cm<sup>2</sup> podnosi temp tkanek. Wielkość mocy maksymalnej występującej w emisji decyduje o głębokości penetracji promieniowania i z tego powodu jest terapeutycznie istotna.

#### Zależnie od średniej mocy emisji lasery biostymulacyjne dzielono na;

- słabe- do 5mW
- średnie-od 6 do 100 mW
- silne- powyżej 100 mW

Podział ten nie jest aktualny pod względem technicznym , ale został podyktowany pod względem medycznym.

Obecnie rzadko używa się laserów o mocy średniej lub ciągłej niższej niż 6mW.

Aby scharakteryzować laser i jego promieniowanie dla celów bio. , trzeba uwzględnić cechy:

- długość fali
- moc
- rodzaj emisji
- częstość impulsów oraz zakres ich regulacji
- czas trwania impulsów ( nazywany także szerokością lub długością impulsu)
- geometrię emitowanej wiązki
- powierzchnię emitującą
- kąt rozbieżności i zależną od niego wielkość "plamki" padającej na eksponowanej powierzchni

Wymienione cechy lasera pozwalają na dokładne obliczenie dawki energii emitowanej i padającej na skórę, co stanowi zaletę laserów, inne źródła plem nie stwarzają takich możliwości. Dokładność dawkowania dotyczy tylko pl skierowanego na tkanki, określenie dawki pochłoniętej i działającej w tkankach jest trudne i można ją przewidzieć tylko w przybliżeniu.

Biostymulacja laserowa

#### Przebieg procesów:

##### 1) Odbicie i rozproszenie - pl napotykając skórę ulega odbiciu od 20-80%. Zależy to od :

- barwy skóry
- struktury powierzchni skóry
- odległości głowicy lasera od skóry
- kąta padania pl.
- geometrii wiązki pl.

Również ręka która steruje głowicą lasera ma wpływ na stopień odbicia pl. Zanim pl zostanie zaabsorbowane ulega w naskórku i skórze dalszemu rozproszeniu i odbiciu, tak że nawet niewielka część pl, która dostała się pod naskórek, może, odbita, ponownie znaleźć się na zewnątrz .

##### 2) Absorpcja i przenikanie

Przenikanie  $PI$  zależy od długości fali oraz składu chemicznego i budowy tkanek. Woda absorbuje  $PI$  krótsze od 400 nm i dłuższe od 1100 nm. Pomiędzy tymi wartościami znajduje się "okno optyczne" przez które  $PI$  przenika w głąb tkanek. W oknie tym hemoglobina absorbuje promieniowanie zielone o fali 600 nm, a melanina absorbuje pasmo do 700 nm. Najgłębiej docierają fale z zakresu od 700 - 1100 nm. Jest to skrajne promieniowanie czerwone i podczerwone A. Wnikają one na głębokość od 1-2 mm, sięgają więc do skóry właściwej. Jednak 35% tego promieniowania jest absorbowana w części zrogowaciałego naskórka, a dalsze 30 - 40 % w następnych jego warstwach.

### 3) Udział w procesach fizjologicznych

Różnorodność tkanek i ich właściwości fizykochemiczne oraz zmienna wielkość wiązki  $PI$  powodują, że absorpcja i zatem oddziaływanie  $PI$  w znacznym stopniu podlega przypadkowi i prawom teorii chaosu. Teoria ta głosi, że wyniki procesu chaotycznego mogą być rozrzucone na szerokiej skali i nieznaczna różnica w pierwszej fazie działania może dać krańcowo odmienny skutek końcowy. Zaabsorbowane  $PI$  może utknąć w napotkanych cząstkach, zmieniając ich wartość energetyczną i aktywność lub zostać włączone w bieżącą przemianę energii i materii organizmu.  $PI$  może być skomasowane w strukturze jego oddziaływanie może być silniejsze. Może się to zdarzyć w bliskości miejsca padania  $PI$  dlatego większe szanse ma miejscowe oddziaływanie  $PI$  i taki jest najczęściej opisywany w obserwacjach klinicznych. Fotony mogą wywoływać efekty rezonansowe w niektórych związkach chemicznych. Np. w barwnikach tkankowych (melanina, hemoglobina i inne). Pochłaniają one wybiórczo pasma widma, prawdopodobnie ulega przy tym zmiana ich aktywności. Opisuje się 3 mechanizmy rozprzestrzeniania się  $PI$  w tkankach, a mianowicie:

1) Dalekozasięgowy, rezonansowy mechanizm FOERSTERA, w którym cząsteczka donora nie styka się z akceptorem, a przekazanie energii wynika z pokrywania się widm emisji i absorpcji regulujących cząsteczek.

2) Krótkozasięgowy mechanizm Dealera, w którym donor i akceptor stykają się ze sobą, a przekazanie energii zależy od stopnia nakrywania się ich orbitali elektronowych.

3) Hipotetyczny mechanizm według koncepcji Cliento "fotobiochemii bez światła", która opiera się na obserwacjach wskazujących, że w wielu reakcjach oksydacyjno-redukcyjnych energia wzbudzenia elektronowego może być przenoszona na drodze bezpromienistej do biologicznie wyższych struktur.

4) Skutki kliniczne.

- efekt przeciwbólowy
- wydzielanie endorfin
- przyspiesza regenerację w tkankach

### TECHNIKA ZABIEGU

1. Zabiegi kontaktowe i bezkontaktowe - Metodę kontaktową stosuje się tylko na skórze nie uszkodzonej. Głowica dotyka skóry, lekko lub z łagodnym uciskiem, można też stosować ucisk przerywany, tzw. dziobanie. Stosując tą metodę należy przygotować skórę przed zabiegiem, przecierając ją spirytusem 70% i zdezynfekować głowicę po zabiegu

Metodę bezkontaktową stosuje się w przypadkach ze skórą zmienioną chorobowo. Należy przesuwac głowicę tuż nad polem zabiegowym pamiętając o tym że warstwa powietrza oddzielająca ją od tkanek nie powinna być większa niż 5 mm., gdyż im jest grubsza tym większe są straty energii  $PI$ .

2. Zabiegi labilne i stabilne - Zabiegi głowicą ruchomą (labilne) są nazywane skanowaniem lub przemiataniem. Głowicę przesuwa się płynnym okrężnym lub falistym ruchem z szybkością około 1 cm/s. Zakłada się że promieniowanie powinno być rozłożone równomiernie, jak najbliżej procesu chorobowego.

Zabiegi głowicą ustaloną w jednym punkcie (stabilne) są nazywane techniką punktową. Wybiera się jeden lub więcej punktów, które wydają się najbardziej odpowiednie do wygaszania procesu chorobowego, mogą to być punkty spustowe, ewentualnie akupunkturowe. Kieruje się na nie odpowiednią dawkę promieniowania, przyjmując że znajdzie ono drogę do tkanek chorych. Dawkę oblicza się w J na punkt. Dzięki temu technika punktowa zyskuje popularność ale jej skuteczność w stosunku do skaningu może być mniejsza

3. Zabiegi przy użyciu wiązki skupionej i rozproszonej. - Wiązka skupiona ma średnicę kilku milimetrów i znaczną gęstość mocy (do 500 mW/cm<sup>2</sup>);

stosuje się ją w zabiegach punktowych i ruchomych. Wiązkę rozogniskowaną lub ze źródła wielopunktowego, zwykle o małej gęstości powierzchniowej (od 0,01 do 1 mW/cm<sup>2</sup>) wykorzystuje się w zabiegach obejmujących większą powierzchnię skóry. -Promienie powinny być skierowane prostopadle do powierzchni pola zabiegowego. Ukośne padanie promieni na skórę poszerza pole lecz naświetlenia jest nierównomierne. - $PI$ . Może być szkodliwe dla oczu, terapeuta i pacjent powinni wkładać okulary ze szklami nieprzenikliwymi dla  $PI$ .

### WSKAZANIA

- działa przeciwbólowo
- ostre procesy chorobowe
- zespół bólowy kręgosłupa
- w neurologii
- po urazach narządu ruchu
- po operacjach
- w stanach wymagających pobudzenia gojenia ubytków tkankowych
- w procesie regeneracyjnym
- w leczeniu zespołu Sudecka i innych stanów pourazowych
- w chorobie zwyrodnieniowej stawów
- w goścu tkanek miękkich

- w chorobach dermatologicznych ( blizny, wykwity, żylakowate owrzodzenia podudzi)
- w chorobach laryngologicznych
- w chorobach oczu
- w stomatologii

## PRZECIWSKAZANIA

- skłonności do krwawień
- tkanki nowotworowe
- infekcje lokalne nieswoiste
- w stanach z wysoką gorączką
- u niemowląt
- ciąża

Lasery emitujące promieniowanie o małej mocy znalazły zastosowanie w biostymulacji. Nazwę tą wprowadził Endre Mester i dotyczy ona wyłącznie terapii laserowej, polegającej na zastosowaniu promieniowania małej mocy. Stwierdzono że promieniowanie takie nie wywołuje podwyższenia temperatury tkanek większego niż 0,1-0,5 C. Z powodu małej mocy stosowanych do biostymulacji laserów tego typu terapię określa się angielskim skrótem LLLT ( low level laser therapy- terapię laserem małej mocy). W biostymulacji znajdują zastosowanie głównie lasery półprzewodnikowe, w których ośrodkiem czynnym jest dioda galowo-arsenkowa ( Ga-As) oraz starsze helowo-neonowe (He-Ne) w których ośrodkiem czynnym jest mieszanka helu i neonu. Lasery He-Ne emitują widzialne promieniowanie czerwone ( 632nm) , lasery półprzewodnikowe od 635 do 980nm.

**"Soft laser"** - laser miękki jest zarezerwowany dla urządzeń o mocy poniżej 500mW, podczas gdy termin "hard laser"-laser twardy przyporządkowany jest do laserów wysokoenergetycznych wysokoenergetycznych mocy powyżej 0,5 W. Działanie biologiczne pl.

- zwiększenie syntezy kolagenu, białek, oraz RNA
- zmiany w potencjale błony komórkowej
- zmiany w wydzielaniu neuroprzekazników
- usprawnienie dysocjacji hemoglobiny ( co wpływa korzystnie na zaopatrzenie tkanek w tlen)
- zwiększenie fagocytozy, syntezy ATP oraz prostaglandyn

## WSKAZANIA

- trudno gojące się rany i owrzodzenia ( również odleżyny)
- przewlekłe stany zapalne
- utrudnione zrastanie się kości
- choroba zwyrodnieniowa stawów
- zespoły bólowe ( patrz Łazowski)
- zapalenia okołostawowe
- zapalenie ścięgien, powięzi, pochewek ścięgnistych ścięgniastych kaletek stawowych
- nerwobóle
- neuropatia cukrzycowa
- trądzik pospolity

## BEZPIECZEŃSTWO PRACY Z LASEREM

- 1) Pacjent i terapeuta powinni mieć założone okulary, chroniące przed promieniowaniem danego typu laser.
- 2) Pomieszczenie zabiegowe powinno być odpowiednio oznakowane.
- 3) W pomieszczeniach zabiegowych , należy unikać odbić zwierciadlanych ( przeszkłone drzwi, lustra).
- 4) Aparat powinien być zamknięty zabezpieczony i używany przez osoby przeszkolone.
- 5) Niedopuszczalne jest kierowanie wiązki światła laserowego w stronę twarzy osoby nie zaopatrzonej w okulary.

## INNE

Laseroterapia jest stosunkowo młodą metodą leczenia. Stosowanie lasera w medycynie obejmuje około 30 lat. Liczne prace badawcze przeprowadzane w kraju i zagranicą pozwalają na coraz lepsze poznanie tego urządzenia i skutków jego działania. Pierwsze urządzenie laserowe zostało skonstruowane w 1960 roku w Pracowni Badań Lotniczych w Malibu przez Maimana. Od tego czasu skonstruowano kilkadziesiąt rodzajów różnych urządzeń laserowych, które znalazły swe zastosowanie zarówno w diagnostyce, jak i w terapii leczniczo-profilaktycznej. Zakres medycznych zastosowań lasera stale się poszerza. Urządzenia laserowe generalnie dzielą się na dwie podstawowe grupy:

- lasery wysokoenergetyczne zwane też chirurgicznymi
- lasery niskoenergetyczne zwane biostymulacyjnymi.

Laser chirurgiczny znalazł swe zastosowanie w destrukcji lub usuwaniu tkanki np. cięcie, koagulacja itp. Są to najczęściej lasery średniej i dużej mocy. Z kolei lasery biostymulacyjne to lasery małej mocy nie przekraczającej kilkudziesięciu miliwatów. Promienie wytwarzane przez laser tego typu wykazują właściwości lecznicze, wśród których można wymienić likwidowanie stanów zapalnych, działanie przeciwbólowe, regenerujące komórki i tkanki, usprawniające przemianę materii. Z tego względu są one coraz powszechniej stosowane w różnych działach medycyny i dlatego coraz częściej można je spotkać w klinikach, szpitalach, przychodniach czy

prywatnych gabinetach.

### Światło laserowe to światło o specyficznych właściwościach:

- monochromatyczności
- spójności
- równoległości wiązki
- dużej intensywności

Działanie lecznicze i przeciwbólowe lasera biostymulacyjnego polega na wywołaniu drgań atomów w naświetlanych komórkach i tkankach. Proces przechodzenia światła laserowego przez tkanki jest procesem niezwykle skomplikowanym, a jest to wynik między innymi ich niejednorodnej budowy. Przechodząc przez poszczególne warstwy światło ulega odbiciu, rozproszeniu, transmisji, częściowej absorpcji. Stopień tych zjawisk zależy od rodzaju tkanek, długości fali promieniowania, energii i czasu oddziaływania, a także od kąta padania promieniowania na tkankę. Promieniowanie laserowe - światło optyczne - przenikając w głąb tkanki zapoczątkowuje reakcję łańcuchową, która przekazuje wszystkie zachodzące efekty zabiegu leczniczego tkankom położonym głębiej. Światło laserowe może penetrować tkankę do głębokości kilku centymetrów. Efekty zachodzące w tkankach pod wpływem działania lasera biostymulacyjnego można podzielić na dwie grupy:

1. efekty pierwotne
2. efekty wtórne

Efekty pierwotne to efekty, które dokonują się w tkankach bezpośrednio naświetlanych. Są one powodem powstania tak zwanych efektów wtórnych. Efekty pierwotne obejmują efekt biochemiczny, bioelektryczny i bioenergetyczny.

Efekt biochemiczny wywołuje stymulację wydzielania histaminy i serotoniny. Może również stymulować lub hamować reakcje enzymatyczne kwasu ATP, którego wydzielanie może powodować przyspieszenie procesów mitozy.

Efekt bioelektryczny normalizuje potencjał membrany. Każda komórka ma więcej ładunków ujemnych niż dodatnich, a potencjał wynosi od 60 do 90 miliwoltów. W patologicznych stanach potencjał ten spada w związku z przenikaniem przez membranę do wnętrza komórki jonów  $\text{Na}^+$ . W celu odwrócenia tego procesu komórka potrzebuje energii, a może ją otrzymać np. z procesu hydrolizy kwasu ATP. Z kolei naświetlanie laserem stymuluje wydzielanie ATP.

Efekt bioenergetyczny jest czynnikiem, który stymuluje odżywianie i wzrost komórek oraz reguluje liczne procesy międzykomórkowe. Efekty wtórne, będące końcowym wynikiem reakcji łańcuchowych zapoczątkowanych przez efekty pierwotne, obejmują efekt przeciwbólowy, przeciwzapalny i biostymulacyjny.

Efekt przeciwbólowy powoduje liczne zjawiska, w tym wzmożenie wydzielania endorfin, stymulowanie regeneracji obwodowych aksonów po uszkodzeniu nerwów, hyperpolaryzację błon komórek nerwowych, zmiany stężeń transmitterów w synapsach, efektywne przekazywanie energii protonów do punktów akupunktury.

Efekt przeciwzapalny wywołuje między innymi przyspieszenie resorpcji obrzęków i wysięków, poprawę mikrokrażenia, rozszerzenie naczyń krwionośnych, stymulację migracji makrofagów, możliwość ułatwienia wytworzenia krążenia obocznego.

Efekt biostymulujący poprawia krążenie, odżywianie i regenerację komórek, stymuluje syntezę białka, regeneruje naczynia krwionośne, powoduje wzrost fibroblastów i włókien kolagenowych oraz komórek nerwowych.

**Kiedy i jak należy stosować laser?** Podstawą jest ustalenie rozpoznania, a następnie właściwe rozplanowanie postępowania.

Laseroterapia może być stosowana w formie monoterapii lub terapii skojarzonej np. z farmakoterapią, akupunkturą, fizykoterapią. Następnie należy dobrać odpowiedni rodzaj promieniowania (długość fali), jego moc, czas trwania zabiegu, ilość zabiegów i sposób naświetlania. Dawkę energii dobiera się w zależności od całego przebiegu procesu chorobowego, typu schorzenia, głębokości tkanek docelowych oraz ewolucji objawów. Ogólnie jest przyjęte, że niższe częstotliwości promieniowania laserowego stosowane są w celu osiągnięcia efektu przeciwbólowego, z kolei wyższe w celu osiągnięcia efektu przeciwzapalnego.

Sposoby naświetlania obejmują dwie podstawowe techniki - **bezkontaktową i kontaktową**.

Mogą one obejmować technikę *punktową*, *powierzchniową*, *inwazyjną* i *bezinwazyjną*. Laseroterapia jest stosowana coraz szerzej. W odpowiedzi na pytanie dlaczego tak się dzieje, można wymienić jej dużą efektywność, bezbolesność, aseptyczność, szybkość, brak przeciwwskazań wiekowych i efektów ubocznych. Jest zalecana i stosowana między innymi w chirurgii, ortopedii, akupunkturze, w chorobach układu ruchu, chorobach skóry, w ginekologii, stomatologii, w chorobach otolaryngologicznych i neurologicznych. Jest to wartościowa metoda leczenia, z którą na pewno warto się bliżej zapoznać.

*Bibliografia :*

*Łazowski – Podstawy fizykoterapii*

*Mika - Fizykoterapia*