

4. Metody terapeutyczne w rehabilitacji

4.1. Fizykoterapia

Włodzisław Kuliński

Fizykoterapia należy do najstarszych dyscyplin lekarskich i jest integralną częścią współczesnego leczenia. Będąc jednym z działów medycyny fizykalnej w połączeniu z metodami hydroterapeutycznymi, balneologią oraz rehabilitacją stosowana jest w celach leczniczych i profilaktycznych prawie we wszystkich dziedzinach medycyny.

W fizykoterapii do leczenia różnych chorób wykorzystuje się występujące w przyrodzie naturalne czynniki fizyczne, termiczne, promieniowanie słońca oraz urządzenia wytwarzające energię ciepłą, promieniowanie świetlne nadfioletowe, podczerwone i laserowe, prądy małej i średniej częstotliwości, pola elektromagnetyczne wielkiej częstotliwości, pola magnetyczne niskiej częstotliwości, ultradźwięki oraz krioterapię. Obserwowany od wielu lat postęp w medycynie fizykalnej wykazuje nadal cechy rozwoju.

4.1.1. Światłolecznictwo

Światłolecznictwo jest najstarszym działem fizykoterapii, w którym wykorzystuje się:

- a – promieniowanie nadfioletowe,
- b – promieniowanie widzialne,
- c – promieniowanie podczerwone.

4.1.1.1. Promieniowanie nadfioletowe

Jest to niewidzialne promieniowanie o długości fali 100–400 nm, w praktyce określane również jako ultrafiolet – UV. Wyróżnia się w nim trzy zakresy:

- a – o długości fali 400–315 nm,
- b – o długości fali 315–280 nm,
- c – o długości fali 280–200 nm.

Promieniowanie nadfioletowe ma ograniczoną zdolność przenikania w obręb tka-

nek; zależy to od długości fali. Promieniowanie UVC pochłaniane jest w warstwie rogowej naskórka, natomiast UVA dopiera na głębokości 2 mm.

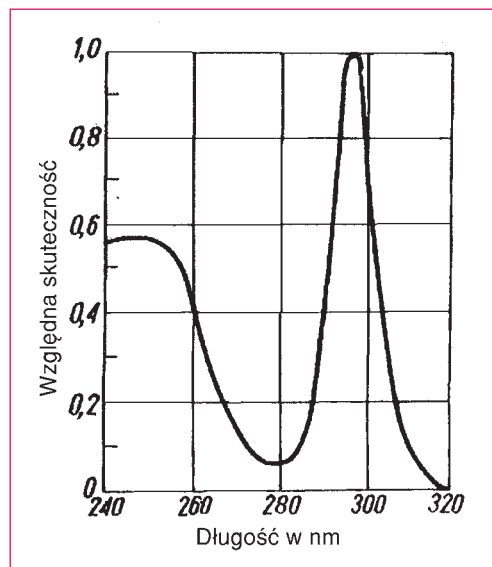
Wpływ promieniowania nadfioletowego na organizm. Najsilniejsze działanie wywiera promieniowanie UVB, powodując wystąpienie po okresie utajenia odczynu rumieniowego.

Na ryc. 4.1 przedstawiono zależność odczynu rumieniowego od długości fali promieniowania nadfioletowego.

Nasilenie odczynu rumieniowego zależy również od intensywności emisji źródła promieniowania, czasu naświetlania, odległości od źródła promieniowania oraz wrażliwości osobniczej na światło.

W ewolucji rumienia fotochemicznego wyróżnia się trzy okresy:

- okres utajenia: trwający od 1 do 6 godzin,
- okres narastania rumienia: od 6 do 24 godzin,



Ryc. 4.1. Zależność odczynu rumieniowego od długości fali promieniowania nadfioletowego (według Eckerta).

- okres ustępowania rumienia: trwający od kilkunastu godzin do kilku dni.

W następstwie napromieniowania skóry przez UVB głównie o długości fali 290–320 nm dochodzi do utlenienia DOPA (3, 4-dwuhydroksyfenyloalanina) do melaniny, powodującej brunatne przebarwienie skóry.

Promieniowanie UVB w zakresie 280–300 nm zapoczątkowuje syntezę witaminy D₃. Pod jego wpływem z 7-dehydrocholesterolu występującego w skórze powstaje prowitamina, a z niej po dalszych przekształceniach w wątrobie i nerkach – cholekalcyferol. Niedobór wit. D₃ w ustroju powoduje u dzieci krzywicę. Poza tym wit. D₃ bierze udział w wielu innych procesach biologicznych ustroju.

Promieniowanie nadfioletowe nie wywiera działania cieplnego, ale ma bardzo duże działanie biologiczne: przyspiesza przemianę materii, usprawnia mineralizację kości, pobudza gruczoły wydzielania wewnętrznego, poprawia metabolizm tlenu, obniża podwyższone ciśnienie krwi, dodatkowo wpływa na układ krwiotwórczy. Wrażliwość skóry na promieniowanie nadfioletowe jest różna i zależy przede wszystkim od jej barwy. Najbardziej wrażliwi są blondyni i rudzi, najmniej – bruneci oraz ciemnoskórzy. Należy to uwzględnić przy zlecaniu czasu ekspozycji na to promieniowanie.

Należy wziąć także pod uwagę wrażliwość skóry różnych okolic ciała na działanie promieniowania nadfioletowego. Największa zlokalizowana jest w okolicach brzucha i dolnej części pleców, najmniej narażone są dłonie, stopy i głowa.

Osobniczą wrażliwość skóry zwiększają niektóre związki chemiczne i leki, np. sulfonamidy, niektóre antybiotyki, leki przeciwcukrzycowe, uspokajające, prze-

ciwgruźlicze, barbiturany, złoto, salicylany, preparaty dziurawca. Należy pamiętać, że naświetlanie promieniami nadfioletowymi po uprzedniej ekspozycji na promienie podczerwone nasila odczyn skóry.

Sztuczne źródła promieniowania nadfioletowego:

- ciała ogrzane do wysokiej temperatury,
- wyładowania elektryczne jarzeniowe w gazach szlachetnych.

Najczęściej stosowane są lampy kwarcowo-rtęciowe, składające się z palnika i reflektora. Źródłem promieni UV jest łuk elektryczny par rtęci w gazie szlachetnym powstający pod wpływem prądu przepływającego przez elektrody. Wyróżnia się 3 rodzaje palników kwarcowych:

- wysokociśnieniowe, o ciśnieniu 1–10 atmosfer, emitujące promieniowanie o długości fali 180–580 nm;
- średniociśnieniowe, o ciśnieniu 0,1 atmosfery, stosowane w tzw. lampach indukcyjnych;
- palniki niskociśnieniowe, około 0,001 atmosfery, emitujące promieniowanie o długości fali 235 nm.

W lecznictwie fizykalnym wykorzystuje się 2 rodzaje lamp kwarcowych:

- lampy przenośne: typu Emita VT-400, służące do naświetlań promieniami nadfioletowymi i podczerwonymi, zarówno w pracowniach fizykoterapii, jak i w warunkach domowych;
- lampy statywowe: typu Helios L-9, Bacha, Emita VS-700, Jesionka, umożliwiające ekspozycję promieniowania zarówno nadfioletowego, jak i podczerwonego.

Lampa Kromayera służy do naświetlań miejscowych oraz kontaktowych promieniami nadfioletowymi. Jest to możliwe dzięki kompletowi nasadek kwarcowych

przystosowanych do wykonywania zabiegów miejscowych z małej odległości.

W ostatnich 20 latach nastąpił znaczący postęp w wielu działach medycyny fizykalnej. Jest on szczególnie widoczny w światłolecznictwie. Wprowadzono nowe formy fototerapii: PUVA, PUVA Bath, PUVA sol, Re PUVA, SUP, udoskonolono aparaturę do naświetlań promieniami UVB 311 nm, a także skonstruowano nowoczesne promienniki typu Medisun 2800 PC (ryc. 4.2).

W dalszym ciągu w wielu pracowniach fizykoterapii wykorzystywane są urządzenia typu medyczna oprawa dermatologiczna MOD-10 (ryc. 4.3) do fotochemoterapii wybranych chorób skóry z jednoczesnym zastosowaniem preparatów fotodynamicznych, które zwiększają wrażliwość skóry na promieniowanie nadfioletowe.

Źródłem promieniowania są rtęciowe świetlówki niskociśnieniowe wytwarzające promieniowanie głównie w zakresie od 320 do 365 nm. Konstrukcja oprawy zapewnia równomierną ekspozycję promieniowania nadfioletowego na całe ciało stojącego pacjenta.

Lampa Psorilux 5050 (ryc. 4.4) firmy Heraeus, wprowadzona do terapii fizykalnej, umożliwiła leczenie wielu chorób skóry bez stosowania środków fotodynamicznych.

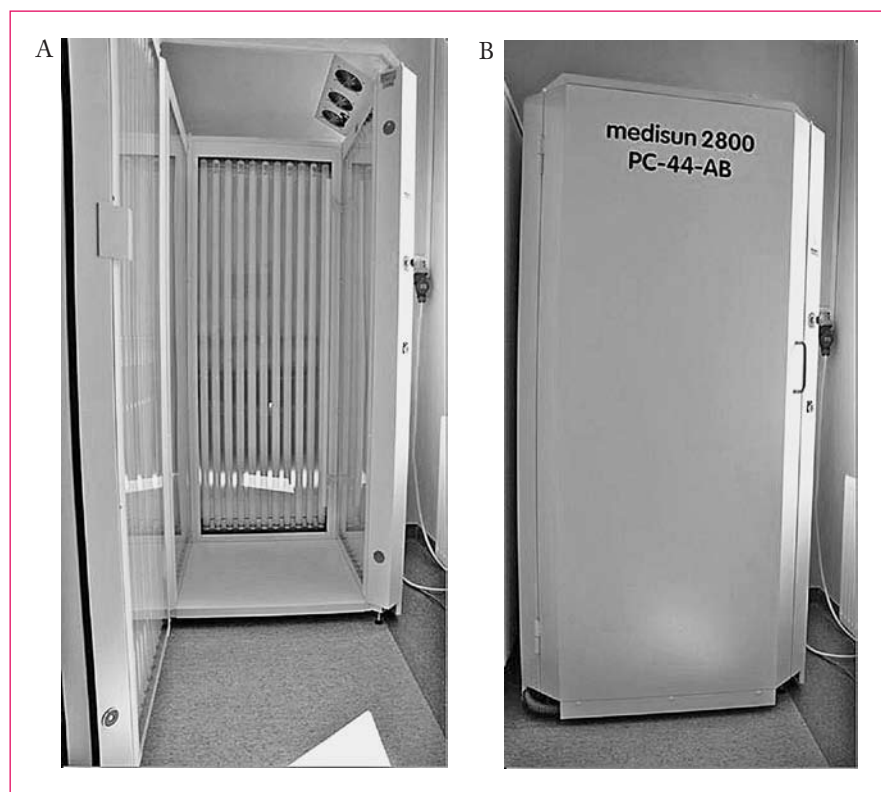
Zbudowana z 6 odrębnych wysokociśnieniowych promienników rtęciowych z dodatkiem halogenów umożliwia uzyskiwanie wybiórczego widma promieniowania nadfioletowego. Trzy promienniki służą do terapii metodą PUVA, a pozostałe 3 – metodą SUP. Na ryc. 4.5 przedstawiono uzyskiwane w lampie widmo promieniowania do terapii metodą PUVA, a na ryc. 4.6 widmo promieniowania wykorzystywane do terapii metodą SUP.

Zasady naświetlań promieniami nadfioletowymi. Przed uruchomieniem każdej lampy należy dokładnie zapoznać się z instrukcją obsługi oraz zeszytem kontroli technicznej, w którym podany jest czas pracy lampy. Raz na 3 miesiące wykonywany jest test biologiczny.

Rodzaj wykorzystanego urządzenia powinien być dostosowany do celu terapii. Przed zabiegiem należy bezwzględnie sprawdzić wrażliwość na promieniowanie nadfioletowe za pomocą tradycyjnego rumieniomierza. Odczyn skóry w miejscach naświetlanych powinno się obserwować po 3, 6, 9, 12 i 24 godzinach. To umożliwia wyznaczenie progowej dawki rumieniowej i jest miarą indywidualnej wrażliwości

pacjenta na promieniowanie nadfioletowe. W lecznictwie fizykalnym stosuje się różne dawki promieniowania nadfioletowego. Można je określić na podstawie podziału odczynu rumieniowego zaproponowanego przez Konarską (tab. 4.1).

Do naświetlań ogólnych stosuje się dawki podprogowe i progowe. Wykonuje się je zwykle z odległości 1 metra w pozycji leżącej. Oczy chorych chroni się okularami ochronnymi. Przy ograniczonych naświetlaniach miejscowych można stosować dawki rumieniowe. Aby skrócić czas zabiegu, wykonuje się je z mniejszej odległości niż naświetlania ogólne. Każdorazowo należy wtedy obliczyć odpowiadającą tej odległości dawkę progową. Na-



Ryc. 4.2. Lampa Medisun 2800 PC-44-AB.

świetlania u dzieci wykonuje się codziennie lub co drugi dzień; dawka wyjściowa stanowi zwykle 1/8–1/2 dawki progowej, w zależności od wieku dziecka.

Wskazania do zastosowania promieni nadfioletowych:

- choroby skóry,
- wybrane schorzenia układu oddechowego,
- wybrane schorzenia laryngologiczne,
- niektóre schorzenia reumatologiczne,
- w stanach rekonwalescencji,
- utrudniony wzrost kostny,
- niedoczynność gruczołów wydzielania wewnętrznego,
- w profilaktyce krzywicy u dzieci.

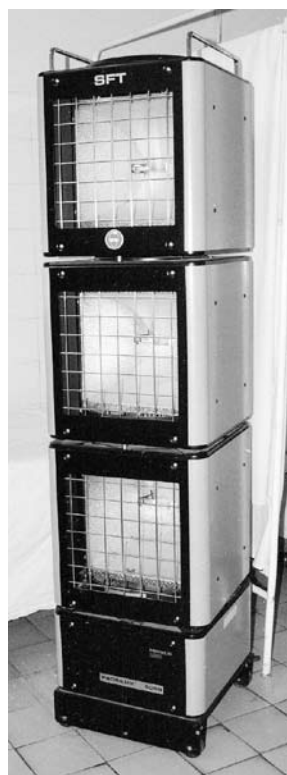
Przeciwwskazania: choroby nowotworowe, czynna gruźlica płuc, zwiększona

wrażliwość na światło, ostre stany zapalne, padaczka, nadczynność tarczycy.

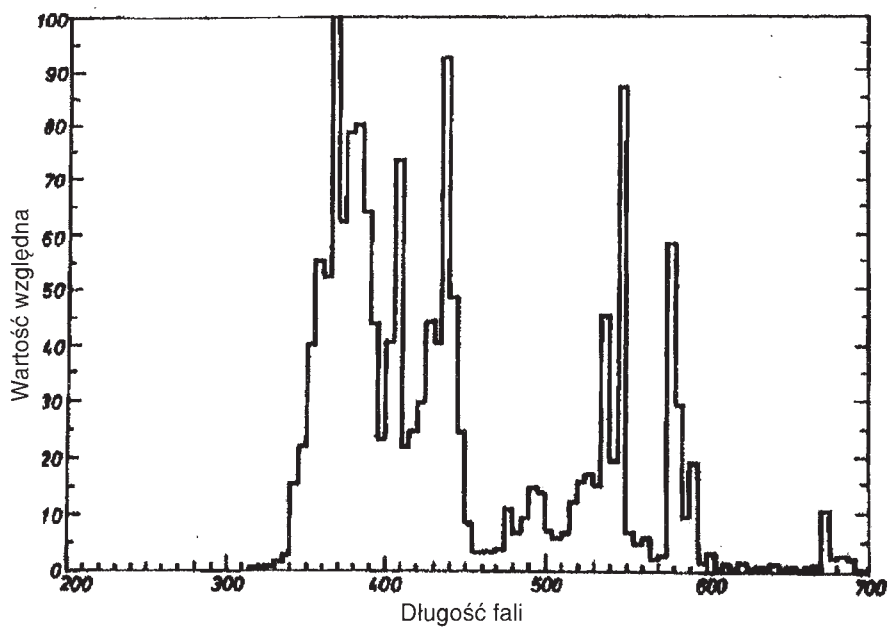
Fototerapia. Obserwowany korzystny wpływ promieni ultrafioletowych w leczeniu łuszczycy znany jest od dawna. W 1978 r. Fritsh i wsp. przedstawili korzystne wyniki leczenia łuszczycy metodą PUVA w połączeniu z retinoidami. W 1986 r. wprowadzono modyfikację metody PUVA – PUVA Bath, która polega na zewnętrznym stosowaniu psoralenów w roztworze wodnym w postaci kąpeli przed naświetlaniem. Pozwoliło to na wyeliminowanie niepożądanych objawów związanych z doustnym stosowaniem psoralenów. Rozwój leczniczej aparatury fizycznej przyczynił się do



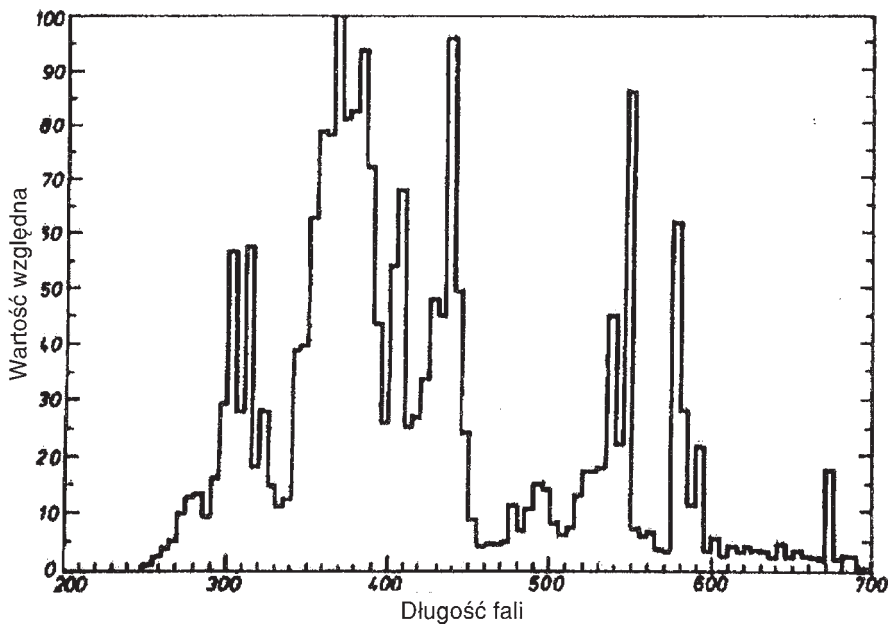
Ryc. 4.3 Medyczna oprawa dermatologiczna MOD-10.



Ryc. 4.4. Lampa Psorilux 5050.



Ryc. 4.5. Widmo promieniowania lampy Psorilux w metodzie PUVa.



Ryc. 4.6. Widmo promieniowania lampy Psorilux w metodzie SUP.

Tabela 4.1. Podział odczynu rumieniowego

Stopień odczynu	Obraz kliniczny
Odczyn progowy (MED.)	Nieznaczące zaróżowienie po 4–6 godz. utajenia, trwające do 12 godz.
E I°	Zaróżowienie skóry po około 4 godz. utajenia, trwające do 24 godz.
E II°	Silne zaróżowienie skóry, pieczenie, bolesność pojawiające się po 3–4 godz. utajenia, utrzymujące się do 2–3 dni.
E III°	Skóra żywoczerwona, bolesna, obrzęknięta już po godzinnym okresie utajenia. Okres ustępowania zmian 3–5 dni.
E IV°	Zmiany jak w III° oraz pęcherze surowicze. Okres ustępowania 7–10 dni.
E V°	Obrzęk, pęcherze martwicze skóry; zmiany pojawiają się po 1 godz. i utrzymują się do 10 dni.

udoskonalenia tej metody terapii. Fisher wykazał najefektywniejsze działanie w leczeniu łuszczycy promieni UVB o długości fali 311 nm. Pod koniec lat osiemdziesiątych wyprodukowano palniki TL-01, które emitują głównie promienie 311 nm, wyjątkowo skuteczne w leczeniu łuszczycy. W celu zwiększenia wrażliwości skóry na promieniowanie nadfioletowe stosuje się w leczeniu łuszczycy preparaty wykazujące właściwości fotodynamiczne. Powszechne zastosowanie znalazły pochodne psoralenów – leków stosowanych dotychczas w leczeniu bielactwa nabytego. Psoraleny (furokumaryny) są związkami heterocyklicznymi powstałymi z połączenia kumaryny i furanu. Metodę opartą na stosowaniu doustnym tych leków i naświetlaniu promieniami nadfioletowymi nazwano PUVA (*photochemotherapy* UVA). Pod wpływem promieniowania UVA o długości fali 365 nm zachodzi reakcja fotodynamiczna polegająca na wytworzeniu trwałych wiązań kowalencyjnych między psoralenami a zasadami pirymidynowymi kwasów nukleinowych komórek naskórka.

Wynikiem fotochemoterapii jest m.in. zahamowanie syntezy DNA komórek naskórka i zmniejszenie nadmiernej aktyw-

ności mitotycznej naskórka, co obserwuje się w łuszczycy. Efekt leczniczy związany jest również z działaniem supresyjnym na cytokiny wydzielane w nadmiarze do naskórka i zmniejszeniem liczby krążących limfocytów T helper. Chorych naświetla się po 2–3 godzinach od podania psoralenu, stosując dawkę 0,5–1,5 J/cm². Do naświetlań używa się tzw. medycznej oprawki dermatologicznej MOD-10, w której źródłem promieniowania są rtęciowe świetlówki niskociśnieniowe z warstwą luminoforową wytwarzającą promieniowanie ultrafioletowe w zakresie długości fali 320–420 nm, lub bardziej nowoczesne lampy Psorilux i Medisun 2800 PC.

Stosowana jest również druga metoda w leczeniu chorób skóry bez doustnego podawania środków fotodynamicznych, tzw. SUP (*selective UV-phototherapy*). Istotą tej metody jest naświetlanie promieniowaniem o długości fali 300–340 nm, czyli na pograniczu UVA i UVB. Czas naświetlań w tej metodzie wynosi maksymalnie do 5 minut. Główne wskazania do zastosowania fotochemoterapii stanowią: łuszczycy uogólniona, ziarniak grzybiasty, liszaj płaski, łupież czerwony, przyłuszczycyca grudkowa, świerzbiączka, wyprysk rozsiany, neurodermit, bielactwo nabyte.

4.1.1.2. Promieniowanie widzialne

Jest to promieniowanie o długości fali 380–780 nm, stanowiące 33–40% widma promieniowania słonecznego. Znaczna jego część zostaje odbita od powierzchni skóry, część natomiast przenika przez skórę do tkanki podskórnej. Wywołuje odczyn miejscowy i ogólny. Odczyn miejscowy pojawia się po kilkunastu minutach naświetlania w postaci rumienia ciepłego. Światło widzialne wywiera istotny wpływ na organizm człowieka. Stymuluje procesy fizjologiczne, przyspiesza podstawową przemianę materii, pobudza czynność układu krwiotwórczego oraz gruczołów wydzielania wewnętrznego. Światło czerwone wywiera łagodny stymulujący wpływ na psychikę człowieka. Światło niebieskie zaś działa uspokajająco, zmniejsza ból, ma działanie fotooksydacyjne. Poza tym wskazaniami do tej formy terapii są gruźlica kostno-stawowa oraz niektóre schorzenia skóry i górnych dróg oddechowych.

4.1.1.3. Promieniowanie podczerwone (IR)

Jest to niewidzialne promieniowanie elektromagnetyczne, określane również potocznie jako *infra red* (IR), wykorzystywane w fizykoterapii w zakresie długości fali 770–15 000 nm. W zależności od długości fali dzieli się je na:

- promieniowanie krótkofalowe o długości fali 770–1500 nm,
- promieniowanie średniofalowe o długości fali 1500–4000 nm,
- promieniowanie długofalowe od 4000 do 15 000 nm.

Promieniowanie podczerwone stanowi 60% energii promieniowania słonecznego.

Jego sztucznym źródłem są ciała ogrzane do wysokiej temperatury. Głębokość przenikania promieniowania podczerwonego przez skórę zależy od długości fali; najgłębiej, bo do tkanki podskórnej, przenika promieniowanie krótkofalowe. Jego działanie biologiczne związane jest z podniesieniem temperatury tkanek wskutek zwiększenia energii kinetycznej ich cząsteczek. Powoduje więc reakcję miejscową oraz wskutek odruchów konsensualnych – odległą. Miejscowo pojawia się rumień ciepły, który znika po kilkudziesięciu minutach od zaprzestania ekspozycji. Odczyn ogólny, zgodnie z prawem Dastre-Morata, przejawia się reakcją naczyń głębiej położonych, w tym jamy brzusznej i klatki piersiowej. Dochodzi do zmniejszenia napięcia mięśni, podwyższenia progu odczuwania bólu oraz przyspieszenia przemiany materii. Wykorzystywane w fizykoterapii urządzenia emitujące wyłącznie promieniowanie podczerwone to stosowane powszechnie lampy Helios L-8, L-9, Emita VS-700, Emita VT-400, Emita VT-410. Drugą grupę stanowią lampy emitujące promieniowanie podczerwone i widzialne. Są to różne rodzaje lamp typu sollux, zarówno przenośne, jak i statywowe.

Wskazaniami do terapii promieniowaniem podczerwonym są: przewlekłe i podostre stany zapalne, nerwobóle, niektóre schorzenia reumatologiczne, dermatologiczne, stany pourazowe i inne.

4.1.2. Laseroterapia

Zastosowanie w medycynie fizykalnej światła laserowego zawdzięczamy Endre Masterowi z Węgier, który w 1969 r. wykorzystał je

do leczenia trudno gojących się ran i owrzodzeń. Lata osiemdziesiąte i dziewięćdziesiąte to szybki rozwój tej formy terapii, która została powszechnie zastosowana w wielu dziedzinach medycyny.

Promieniowanie laserowe jest falą elektromagnetyczną zdefiniowaną przez następujące parametry:

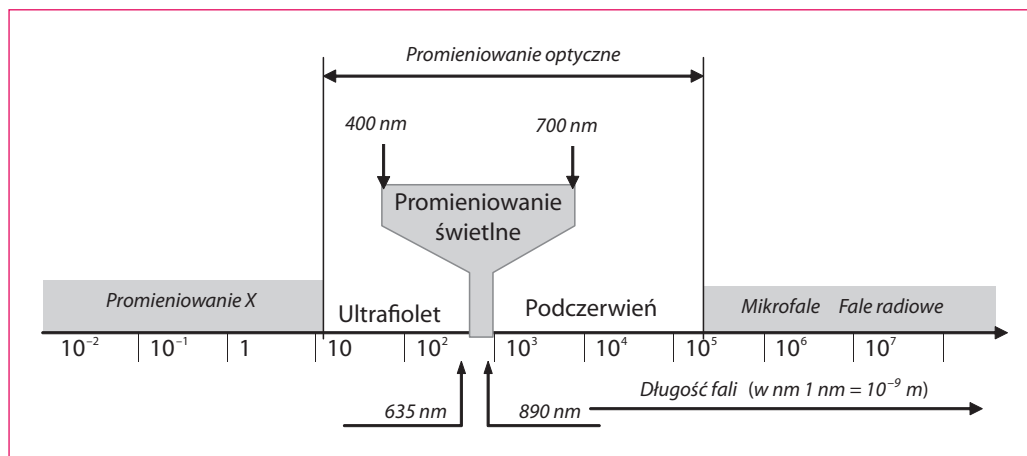
- długość fali (λ) w nanometrach [nm] – parametr ten określa barwę światła;
- amplitudę – wielkość amplitudy określa moc emitowanego promieniowania.

Długości fal emitowanych przez lasery wykorzystywane w biostymulacji leżą w środku widma fal elektromagnetycznych (ryc. 4.7.).

Laser jest urządzeniem generującym światło o szczególnych właściwościach. Jak zauważył już w 1917 r. A. Einstein, aby atom lub cząsteczka mogły emitować promieniowanie, muszą wcześniej zostać przeniesione do wyższego poziomu energetycznego, czyli zostać wzbudzone przez absorpcję promieniowania z zewnętrznego źródła. Powrót do pierwotnego stanu energetycznego związany jest z emisją

spontaniczną w atomie, w wyniku której z wielu fotonów o różnych energiach powstaje wiązka światła. Długość fali emitowanego promieniowania jest odwrotnie proporcjonalna do różnicy energii poziomów, pomiędzy którymi odbyło się przejście elektronów. Laser jest urządzeniem generującym i wzmacniającym światło w procesie wymuszonej emisji. Promieniowanie laserowe wykazuje charakterystyczne cechy: a) spójność, b) monochromatyczność, c) równoległość wiązki, d) dużą intensywność.

- Spójność, czyli koherencja, jest najważniejszą cechą promieniowania laserowego; wskazuje, że wszystkie kwanty w wiązce promieniowania laserowego są takie same, przemierzają się zgodnie w tej samej fazie i płaszczyźnie.
- Monochromatyczność oznacza, że promieniowanie laserowe ma prawie jednakową długość fali.
- Równoległość wiązki zapewnia ukierunkowanie emisji i selektywne działanie rezonatora optycznego. Kąt rozbieżności wiązki laserowej jest bardzo mały, może ona przebyć



Ryc. 4.7. Ilustracja widma fal elektromagnetycznych.

wielokilometrową odległość, zachowując pierwotną zwartość.

- d) Intensywność wynika z możliwości wytwarzania impulsu promieniowania o bardzo krótkim czasie trwania i dowolnie dobranej gęstości i mocy.

Każdy laser składa się z 3 elementów:

- ośrodka laserowego,
- układu pompującego,
- komory rezonatora optycznego.

W zależności od zastosowanego ośrodka czynnego rozróżnia się lasery gazowe, półprzewodnikowe, cieczowe oraz wykorzystujące jako ośrodek czynny minerały.

W laserach gazowych ośrodkiem czynnym są atomy gazów, np. helu (He), neonu (Ne), CO₂, argonu (Ar), kryptonu (Kr), ksenonu (Xe), oraz pary metalu w gazie szlachetnym, np. kadmu (Cd) w helu (He – Cd). Czynnikiem powodującym pompowanie w tych laserach jest energia wyładowań elektrycznych. W laserach półprzewodnikowych ośrodkiem czynnym jest złącze półprzewodnikowe, najczęściej z arsenku galu (Ga – As).

Do laserów cieczowych zalicza się tzw. lasery szlachetne oraz lasery barwnikowe. Ośrodkiem czynnym są w nich ciekłe związki organiczne lub nieorganiczne, a pompowanie odbywa się w wyniku reakcji chemicznych lub optycznych.

W laserach z ośrodkiem czynnym w postaci ciała stałego pobudzane są pod wpływem światła o dużym natężeniu atomy domieszek metali w ciele stałym, będącym np. granatem itrowo-aluminiowym (K A G).

Biostymulacja laserowa. W medycynie lasery są szeroko stosowane przede wszystkim w chirurgii, okulistyce i stomatologii. Lasery emitujące promieniowanie o małej mocy znalazły zastosowanie

do tzw. biostymulacji. Wykorzystuje się w niej bezpośrednie działanie promieniowania elektromagnetycznego na procesy tkankowe bez ich uszkodzenia i podwyższenia temperatury tkanek (nie większe niż 0,1–0,5°C).

Energia lasera małej mocy jest ograniczona do kilku mJ/cm², a moc średnia do około 50 mW. Do biostymulacji wykorzystuje się głównie lasery helowo-neonowe (He – Ne) oraz półprzewodnikowe (Ga – As). Lasery helowo-neonowe emitują widzialne promieniowanie czerwone ($\lambda = 632 \text{ nm}$), zaś lasery półprzewodnikowe – bliskie promieniowanie podczerwone (IR) o długości fali około 900 nm.

W biostymulacji laserowej emisję impulsową stosuje się częściej niż emisję ciągłą. Emisja impulsowa pozwala uzyskiwać znacznie większe moce w impulsie niż przy emisji ciągłej oraz daje możliwość regulowania częstotliwości impulsów. Częstość impulsów jest regulowana przeważnie w zakresie od 1 do 6400 na sekundę, w niektórych aparatach do 10 KHz, co daje wypełnienie emisji promieniowaniem (np. przy czasie impulsu wynoszącym 200 ns) 0,2%, czyli przerwa między impulsami jest 500 razy dłuższa od impulsu. Dzięki temu nie dochodzi do kumulacji ciepła i temperatura tkanek pozostaje niezmienną.

Do skutecznej biostymulacji konieczne jest dostarczenie określonej ilości energii w dżulach [J] na odpowiednią głębokość. Stopień absorpcji i głębokość wnikania promieniowania zależą, z jednej strony, od struktury naświetlanej tkanki, tzn. jej ukrwienia, pH, zawartości wody, pigmentów, melaniny i hemoglobiny, z drugiej zaś od długości fali promieniowania, czyli barwy światła, mocy i czasu trwania zabiegu.