Energia opisywanej fali świetlnej jest niekoherentna, w każdej jednostce czasu jednakowa, przesunięta w fazie. Zawiera szerokie pasmo częstotliwości i niską gęstość energii, określaną jako fluencja, która wywołuje efekt biostymulujący. Ponieważ przebieg fal nie jest zsynchronizowany w czasie ani w przestrzeni, natężenie nie sumuje się ani nie znosi, jest zatem dostarczane do właściwej strefy ze stałą intensywnością. Gęstość strumienia świetlnego jest zmienna w zależności od natężenia źródła światła oraz jego odległości od skóry. Wytwarzanie polaryzacji w procesie odbicia od specjalnego zwierciadła wielowarstwowego zapewnia większą skuteczność terapeutyczną.

Światło spolaryzowane powoduje szereg korzystnych zmian na poziomie komórkowym i tkankowym w organizmie człowieka. Należą do nich: wzrost aktywności energetycznej błony komórkowej, zwiększenie absorpcji tlenu na poziomie tkankowym, zwiększenie komórkowego potencjału energetycznego, pobudzenie procesów regeneracyjnych organizmu. Zaznacza się korzystny wpływ oddziaływania opisywanej energii na układ nerwowy. Światło spolaryzowane pobudza światłoczułe struktury wewnątrzkomórkowe i biocząsteczki. Stymulacja ta zapoczątkowuje komórkowe reakcje łańcuchowe i wyzwala reakcje wtórne w organizmie poprzez wpływanie na jego procesy obronne i naprawcze.

Terapia światłem spolaryzowanym może być stosowana w zależności od potrzeb jako terapia podstawowa, wspomagająca lub profilaktyczna. Może być stosowana równolegle z innymi metodami leczenia. Standardowo wskazane jest naświetlanie jeden raz dziennie w czasie od 4 do 10 minut. W niektórych przypadkach zaleca się zwiększenie liczby zabiegów do 2–3 razy oraz wydłużenie czasu trwania zabiegu.

Wybrane wskazania do stosowania światłolecznictwa

Promieniowanie IR jest korzystne w chorobie Buergera i nadciśnieniu tętniczym w celu wywołania odruchowego rozszerzenia naczyń w kończynach dolnych.

Promieniowanie UV stosuje się w nadciśnieniu tętniczym, w celu obniżenia stanu napięcia układu wegetatywnego sympatycznego, zmniejszenia lepkości krwi i wywołania przekrwienia obwodowego, oraz w chorobie niedokrwiennej, w celu zwiększenie stężenia kwasu askorbowego i obniżenia poziomu cholesterolu w surowicy krwi.

Helioterapia jest przydatna w nadciśnieniu tętniczym w celu obniżenia ciśnienia skurczowego krwi.

Światło spolaryzowane znajduje zastosowanie w leczeniu trudno gojących ran oraz w celu przyśpieszenia procesu gojenia ran pooperacyjnych, np. u pacjentów po zabiegach kardiochirurgicznych.

Zakres przeciwwskazań jest podobny jak w zimno- i ciepłolecznictwie.

Elektroterapia

Elektrolecznictwo jest działem fizykoterapii, w którym do celów leczniczych stosuje się **bodźce elektryczne.** Elektroterapia wykorzystuje działanie biologiczne prądu elektrycznego, który może: pobudzać nerwy i mięśnie, uśmierzać ból, zwiększać ukrwienie tkanek, zmniejszać napięcie mięśni poprzecznie prążkowanych szkieletowych i naczyniowych, łagodzić stany zapalne, zwiększać przepływ limfy, przyśpieszać wchłanianie obrzęków, wpływać na trofikę tkanek, intensyfikować procesy przemiany materii, przyśpieszać regenerację tkanek.

Ze względu na różnice w działaniu biologicznym **prądy elektryczne można podzielić na dwie grupy.** Jedną grupę stanowią prądy małej i średniej częstotliwości, pobudzające układ nerwowo-mięśniowy i niewykazujące działania cieplnego, do drugiej zaś należą prądy wielkiej częstotliwości niepobudzające układu nerwowo-mięśniowego, ale wzbudzające powstanie ciepła w tkankach.

W schorzeniach układu sercowo-naczyniowego stosuje się między innymi tzw. leczenie ukierunkowane na naczynia krwionośne, które pole-

Ryc. 7.5a. Lampa Biotron (dzięki uprzejmości firmy Zepter International Poland; www.zepter.pl)

Ryc. 7.5b. Lampa do terapii promieniami IR – – producent: Firma Handlowo-Usługowa Technomex; www.technomex.com.pl (wykorzystano dzięki uprzejmości)

Ryc. 7.5c. Laser biostymulacyjny – producent: Firma Handlowo-Usługowa Technomex; www.technomex.com.pl (wykorzystano dzięki uprzejmości)

Ryc. 7.5d. Lampa kwarcowa – producent: Firma Handlowo-Usługowa Technomex; www.technomex.com.pl (wykorzystano dzięki uprzejmości)

ga na tym, że elektrody zabiegowe układa się na linii przebiegu tętnic obwodowych. Takie ułożenie powoduje bezpośredni wpływ na napięcie naczyń krwionośnych i zwiększenie światła naczynia. Przykładowo, w zaburzeniach ukrwienia kończyny dolnej stosuje się ułożenie elektrod wzdłuż przebiegu tętnicy udowej, a w zaburzeniach ukrwienia ramienia zaleca się ułożenie elektrod wzdłuż przebiegu tętnicy ramiennej.

Galwanizacja

Prąd galwaniczny, będący najprostszą formą prądu elektrycznego, wykorzystuje się do zabiegów galwanizacji, jonoforezy i kąpieli elektryczno-wodnych. Działanie terapeutyczne zależne jest od sposobu leczniczego zastosowania określonego bieguna prądu, w tym przypadku anody bądź katody, oraz kierunku przepływu prądu stałego przez tkanki.

W chorobie niedokrwiennej mięśnia sercowego i nadciśnieniu tętniczym zalecana jest kąpiel czterokomorowa, galwaniczna. Cele: zmniejszenie pobudliwości OUN, rozszerzenie naczyń krwionośnych obwodowych, obniżenie ciśnienia tętniczego krwi.

O doborze kierunku przepływu prądu decyduje zawsze lekarz.

Zstępujący kierunek przepływu prądu wykazuje następujące efekty lecznicze:
- zwiększenie dopływu krwi z krążenia małego do serca,
- odpływ krwi żylnej z płuc i kończyn górnych,
- rozszerzenie naczyń krwionośnych obwodowych,
- obniżenie ciśnienia krwi,
- zmniejszenie pobudzenia OUN.

W niedociśnieniu tętniczym zalecany jest **wstępujący kierunek przepływu prądu**, dający następujące efekty lecznicze:
- zwiększenie odpływu krwi żylnej z kończyn dolnych i narządów objętych dorzeczem żyły wrotnej,
- dopływ krwi tętniczej do płuc i kończyn górnych,
- odpływ krwi żylnej z serca do płuc.

W chorobie Raynauda stosowany jest kołnierz galwaniczny wg Szczerbaka, w celu oddziaływanie na układ wegetatywny segmentów rdzenia w odcinku C3–Th i zwoje gwiaździste szyjne, co w efekcie poprawia odżywianie tkanek kończyn górnych. Przeciwwskazaniami są: wszczepiony rozrusznik serca, zaburzenia czucia, zaawansowana miażdżyca zarostowa tętnic, zakrzepica, arytmia serca.

Ryc. 7.6. Zestaw (wanna) do kąpieli 4-komorowej – producent: Firma Handlowo-Usługowa Technomex; www.technomex.com.pl (wykorzystano dzięki uprzejmości)

Jonoforeza

Zabieg jonoforezy stosuje się w celu wprowadzenia jonów lekowych do tkanek przez skórę lub błony śluzowe. W metodyce zabiegu należy zwrócić szczególną uwagę na odpowiednio dobraną biegunowość, która warunkuje prawidłowe przeprowadzenie zabiegu.

Zalety jonoforezy: nietraumatyczne wprowadzenie leku do tkanek, ominięcie przejścia wątrobowego, powtarzalność. Zabieg może być wykonywany przy zastosowaniu prądu galwanicznego lub innego o małej częstotliwości, ale jednokierunkowego. Zastosowanie zabiegu wynika ze wskazań medycznych. Zakres przeciwwskazań obejmuje ogólne przeciwwskazania obowiązujące w elektroterapii.

Poniżej przedstawiono **wykaz wybranych leków** stosowanych do zabiegów jonoforezy w chorobach układu sercowo-naczyniowego. Uwzględniono rodzaj leku, jego działanie oraz zastosowanie w określonej jednostce chorobowej:

Chlorowodorek histaminy – rozszerzenie naczyń włosowatych pod wpływem bezpośredniego działania leku, rozszerzenie sąsiednich

tętniczek na drodze odruchowej, zwiększenie przepuszczalności naczyń. Zastosowanie: choroba Raynauda, choroba Buergera.

Pridazol – rozszerzenie obwodowych naczyń krwionośnych włosowatych oraz drobnych tętniczek. Zastosowanie: choroba Buergera.

Jodek potasu – działa przeciwzapalnie, zmiękczająco na tkankę łączną, zwiększa przemianę materii. Zastosowanie: choroba Buergera, choroba Raynauda.

Siarczan magnezu – stymuluje metabolizm komórkowy, reguluje gospodarkę wapniowo-fosforanową. Zastosowanie: choroba Buergera, choroba Raynauda.

Chlorek wapnia – działanie przeciwzapalne, bodźcowe oddziaływanie na autonomiczny układ nerwowy, działa też odczulająco, pobudzająco, uszczelniająco na naczynia krwionośne. Zastosowanie: obwodowe zaburzenia naczynioruchowe np. choroba Raynauda, choroba niedokrwienna mięśnia serca, nadciśnienie tętnicze.

Pasta borowinowa – działa bakteriostatycznie, poprawia ukrwienie tkanek, stymuluje wydzielanie endogennych glikokortykoidów. Zastosowanie: choroba Buergera.

Tolazolina – rozszerza naczynia krwionośne. Zastosowanie: zaburzenia ukrwienia obwodowego, np. choroba Raynauda.

Prądy dynamiczne

Prądy diadynamiczne, zwane prądami Bernarda, wykazują silnie wyrażone działanie przekrwienne i przeciwbólowe. Powstają w wyniku prostowania prądu sinusoidalnie zmiennego. Charakterystyczną cechą jest złożoność tego prądu z uwzględnieniem składowej galwanicznej oraz prądu impulsowego sinusoidalnego o częstotliwości 50 i 100 Hz.

W celach leczniczych stosuje się sześć podstawowych prądów diadynamicznych, opisanych przez francuskiego lekarza Bernarda. Rodzaj wybranego prądu decyduje o efekcie terapeutycznym. Przykładowo w chorobie Buergera w wyniku zastosowania opisywanej terapii możliwe jest uzyskanie podwyższenia lokalnej temperatury skóry, poprawy wartości oscylometrycznych, zaznacza się też korzystny wpływ na zanik tętna.

Zastosowanie. W zaburzeniach ukrwienia obwodowego zaleca się stosowanie prądu MF (monofazowego) i CP (krótkookresowego), natomiast w przypadkach wymagających działania przeciwbólowego stosuje się prądy DF (difazowy), CP (krótkookresowy) i LP (długookresowy).

Ryc. 7.7. Aparat do elektroterapii – producent: Firma Handlowo-Usługowa Technomex; www.technomex.com.pl (wykorzystano dzięki uprzejmości)

Prądy Traeberta

Innym rodzajem prądów impulsowych stosowanych coraz częściej w lecznictwie fizykalnym są prądy Traeberta, czyli prądy Ultra Reiz. Są to prądy impulsowe o przebiegu prostokątnym i stałych parametrach: czas trwania impulsu 2 ms i czas trwania przerwy 5 ms.

Efekt leczniczy opisywanego prądu wiąże się z wprowadzeniem mięśni w drżenie (ok. 140 Hz), co daje odczucie silnej wibracji. Skutkiem tego jest uzyskanie efektu przekrwiennego i przeciwbólowego w tkankach. Prądy ultrabodźcowe powodują uczucie relaksacji mięśni w polu zabiegowym, przyśpieszają procesy regeneracyjne i naprawcze organizmu oraz obniżają aktywność układu współczulnego.

W metodyce zabiegowej stosuje się dwojakiego rodzaju ułożenie elektrod. Pierwszy sposób to miejscowe obejmowanie okolicy poddawanej za-

biegowi. Innym sposobem jest segmentarne ułożenie elektrod, wówczas są one układane na kręgosłupie. Zastosowanie terapii segmentarnej według Traeberta ma tę przewagę, że umożliwia równoczesne oddziaływanie na somatyczny i wegetatywny układ nerwowy. Jest to szczególnie przydatne w tych sytuacjach, gdy chcemy oddziaływać na duży obszar zabiegowy, np. na kończyny dolne w zaburzeniach krążenia obwodowego. Zastosowanie metody segmentarnej umożliwia przekaz impulsacji na drodze odruchowej.

Dobór metodyki zabiegowej jest zależny od oczekiwań, jakie wiążemy z przeprowadzeniem określonej terapii. W chorobie Buergera, w celu oddziaływania na drodze odruchowej na duży obszar zabiegowy, podwyższenia progu bólowego, wydłużenia dystansu poruszania się bez dolegliwości bólowych i usprawnienia krążenia, zaleca się stosowanie przede wszystkim metody segmentarnej. Z kolei w przypadku miażdżycy tętnic kończyn w fazie wczesnej zaleca się miejscowe ułożenie elektrod wzdłuż kończyny dolnej.

Można również stosować formę dwufazową opisywanej terapii, tj. najpierw metodę segmentarną, a następnie metodę miejscową.

Impulsy typu TENS

Przezskórna elektryczna stymulacja nerwów należy do nowoczesnych technik stymulacji fizycznej umożliwiającej wpływ na modulowanie bólu. Stymulacja obwodowa, powodująca aktywizację mechanizmu przeciwbólowego na poziomie rdzenia kręgowego, wpływa również pobudzająco na ośrodki nadrdzeniowe. Istotną rolę w hamowaniu bólu odgrywa zstępujący układ siatkowaty pnia mózgu (*descending inhibitory control*), wywierający hamujący wpływ na wstępujący neuron bólowy. Hamowanie to jest realizowane za pośrednictwem neuroprzekaźników, uwalnianych z zakończeń zstępujących włókien: serotoniny i noradrenaliny, oraz poprzez aktywację interneuronu enkefalinergicznego rogów tylnych rdzenia. Z kolei na ośrodkowe działanie stymulacji elektrycznej wskazuje długotrwała analgezja, uzyskiwana dzięki drażnieniu grubych włókien mielinowych spoza segmentu, w którym występował ból.

Obecnie w praktyce najczęściej stosuje się następujące odmiany TENS:

- HF TENS o wysokiej częstotliwości, określana jako konwencjonalna lub tradycyjna,
- LF TENS o niskiej częstotliwości,
- TENS uderzeniowy, określany jako Burst TENS,
- TENS krótki, intensywny.

Elektrostymulacja konwencjonalna jest dobrze tolerowana przez pacjentów w większości przypadków bólowych i od niej najczęściej rozpoczyna się terapię. Tam, gdzie niemożliwe jest stosowanie HF TENS, wprowadza się LF TENS. Natomiast TENS uderzeniowy znajduje zastosowanie u chorych, u których poprzednie odmiany przezskórnej elektrostymulacji nerwów były nieskuteczne.

O efektywności powyższej metody, poza prawidłowo dobranymi parametrami prądu, decyduje rodzaj i umiejscowienie elektrod podczas terapii. Najczęściej stosuje się elektrody jednorazowego użytku oraz elektrody wielokrotnego użytku wykonane z gumy silikonowej lub metalu w układzie dwuelektrodowym lub czteroelektrodowym. Elektrody najczęściej umieszcza się lokalnie, przykręgosłupowo lub w specyficznych punktach stymulacyjnych (punkty motoryczne, akupunkturowe, *trigger points*).

Wskazaniami do stosowania przezskórnej elektrostymulacji nerwów są umiejscowione bóle pochodzenia somatogennego i neurogennego. Terapię TENS można stosować w bólach naczyniowych, niedokrwiennych w obrębie kończyn górnych i dolnych, np. w chorobie Raynauda i chorobie Buergera. Podejmowano również próby stosowania terapii w leczeniu dusznicy bolesnej. Niewątpliwą zaletą jest możliwość wykonywania zabiegów w warunkach domowych za pomocą ministymulatorów. **Przeciwwskazania:** rozlane bóle trzewne, bóle o podłożu psychogennym oraz wszczepiony rozrusznik serca.

Ryc. 7.8. Aparat do elektroterapii – producent: Firma Handlowo-Usługowa Technomex; www.technomex.com.pl (wykorzystano dzięki uprzejmości)

Elektrostymulacja wysokonapięciowa

Należy do nowych metod z zakresu elektroterapii. Jest określana w skrócie jako EWN lub HVES (*high voltage electrostimulation*) albo HVS (*high voltage stimulation*). W metodzie tej stosuje się krótkie, następujące po sobie impulsy szpilkowe monofazowe, określane jako impuls podwójny, o czasie trwania 5–200 µs, częstotliwości 1–120 Hz i wysokim napięciu do 550 V.

Pod wpływem zabiegu możliwe jest pobudzenie zarówno czuciowych, jak i ruchowych włókien nerwowych. Ważnym efektem uzyskiwanym w trakcie stosowania metody jest m.in. możliwość głębokiej penetracji tkankowej i aktywizacja głębokich włókien mięśniowych. W metodyce zabiegowej stosuje się technikę stabilną i labilną. Prąd wysokonapięciowy wykazuje działanie przeciwbólowe oraz poprawia ukrwienie tkanek.

Metoda ta znajduje zastosowanie w leczeniu zaburzeń krążenia obwodowego (pobudza krążenie obwodowe), owrzodzeń, obrzęków i dolegliwości bólowych. Może być stosowana u osób źle tolerujących bodźce fizykalne. Wśród najważniejszych przeciwwskazań wymienia się rozrusznik serca oraz zaburzenia rytmu serca.

Prądy interferencyjne

Spośród prądów bodźcowych średniej częstotliwości szczególnie popularne są prądy interferencyjne, tzw. **prądy Nemeca**. Mogą być stosowane w sposób stabilny bądź labilny, w zakresie stałej albo zmieniającej się częstotliwości. W praktyce najczęściej wykonujemy zabiegi tą metodą z zastosowaniem techniki kwadripolarnej. Dobierając odpowiednio zakresy częstotliwości, można wywoływać określone efekty terapeutyczne: skurcze bądź rozluźnienie mięśni, pobudzenie krążenia, poprawę ukrwienia tkanek, normalizację układu wegetatywnego lub uśmierzenie dolegliwości bólowych.

Zastosowanie prądów Nemeca, np. w chorobie Buergera, przyczynia się do poprawy parametrów oscylacyjnych, wzrostu temperatury w chorej kończynie, w efekcie czego uzyskuje się wydłużenie ścieżki chodu i korzystny wpływ na trofikę tkanek. Wśród głównych wskazań z zakresu schorzeń układu sercowo-naczyniowego wymienia się zaburzenia ukrwienia z powodu zespołów naczyniowych. Nie należy stosować tej formy terapii u chorych z wszczepionym stymulatorem serca.

Pola wielkiej częstotliwości

Prądy wielkiej częstotliwości wytwarzane w diatermii krótkofalowej i mikrofalowej dają **efekt przegrzania tkanek**, z tą różnicą, że w DKF-ie przegrzanie tkanek następuje poprzez wytwarzanie ciepła endogennego (wewnętrznego), natomiast mikrofale powodują przegrzanie powierzchniowe. W zależności od dobranych parametrów zabiegowych oraz rodzaju aplikatora energii wpływamy na głębokość działania ciepła wytwarzanego w czasie zabiegu.

Wspomniane fale elektromagnetyczne są często stosowane pod postacią impulsowego pola magnetycznego wielkiej częstotliwości generowanego przez nowoczesne urządzenia, które wywołuje zbliżone efekty terapeutyczne, ale bez skutku głębokiego przegrzania tkanek, co w konsekwencji rozszerza zakres ogólnych wskazań do tej formy leczenia. Specyfika dawkowania energii opiera się na odczuciach subiektywnych pacjenta i wyrażona jest w czterech stopniach przedstawionych w poniższej tabeli (za Kolster, Ebelt-Parotny, 2001).

Tab. 7.1. Dawkowanie DKF

Stopień dawki	Działanie
I (dawka atermiczna)	Nie odczuwa się ciepła
II (dawka oligotermiczna)	Czuje się lekkie ciepło
III (dawka termiczna)	Przyjemne średnie odczuwanie ciepła
IV (dawka hipertermiczna)	Bardzo silne, ledwie do wytrzymania uczucie ciepła

W schorzeniach układu sercowo-naczyniowego prądy wielkiej częstotliwości stosuje się między innymi w celu: zwiększenia przepływu krwi i ułatwienia odpływu krwi żylnej i chłonki (w kardiomiopatiach), zmniejszenia skurczu mięśni, zwiększenia obwodowego przepływu krwi, poprawy ukrwienia ścian naczyniowych, poprawy ukrwienia tkanek zaopatrywanych przez naczynia objęte procesem chorobowym (choroba Buergera), pobudzenia czynności wydzielniczej nerek, uzyskania znacznego rozszerzenie naczyń krwionośnych oraz obniżenia ciśnienia tętniczego krwi (nadciśnienie tętnicze). Do bezwzględnych **przeciwwskazań** do stosowania terapii zalicza się m.in.: obecność elementów metalowych w polu zabiegowym, stymulator serca, żylakowatość i owrzodzenia podudzi, zaburzenia czucia w obszarze zabiegowym, zaawansowaną miażdżycę, ciążę, miesiączkę, wiek dziecięcy.

Ryc. 7.9a. Generator krótkich fal – producent: Firma Handlowo-Usługowa Technomex; www.technomex.com.pl (wykorzystano dzięki uprzejmości)

Ryc. 7.9b. Przenośna diatermia Autotherm 390 – producent: Firma Handlowo-Usługowa Technomex; www.technomex.com.pl (wykorzystano dzięki uprzejmości)

Pole magnetyczne niskiej częstotliwości

Pola magnetyczne o niskiej częstotliwości są jedną z nowszych form terapii fizykalnych stosowanych bardzo powszechnie, choć, jak wiemy, terapeutyczne działanie wspomnianych pól znane było już w starożytności. Specyfiką pola magnetycznego jest możliwość przenikania przez wszystkie struktury ludzkiego organizmu.

Mechanizm biologicznego oddziaływania na tkanki jest złożony i nie do końca zbadany. Dotychczasowe badania naukowe opisują działanie pulsującego pola magnetycznego na poziomie tkankowym i komórkowym. Zaobserwowano, że pod wpływem pulsującego pola magnetycznego następuje m.in. wzrost aktywności enzymatycznej (głównie enzymów transportujących tlen), wzrost ciśnienia parcjalnego tlenu, obserwuje się też wpływ na jony potasu, sodu, nasilenie oddychania tkankowego, zwiększenie zawartości DNA, zwiększenie syntezy ATP, stymulację cAMP. W konsekwencji to wpływa na rozrost komórek nabłonkowych i ziarniny.