

## CZAS TRWANIA IMPULSU

- decyduje o skuteczności bodźca
- długie impulsy o wysokim natężeniu powodują wrażenia bólowe
- im impuls jest krótszy, tym amplituda powinna być większa (prądy skuteczne i niedrażniące zakończeń nerwowych)
- impulsy długie, większe od 1 ms, są dla pacjenta nieprzyjemne

(DD, Treberta)

- impulsy krótkie, mniejsze od 1 ms, są dla pacjenta przyjemne

(TENS, prądy średniej częstotliwości, wysokonapięciowe)

- impuls o czasie trwania 1 ms powoduje wrażenia bólowe tylko w większych dawkach (duże natężenia)

## PRZERWY

mają wpływ na zmęczenie i wypoczynek. Stosunek tp do timp powinien być:

- dla mięśni zdrowych 1/2
- dla mięśni osłabionych 1/5

jeśli salwa trwa 5 s, to przerwa trwa 25 s.

Skurcze izotoniczne, izometryczne. Tężcowy — skurcz przedłużony powstały po zsumowaniu skurczów pojedynczych.

50-100 Hz — mięśnie szybko kurczące się.

10-30 Hz — mięśnie wolno kurczące się. Mniejsza częstotliwość wywołuje powstanie niepełnych skurczów objawiających się drażnieniem mięśni.

## PRĄD FARADYCZNY I NEOFARADYCZNY

Prąd faradyczny znajdował szerokie zastosowanie, obecnie wychodzi z użycia.

Podstawową wadą jest przypadkowa nierównomierność amplitudy oraz czasu trwania impulsów i przerw między nimi.

Prąd faradyczny wywołuje tzw. tężcowe skurcze mięśnia trwające przez cały czas jego przepływu, ponieważ impulsy działają na mięsień w krótkich odstępach czasu uniemożliwiając jego rozkurcz.

Bodźcem dla mięśnia są dodatnie wychylenia przebiegu prądu faradycznego.

### **Prąd faradyczny - charakterystyka**

- zaliczany jest do prądów impulsowych małej częstotliwości 50–100 Hz
- asymetryczny, jednokierunkowy, przemienny otrzymywany z induktora
- reagują na niego mięśnie zdrowe i nieznacznie uszkodzone
- wykorzystywany w elektrodiagnostyce (metodzie jakościowej) do badania reakcji nerwów i mięśni
- za pomocą tego prądu, stosując technikę jednoelektrodową, możemy identyfikować punkty motoryczne
- czas trwania zabiegu 10–15 minut
- cykl: 10–15 zabiegów
- przerwa 20–30 dni

### **WSKAZANIA**

- atrofie mięśniowe spowodowane dłuższym unieruchomieniem
- obrzęki spowodowane urazami
- porażenia o przedłużających się objawach bólowych
- sztywność mięśniowa

### **PRZECIWWSKAZANIA**

- obecność metalowych elementów w polu zabiegowym
- stany zapalne
- otwarte rany
- oraz przeciwwskazania podobne jak przy galwanizacji

### **DZIAŁANIE**

- rozszerzenie naczyń krwionośnych w okolicy zabiegu
- działanie przeciwbólowe
- pobudzające — motoryczne

### **Prąd neofaradyczny - charakterystyka**

- jednokierunkowy, złożony z impulsów trójkątnych, którego natężenie osiąga

natychmiast maks. wartości, a następnie stopniowo spada do 0

- czas trwania impulsu: 1 ms
- czas przerwy: 20 ms
- częstotliwość: 50 Hz
- prąd ten podawany jest ciągami impulsów dla stymulowania normalnie unerwionych mięśni lub lekko osłabionych
- zastosowanie w elektrodiagnostyce, elektrostymulacji

Efekt biologiczny: efekt pobudzenia ruchowego oraz rozszerzenie naczyń krwionośnych.

## **EFEKT POBUDZENIA RUCHOWEGO**

Skurcz wywołany jest częstotliwością 50 Hz z powodu krótkiego czasu trwania impulsu. Jest szczególnie używany do stymulacji prawidłowo unerwionych mięśni. Krótki czas trwania impulsu sprawia, że prąd ten nie nadaje się do mięśni odnerwionych, ponieważ natężenie konieczne do wywołania skurczu byłoby zbyt duże, aby mogło być tolerowane przez pacjenta.

## **EFEKT ROZSZERZENIA NACZYŃ KRWIONOŚNYCH**

- rozkurcz naczyń krwionośnych — stosujemy częstotliwość 100 Hz

## **PRĄDY DIADYNAMICZNE (DD)**

Określane inaczej prądy Bernarda.

### **Charakterystyka**

- prądy złożone z impulsów w kształcie połówki sinusoidy
- powstają w wyniku prostowania prądu sinusoidalnie zmiennego nałożonego na prąd stały
- wywodzą się z 2 podstawowych prądów impulsowych o częstotliwości 50 Hz oraz 100 Hz

### **Wpływ na organizm**

- bezpośrednio hamowanie bólu i podniesienie progu pobudliwości czuciowych zakończeń nerwowych – działanie przeciwbólowe
- podrażnienie włókien układu wegetatywnego, co prowadzi do lepszego ukrwienia, stymulacji procesów troficznych, zwiększenia metabolizmu tkankowego

- usuwanie zbędnych produktów (toksycznych) procesów zapalnych — działanie przeciwzapalne
- resorpcja obrzęków

Efekt działania ujawnia się podczas przepływu przez tkanki oraz po zabiegu.

Wyróżniamy IV okresy działania DD:

1. Dynamogenia natychmiastowa — odczuwanie wibracji, skurczów mięśni poprzecznie prążkowanych i gładkich;
2. Inhibicja pierwotna — zniesienie bólu;
3. Dynamogenia wtórna — pobudzenie czynności tkanek i przywrócenie ich fizjologicznej sprawności;
4. Inhibicja wtórna — objaw przyzwyczajenia (można zapobiec poprzez zmianę częstotliwości).

Częstotliwość prądu odgrywa rolę: 50 imp/s — przeważa efekt dynamogeniczny; 100 imp/s — przeważa efekt inhibicji.

## Rodzaje prądów DD (wyróżniamy 6)

### 1. DF (diafaza stała)

- wyprostowany prąd sinusoidalny — wywołuje niewielkie wrażenie wibracji
- stała częstotliwość: 100 Hz
- czas trwania impulsu: 10 ms
- odczuwanie prądu zmniejsza się podczas zabiegu; używany jako prąd przygotowawczy oraz w przeczulicy
- wywołuje natychmiastowe, lecz krótkotrwałe działanie przeciwbólowe

### 2. MF (monofaza stała)

- połówkowy prąd sinusoidalny — powoduje silne uczucie pulsowania
- częstotliwość: 50 Hz
- czas trwania impulsu: 10 ms
- czas przerwy: 10 ms
- odczucie prądu zmniejsza się bardzo powoli; minimalny wzrost natężenia powoduje znaczący wzrost odczucia
- efekt przeciwbólowy jest długotrwały (osiągany powoli)
- stosowany w nerwobólach (po wcześniejszym podaniu DF) oraz dla utrzymania działania znieczulającego

### **3. CP (modulowany krótkookresowy)**

- złożony z DF i MF występujących naprzemiennie w odstępach 1 s
- zmiana tych dwóch kształtów fal zapobiega inhibicji wtórnej
- efektem działania CP jest pobudzenie receptorów skóry i wpływ troficzny na tkanki
- stosowany w stanach pourazowych, obrzękach i zaburzeniach żylnolimfatycznych
- wywołuje najsilniejsze pobudzenie receptorów skórnych i nie jest wskazany u wrażliwych pacjentów

### **4. LP (modulowany długookresowy)**

- złożony z DF i MF występujących naprzemiennie co 6-12 s
- efekt przeciwbólowy silnie zaznaczony, występuje nagle i utrzymuje się przez kilka godzin
- stosowany w nerwobólach, zapaleniach nerwów, uszkodzeniach układu ruchu
- stosowany w stanach obniżonego napięcia mięśniowego, bólach mięśniowych, zwiotczeniu mięśni gładkich jamy brzusznej

### **5. RS (rytm synkopowy)**

- przerywany prąd MF
- czas trwania impulsu i przerwy są sobie równe i wynoszą 1 s
- powoduje silne skurcze mięśni szkieletowych
- stosowany do elektrostymulacji mięśni zdrowych w atrofi mięśniowej z nieczynności

### **6. MM (monofaza modulowana)**

- przerywany MF o amplitudzie impulsu modulowanego
- czas modulacji wynosi 1 s, po czym 1 s przerwy
- stosuje się do elektrostymulacji mięśni zdrowych lub nieznacznie uszkodzonych

## **METODYKA ZABIEGU**

- natężenie prądu ok. 3 mA (dostosować do pacjenta)
- czas trwania 10-12 minut — np. 2 min dla DF i 10 min dla innego składnika
- ilość zabiegów w serii: 6-10 zabiegów
- przerwa: 6-8 dni
- natężenie DD do uzyskania odczucia pacjenta
- pełny cykl leczniczy: 2-3 serie
- elektroda czynna: katoda

## **Dobór odpowiednich prądów oraz kolejność ich stosowania**

- w celu uzyskania działania przeciwbólowego wykorzystuje się: DF, CP, LP lub DF, LP, MF
- w celu wzmożenia aktywności naczynioruchowej: DF, MF, CP
- w celu zmniejszenia napięcia mięśniowego: DF, CP, LP
- do elektrostymulacji mięśni w zaniku z nieczynności: RS, MM

## **WSKAZANIA do DD**

- zespoły bólowe w przebiegu choroby zwyrodnieniowej stawów i kręgosłupa
- nerwobóle splotów i poszczególnych nerwów
- rwa kulszowa
- zapalenie okołostawowe
- choroby zwyrodnieniowe stawów
- pólpasiec
- stany po urazach stawów, mięśni oraz ścięgien
- odmrożenia
- obrzęki na tle zaburzeń odżywczych
- choroba Raynauda
- dyskopatia
- porażenie obwodowe nerwu twarzowego

## **PRZECIWSKAZANIA do DD**

- stany zapalne skóry
- ubytki naskórka w miejscu zabiegu
- nadwrażliwość na prąd
- rozrusznik serca
- czynna gruźlica
- nowotwory
- choroby metaboliczne

## **PRĄDY IZODYNAMICZNE**

- znalazły zastosowanie w terapii zespołów bólowych
- podnoszą próg pobudliwości czuciowej — najskuteczniejszy w tym zakresie jest prąd CP (ISO)
- zasada działania polega na przemiennym wpływie na tkanki prądów diadynamicznych MF oraz DF z przewagą któregoś z nich

CP (PM) — silniej odczuwana jest składowa MF; polecane w postępowaniu przeciwbólowym i stanach pourazowych przebiegających z obrzękami.

CP (PD) — silne odczuwanie składowych DF; polecany w stanach ze zwiększonym napięciem mięśniowym.

## **GALWANOPALPACJA**

- test elektrodiagnostyczny pozwalający stwierdzić istnienie stanu zapalnego w głębiej położonych tkankach (stosowany w diagnostyce stanów zapalnych jelita grubego, wyrostka robaczkowego, wątroby, pęcherzyka żółciowego)
- polega na drażnieniu prądem stałym obszaru skóry nad badanym narządem
- używa się natężenia 0-5 mA
- elektroda diagnostyczna – kulista pokryta gazą podłączona do dodatniego bieguna
- podczas badania dotyka się szybko położonych punktów badanego obszaru skóry przez kilka minut, odczyn odczytuje się po 2-5 minutach
- na dzień przed badaniem pacjent nie używa kosmetyków
- stan zapalny uwidacznia się odczynem (rumieniem) w okolicy drażnionego miejsca

## **TENS I TREBERT**

Prądy Treberta (ultra reiz — prądy ultrastymulujące)

### **PARAMETRY**

- czas trwania impulsu: 2 ms
- czas trwania przerwy: 5 ms
- częstotliwość: 143 Hz
- impulsy prostokątne

### **EFEKT DZIAŁANIA**

- przeciwbólowy (efekt występuje już po 1 zabiegu, ostateczny wynik ujawnia się po 3-4 zabiegach; zazwyczaj leczenie obejmuje cykl 6 zabiegów)
- przekrwienie tkanek ze względu na bezpośrednie działanie mechaniczne impulsów na mięśnie (efekt rozluźniający)
- w mniejszych dawkach natężenia wywołuje tylko podrażnienie; w większych — wibracje, drażnienie mięśni
- natężenie zwykle nie daje skurczów tężcowych
- występuje efekt przyzwyczajania; wibracyjne efekty można przywrócić zwiększając

natężenie (stopniowo), maksymalna dawka zależy od powierzchni elektrody

## **METODYKA**

- dwie elektrody umieszcza się lokalnie (miejscowo) lub przykręgosłupowo, aby uzyskać efekt ogólny
- stosuje się dwie elektrody jednakowe, małe lub średnie (np. 3×4 cm, 8×12 cm) położone w odległości 3–4 cm od siebie
- układa się wzdłuż lub poprzecznie względem mięśni
- katoda powinna być elektrodą czynną i znajdować się nad obszarem bólu lub nad unerwieniem bolesnego narządu
- czas trwania zabiegu: 15 minut
- cykl zawiera 6 zabiegów, wykonywanych codziennie

## **ŚRODKI OSTROŻNOŚCI**

- przed zabiegiem sprawdzić wrażliwość skóry
- oczyścić skórę; miejsca o obniżonej odporności zabezpieczyć wazeliną
- podkłady grube 2–4 cm nasycone H<sub>2</sub>O (stosowany prąd jest prądem jednokierunkowym — wywołuje specyficzny efekt)
- przetrzeć spirytusem miejsce zabiegu
- chronić skórę — po zabiegu posypać talkiem
- jeśli nie ma pozytywnych efektów, przerwać terapię

## **WSKAZANIA DO APLIKACJI SEGMENTARNEJ**

- zespół Sudecka
- zespół zimnego barku PHS
- przeczulica bólową dotykową
- atrofie
- wzmożone napięcie mięśniowe
- funkcjonalne zaburzenie układu dotykowego

## **SPOSODY APLIKACJI**

miejscowy (stawy), segmentarny (mięśnie)

UNERWIENIE SYMPATYCZNE Z KOMÓREK ROGÓW BOCZNYCH RDZENIA KRĘGOWEGO

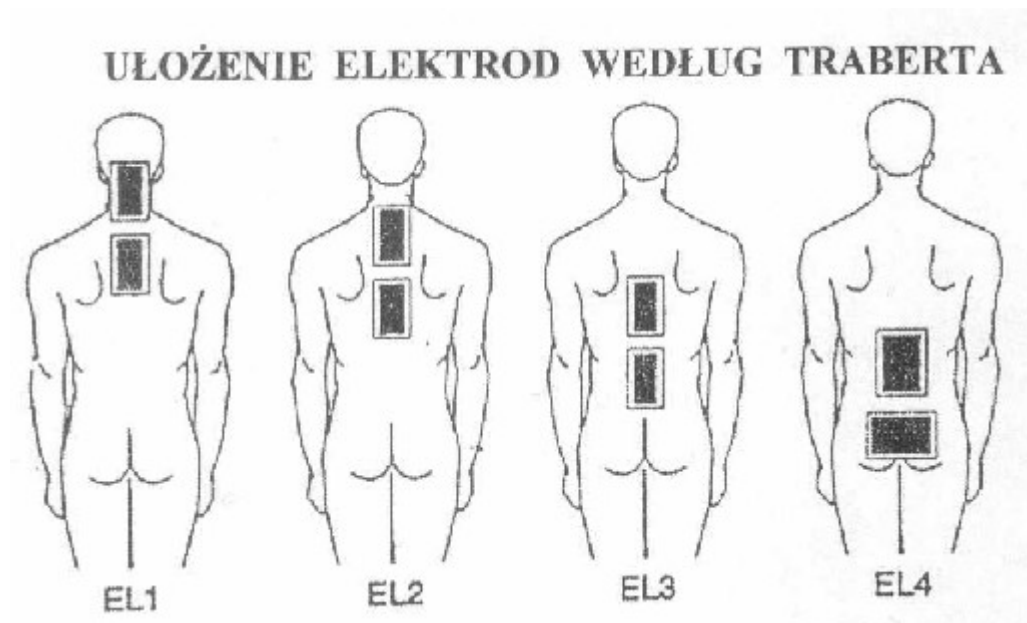
C8 — T1: centrum cliospinalis (oczy)

T1-T4: głowa, wyższe segmenty szyjne C1-C4

T4-T9: niższe segmenty szyjne C5-C8, kończyny górne

T10-T12: segmenty lędźwiowe L3-L5

L1-L2: segmenty krzyżowe



## **METODYKA APLIKACJI SEGMENTARNEJ — UŁOŻENIE ELEKTROD**

### **1. Ułożenie E1**

- wielkość elektrod 7×9 cm
- elektroda cranial: os occipitale
- elektroda caudal: 3 cm poniżej
- głowa lekko dogięta do mostka; pod klatką piersiową poduszka

Zaburzenia:

- choroby szyjno-czaszkowe — pozycja "cranial" (stymulacja n. occipitalis major w przypadku potylicznych bólów głowy)
- zaburzenia w KKG — pozycja "caudal"

## 2. Ułożenie E2

- wielkość elektrod 9×11 cm
- elektroda cranial: na poziomie C7
- elektroda caudal: 3 cm poniżej

Zaburzenia:

- głowa, szyja, obręcz barkowa, ramiona — pozycja "cranial"
- klatka piersiowa i zaburzenia krążenia w KKG — pozycja "caudal"

## 3. Ułożenie E3

- wielkość elektrod 9×11 cm
- wskazane do leczenia zaburzeń tułowia
- pozycja pacjenta zależna od lokalizacji nerwów rdzeniowych odpowiadających segmentowi

## 4. Ułożenie E4

- wielkość elektrod 10×13 cm
- elektroda "caudal" ułożona poprzecznie przez kość krzyżową powyżej szpary pośladkowej
- elektroda "cranial" ułożona podłużnie 3 cm powyżej
- ochrona przed zwiększeniem lordozy lędźwiowej przez podłożenie poduszki pod brzuch

Zaburzenia:

- bóle dolnego odcinka kręgosłupa i zaburzenia krążenia w KKD — pozycja "cranial"
- dolegliwości w KKD — pozycja "caudal"

Metoda segmentarna wskazana jest, jeżeli nie jest możliwa do wykonania lokalna aplikacja, np. gdy obszar jest zbyt rozległy, elektrody nie mogą być umieszczone (np. narządy wewnętrzne), założony jest opatrunek gipsowy, występują zmiany i ubytki skórne lub zbyt wysoka lokalna wrażliwość.

## WSKAZANIA DO APLIKACJI LOKALNEJ

- zespoły bólowe kręgosłupa
- stany zwyrodnieniowe stawów i tkanek miękkich

- stany pourazowe
- schorzenia z bólem

## **PRZECIWWSKAZANIA**

- gorączka
- nowotwory
- czynna gruźlica
- pacjent nieprzytomny
- ciąża (odcinek lędźwiowy)
- rozrusznik serca

## **TENS**

Jest to przezskórna elektryczna stymulacja nerwów (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation).

- stosowana do przewlekłych i ostrych zespołów bólowych, zaburzeń krążenia
- służy jako gimnastyka mięśni

### **Charakterystyka**

- impulsy prostokątne mają charakter dwufazowy: symetryczny lub asymetryczny
- najczęściej stosuje się dwufazowy symetryczny, aby uniknąć podrażnień
- asymetryczny stosuje się w celu eliminacji habituacji czyli przyzwyczajenia do impulsu
- krótkie i silne impulsy o dużym natężeniu i małej częstotliwości (1-10 Hz) — analgezja opóźniona, trwa kilka godzin
- słabsze impulsy o większej częstotliwości (50-200 Hz) — analgezja szybka, ale krótkotrwała (kilkanaście minut)

Mechanizmy przeciwbólowe TENS obejmują modulację bramki rdzeniowej (teoria bramki) oraz uwalnianie endorfin przy niskich częstotliwościach.

### **Rozróżnia się TENS o:**

- małej częstotliwości (1-2 Hz)
- dużej częstotliwości (50-200 Hz)
- krótkich impulsach (0,01-3 ms)
- długich impulsach (10-60 ms)

## Rodzaje TENS wg Geralda Lampe

### 1. Tradycyjny wysokiej częstotliwości

- częstotliwość: 10-200 Hz
- małe natężenie: 25-30 mA
- czas trwania impulsu: 50-100  $\mu$ s
- czas trwania zabiegu: 30-90 minut
- elektrody umieszcza się nad obszarem bólowym lub proksymalnie nad nerwem zaopatrującym
- pacjent najpierw odczuwa mrowienie, po czym następuje uśmierzanie bólu; nie powinny występować skurcze

### 2. TENS niskiej częstotliwości — APL (Acupuncture-Like TENS)

- częstotliwość: <10 Hz (zwykle 2-4 Hz)
- duże natężenie: do 100 mA (w indywidualnych przypadkach na granicy bólu)
- czas trwania impulsu: 200  $\mu$ s
- czas trwania zabiegu: 20-30 minut
- modulacja amplitudy
- drażnienie punktów spustowych, punktów motorycznych lub punktów akupunkturalnych; prąd powinien wywoływać widoczny skurcz mięśnia

### 3. TENS BURST

- burst: serie impulsów (np. 2 wybuchy impulsów na 1 s)
- częstotliwość wewnętrzna: około 200 Hz
- natężenie konieczne do wywołania skurczu jest mniejsze niż w TENS niskiej częstotliwości
- bardziej tolerowany przez pacjentów
- efekty lecznicze utrzymują się do 4 godzin
- szczególnie skuteczny w leczeniu bólu głębokiego i przewlekłego

### 4. Brief Intense TENS (HI-FI TENS)

- częstotliwość duża: ok. 100 Hz
- czas trwania impulsu: 200  $\mu$ s
- natężenie: najwyższe tolerowane przez pacjenta
- powoduje skurcz tężcowy oraz znieczulenie po około 15 minutach

## **5. TENS modulowany**

- modulowany jest jeden z parametrów: częstotliwość lub natężenie
- modulacja daje wrażenie masażu
- czas trwania zabiegu: ~15 minut
- wskazany dla pacjentów lękowych, z przeczulicą
- zmiana częstotliwości skutecznie zapobiega akomodacji

## **METODYKA**

- ułożenie elektrod: lokalne, przykręgosłupowe, specyficzne punkty (akupunkturowe, motoryczne, trigger points)

### **Czas trwania**

- TENS tradycyjny: 30–90 min, do 4× dziennie
- TENS niskiej częstotliwości i Burst: max. 45 min 2× dziennie lub 30 min 4× dziennie
- TENS wysokiej częstotliwości: 15–20 min 2× dziennie

### **Dobór elektrod**

- elektrody kauczukowe, samoprzylepne, indywidualne

### **Dobór parametrów**

- częstotliwość: do 200 Hz
- czas trwania impulsu: do 30  $\mu$ s
- szerokość impulsu: 50–250  $\mu$ s
- amplituda — dobierana indywidualnie
- przygotowanie pacjenta

## **ZALETY TENS**

- możliwość terapii w domu dzięki przenośnym stymulatorom
- prosty sposób obsługi
- ograniczenie stosowania leków przeciwbólowych (znaczące redukcje stosowania leków w badaniach klinicznych)
- możliwość skrócenia okresu rehabilitacji

## **DZIAŁANIE**

- pobudza miejscowe ukrwienie — szybsze gojenie, usunięcie obrzęków

- utrzymanie mięśni w ruchu bez obciążenia stawów i serca — mniejsze zaniki mięśniowe
- lepsze odżywianie tkanek
- szybkie usunięcie produktów przemiany materii i procesów zapalnych
- podwyższa próg odczuwania bólu
- regulacja napięcia mięśniowego

## **ŚRODKI OSTROŻNOŚCI**

- rozrusznik serca — przeciwwskazanie
- ciąża — unikać stymulacji brzucha i okolicy miednicy
- uszkodzenia mięśnia sercowego i arytmie — unikać stymulacji przez klatkę piersiową
- choroby psychiczne i emocjonalne — ostrożnie
- epilepsja — unikać stymulacji na głowę i szyję
- unikać zatoki szyjnej (może spowodować obniżenie ciśnienia)
- okolice oczu, ubytki skórne, powierzchnie śluzowe, dzieci — ostrożnie lub przeciwwskazane
- omijać okolice gardła i krtani
- nie wykonywać zabiegów w okolicy fal krótkich i mikrofal (może powodować zakłócenia urządzeń)

## **WSKAZANIA**

- bóle kręgosłupa
- bóle neurogenne
- bóle reumatyczne, pooperacyjne, naczyniowe, nowotworowe, pourazowe
- bóle fantomowe (TENS HI-FI)
- bóle menstruacyjne (TENS wysokiej częstotliwości)
- bóle głowy, zębów
- bóle porodowe — stosowanie przy odpowiedniej lokalizacji elektrod może skrócić czas porodu
- pourazowe uszkodzenia nerwów obwodowych (TENS wysokiej częstotliwości)
- choroba Raynauda (segmentarnie, niskiej częstotliwości)
- pólpasiec (TENS tradycyjny)
- neuralgie (wysokiej częstotliwości lub BURST)
- kręcz szyi, RZS, zapalenie stawów, zmiany zwyrodnieniowe

TENS nie jest skuteczny w rozległych bólach trzewnych oraz bólach psychogennych.

# PRĄDY ŚREDNIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

Prądy śr. częst. = 1 000 - 10 000 Hz.

- słabsze działanie na receptory
- lepsze przenikanie w głąb tkanek związane z charakterem pojemnościowym tkanek
- ograniczony wpływ elektrochemiczny na tkanki — mniejsze uszkodzenia elektrolityczne skóry

Wyróżniamy dwie modulacje prądu:

1. unipolarną
2. bipolarną

## 1. Modulacja unipolarna

- skokowy ruch jonów zgodnie z przepływem impulsów
- gromadzenie się jonów na granicach przestrzeni anatomicznych i pod elektrodami

## 2. Modulacja bipolarna

- korzystniejsza — jony przesuwane są w obu kierunkach w jednakowych odstępach czasu
- brak oparzeń typu galwanicznego pod elektrodą
- oparzenie może wystąpić jedynie przy zbyt wysokim natężeniu lub zagęszczeniu prądu

## Charakterystyka

- impulsy sinusoidalne następujące jeden po drugim
- do wywołania skurczu mięśnia konieczne jest wyższe natężenie niż przy prądach niskiej częstotliwości
- działanie pobudzające uzyskuje się przy zmodulowanej częstotliwości i amplitudzie
- częstotliwość nośna — przenosi do tkanek częstotliwość niską, która wywołuje efekt leczniczy
- częstotliwość podstawowa — częstotliwość wyższa powodująca efekt przeciwbólowy; częstotliwość modulacji w granicach 0-150 Hz
- interferencja — modulacje uzyskuje się przez nakładanie się dwóch prądów średniej częstotliwości w dwóch obwodach

## INTERFERENCJA (KLASYCZNA INTERFERENCJA wg NEMECKA)

Na tkankę w miejscu bólu działa wektor interferencyjny (np. 100 Hz), który jest różnicą częstotliwości obwodów. W tym samym zabiegu wykorzystuje się 2 obwody prądu o różnych częstotliwościach nakładających się na siebie, tak aby interferencja zachodziła w głębi tkanek w okolicy schorzenia.

### PARAMETRY CHARAKTERYSTYCZNE PRĄDU INTERFERENCYJNEGO

AMF — amplituda modulowana częstotliwości (określa, ile razy na sekundę osiągana jest maks. wartość amplitudy; np. AMF = 100 oznacza 100 razy/s).

SPEKTRUM — różnica między najwyższą a najniższą wartością AMF (np. zmienność AMF od 50 Hz do 100 Hz).

SWEEP TIME — czas zmiany częstotliwości; niska wartość powoduje stymulację agresywniejszą.

CONTOUR — reguluje wykres częstotliwości; 100% oznacza stopniową zmianę, 1% — gwałtowne zmiany.

### RODZAJE INTERFERENCJI

#### 1. ISOPLANAR VECTOR FIELD (technika 4-polowa)

- głębokość modulacji 100% w każdym miejscu
- stymulacja dużych powierzchni objętych zmianami chorobowymi
- najłagodniejsze w działaniu spośród technik 4-polowych

#### 2. DIPOL VECTOR (technika 4-polowa)

- wykorzystuje rotacje
- w jednym kierunku 100% modulacji, w prostopadłych 0% modulacji
- leczenie podłużnych tkanek zmienionych chorobowo (np. nerw)

#### 3. DWUPOŁOWA, PREMODULOWANA

- głębokość prądu 100% we wszystkich kierunkach
- możliwość stosowania tylko dwóch elektrod
- prąd ma maks. wartości wzdłuż linii łączącej elektrody

## RODZAJE ELEKTROD

- 4-polowe podciśnieniowe (nie stosować na krwiakach)
- kombinacje płaskich i podciśnieniowych w jednym zabiegu

## CZAS ZABIEGU

- płaskie: 5-15 minut
- próżniowe: ~10 minut

## WSKAZANIA

- zmniejszenie bólu (ostrego i chronicznego)
- zmniejszenie obrzęków
- przekrwienie
- wzmocnienie mięśni i pobudzenie do skurczu mięśni szkieletowych
- nietrzymanie moczu (usprawnianie funkcji narządów jamy brzusznej)
- usprawnianie krążenia powierzchniowego i głębokiego

DZIAŁANIE PRĄDU INTERFERENCYJNEGO zależne od częstotliwości:

- 0-10 Hz — skurcz mięśni szkieletowych
- 25-50 Hz — pobudzenie mięśni do skurczu, usprawnianie krążenia obwodowego
- 50-100 Hz — efekt przeciwbólowy i poprawa trofiki
- 90-100 Hz — zmniejszenie napięcia sympatycznego
- 0-100 Hz — szerokie spektrum działania

### STAN OSTRY

AMF większa od 100 Hz

SPECTRUM 10-50 Hz

Zabiegi: codziennie lub 2×/24 h

CONTOUR: pow.50%

SWEEP TIME ok. 5 s lub dłużej

### STAN PRZEWLEKŁY

AMF 10-50 Hz

SPECTRUM 10-50 Hz

Zabiegi: codziennie lub 3-4×/tydz.

CONTOUR: poniżej 50%

SWEEP TIME 1-2 s

## ELEKTRODIAGNOSTYKA UKŁADU NERWOWO-MIĘŚNIOWEGO

Obejmuje badanie nerwów i mięśni przy użyciu prądu stałego i prądów impulsowych; celem jest wskazanie zmian pobudliwości zachodzących w nerwie lub mięśniach w stanie chorobowym.

## **Można:**

- ustalić lokalizację procesu chorobowego
- ocenić stopień uszkodzenia
- monitorować proces leczenia
- wnioskować o rokowaniu
- ustalić dobór właściwego leczenia
- ocenić ciągłość nerwu

## **Wskazania**

- pourazowe uszkodzenie splotów i nerwów obwodowych
- uszkodzenia nerwów podczas leczenia zachowawczego (np. repozycja złamanej kości ramiennej z zakleszczeniem nerwu)
- niedowład lub porażenie po założonym opatrunku gipsowym w wyniku narastającego obrzęku
- uszkodzenie nerwów jako powikłanie pooperacyjne
- ucisk na nerwy obwodowe (np. zespół kanału nadgarstka)
- ocena reinerwacji mięśnia po leczeniu chirurgicznym

## **Przeciwwskazania**

- okolica serca i pacjenci z zaburzeniami pracy serca
- ciąża — unikać okolicy nadbrzusza
- po całkowitym przerwaniu ciągłości nerwu lub chirurgicznym zespoleniu — nie wcześniej niż 2–3 tygodnie po operacji

## **METODY STOSOWANE W ELEKTRODIAGNOSTYCE**

1. jakościowe
2. ilościowe

### **Metody ilościowe**

- oparte na ilościowym określaniu wielkości fizycznych, które są miarą pobudliwości mięśnia i nerwu

## **REOBAZA**

Najmniejsza progowa wartość natężenia impulsu prostokątnego o czasie trwania impulsu 1000 ms, która wywołuje minimalny skurcz mięśnia (wyrażona w mA).

- im większa wartość reobazy, tym mniejsza pobudliwość mięśnia

- wartość reobazy dla zdrowego mięśnia wynosi około 2–18 mA

## CHRONAKSJA

- najkrótszy czas trwania impulsu prądu stałego o natężeniu równym podwojonej reobazie, potrzebny do wywołania minimalnego skurczu mięśnia (wyrażona w ms)
- mięsień i zaopatrujący go nerw ruchowy charakteryzuje jednakowa wartość chronaksji

Włókna mięśniowe >1 ms; włókna nerwowe 0,1–1 ms; całkowite odnerwienie >20 ms. Im większa chronaksja, tym mniejsza pobudliwość tkanki.

## KRZYWA I/t

- to wykres przedstawiający zależność natężenia prądu od czasu trwania bodźca niezbędnego do wywołania reakcji tkanek
- im krótszy czas trwania impulsu, tym większa wartość natężenia potrzebna do wywołania skurczu
- do badania stosuje się prądy impulsowe o przebiegu prostokątnym i trójkątnym z możliwością regulowania czasu trwania impulsu od 1000–0,1 ms i czasu przerwy 2000–500 ms

## KRZYWA UMOŻLIWIA

- stosunkowo dokładne badanie mięśnia
- określenie stopnia odnerwienia
- dobranie odpowiednich parametrów
- obserwację procesu powrotu unerwienia

## POWRÓT UNERWIENIA

- przesunięcie krzywej w prawo
- zmniejszenie nachylenia
- występowanie węzłów

## INTERPRETACJA KRZYWEJ

- mięśnie odnerwione — krzywa przesunięta w prawo i ku górze
- czas użyteczny przesunięty w prawo może wynosić 250 ms (norma 10–30 ms)
- przy częściowym odczynie zwyrodnieniowym wykres jest pośredni

- w miarę reinerwacji krzywa I/t przesuwa się w lewo i ku dołowi
- reakcje na impulsy prostokątne vs trójkątne pozwalają różnicować unerwienie

## WSPÓŁCZYNNIK AKOMODACJI

Różnica reakcji mięśni na impulsy prostokątne i trójkątne stanowi podstawę do oznaczania współczynnika akomodacji. Wartość od 3-6 to prawidłowy stosunek pobudliwości. Wartość  $<3$  wskazuje na zmniejszenie zdolności akomodacji (uszkodzenie mięśnia). Wartość  $>6$  może świadczyć o zaburzeniach wegetatywnych lub poprawie stanu unerwienia.

## METODY JAKOŚCIOWE

- polegają na obserwacji rodzaju i siły skurczu mięśnia w odpowiedzi na impulsy elektryczne
- duże znaczenie ma biegunowość elektrody pobudzającej (prawo Pflügera oraz obserwacje Erba)

### Wzór Erba i prawo skurczu Pflügera

- skurcz przy zamykaniu obwodu występuje pod katodą (KZS)
- przy dalszym zwiększeniu natężenia również pod anodą (AZS)
- prawo pomaga rozróżnić mięśnie zdrowe od patologicznych

## ELEKTROSTYMULACJA MIĘŚNI I NERWÓW

Elektrostymulacja polega na pobudzaniu mięśni do skurczu za pomocą zewnętrznego napięcia elektrycznego.

- impuls musi być na tyle mocny, aby wywołać potencjał czynnościowy we włóknie mięśnia lub nerwu
- cechy impulsu wpływające na wywołanie potencjału: szybkość narastania, napięcie szczytowe, czas trwania impulsu

Skurcz poprzedzany jest depolaryzacją (1-3 ms), następnie okres repolaryzacji (2-4 ms). Skurcze i częstotliwości różnią się w zależności od typu włókien (typ I vs II).

## **ELEKTROSTYMULACJA czynna dwuelektrodowa**

Nerwy i mięśnie pobudzane są elektrodą czynną — katodą. Elektroda czynna jest mniejsza od biernej i leży w punktach motorycznych nerwu lub mięśnia.

### **Elektrostymulacja dwuelektrodowa**

- metoda do elektrostymulacji mięśni odnerwionych, nieznacznie uszkodzonych oraz zdolnych
- stosujemy serie impulsów w jednostce czasu, aby wywołać skurcz tężcowy
- prądy niskiej częstotliwości: impulsy prostokątne 0,1-1 ms,  $f = 15-80$  Hz
- prądy średniej częstotliwości:  $f = 1-2$  kHz, czas modułu 1-3 ms

## **LECZENIE ODLEŻYN**

- odpowiednia stymulacja może poprawić trofikę i ukrwienie
- odleżyny powstają w wyniku długotrwałego ucisku, zaburzeń trofiki, metabolizmu, naczynioruchu i niedotlenienia

Przykładowe parametry VHS działające na układ wegetatywny: 75 V, 10 Hz, czas impulsu 100  $\mu$ s.

## **LECZENIE OBRZĘKÓW**

Obrzęk — nadmierne gromadzenie płynu w tkankach. VHS może przyspieszać absorpcję świeżych obrzęków.

### **Katodowa VHS powoduje:**

- zwężenie porów i naczyń na poziomie mikrokrążenia
- ograniczenie migracji białek i płynów z naczyń do przestrzeni międzykomórkowej
- odpychanie ujemnie naładowanych komórek i protein

## **PRĄDY KOTZA (ROSYJSKA STYMULACJA)**

Prądy średniej częstotliwości używane do celów pobudzeniowych: zwiększenia masy mięśni i siły mięśni zdrowych, unerwionych prawidłowo.

- wykorzystywano prąd sinusoidalny o częstotliwości nośnej  $\sim 2\,500$  Hz, pakowany w

serie impulsów

- czas ON i OFF równy sobie (np. 10 ms)
- stosować jako element treningu, z modyfikacją parametrów w zależności od budowy ciała

## STYMULACJA W PORAŻENIACH SPASTYCZNYCH

W uszkodzeniach OUN (udar, uraz) celem stymulacji jest utworzenie siły i masy mięśni, poprawa trofiki i utrzymanie ruchomości stawów.

### Metody

1. Hufschmidta — metoda podwójnego impulsu: faza I — pobudzenie zginaczy; faza II — pobudzenie prostowników w okresie rozluźnienia zginaczy.

- $t_i = 0,2-0,5$  ms;  $t_o$  (opóźnienie) = 100-300 ms;  $t_p = 1$  s (KKG) lub 1,5 s (KKD)
- czas trwania stymulacji: 20 min; częstotliwość: co 2 dni

2. Metoda tonolizy — modyfikacja z zastosowaniem modułów trwalszych dla prostowników, także dwie fazy i dwa obwody.

## STYMULACJA MIĘŚNI GŁADKICH

- pobudzenie wymaga stosunkowo długich czasów impulsu i powtórzeń
- stosowana m.in. do pobudzenia perystaltyki jelita grubego

### 1. Zaparcia atoniczne

- $t_i = 300-500$  ms;  $t_p = 500-1\ 500$  ms;  $f = 0,5-1$  Hz

### 2. Zaparcia spastyczne

- $t_i = 100-200$  ms;  $t_p = 1\ 000-2\ 000$  ms;  $f = 0,3-0,4$  Hz

Metodyka: elektroda czynna podłużna na przebiegu okrężnicy, duża elektroda bierna (10×35 cm) wzdłuż kręgosłupa w okolicy L-S; natężenie dobierane według odczuć pacjenta; czas trwania 20-50 min; przerwa między seriami: kilkanaście dni.

## SPECJALNE METODY STYMULACJI

### Elektrostymulacja czynnościowa (FES)

- wywoływanie skurczu mięśni porażonych w celu wykonania określonej czynności lub jej wspomagania
- zadaniem jest odzyskanie, zastąpienie lub podtrzymywanie form ruchowych utraconych

### Podział

1. *Elektrostymulacja czynnościowa kończyn (FES-E)*

2. *Elektrostymulacja narządów (FES-O)*

Przykład: wspomaganie chodzenia przy niedowładzie mięśni strzałkowych — stymulator z czujnikiem fazy chodu (np. pod piętą) uruchamia stymulację w momencie oderwania stopy od podłoża.

## BIBLIOGRAFIA

Nowotny — Podstawy fizjoterapii

Mika — Fizykoterapia

Straburzyński — Medycyna fizykalna; Straburzyński — Fizjoterapia

Łazowski — Fizykoterapia