

Elektrická stimulace

Biofyzika

Doc. Ing. Jana Kolářová, PhD.

Ing. Vratislav Harabiš, (PhD.)

Ústav biomedicínského inženýrství, VUT v Brně

Neuromuskulární stimulatory, uro-, gastro-stimulatory

- stimulace nervů a kosterního svalstva
 - elektrostimulace v oblasti dolních močových cest a pánevního dna
 - stimulace gastrointestinálního (zažívacího) traktu
-
- elektrofyzologie
 - elektrická stimulace, aplikace

Neuromuskulární stimulátory

- stimulace nervů a kosterního svalstva
- stimulace vnější (transkutánní aplikace – přes kůži)
- stimulace vnitřní (implantabilní aplikace)
- vícekanálová
- Z pohledu umístění stimačních elektrod:
 - odpor kůže a podkožních tkání se podstatně liší
 - impedance kůže a podkoží – kapacitní charakter →
 - nízké frekvence – stimulační energie je pohlcována převážně kůží – podráždění mnoha receptorů – nepříjemné pocity
 - vyšší frekvence – do vnitřních orgánů se dostává více stimulační energie

Šíření vzruchu nervovými vlákny

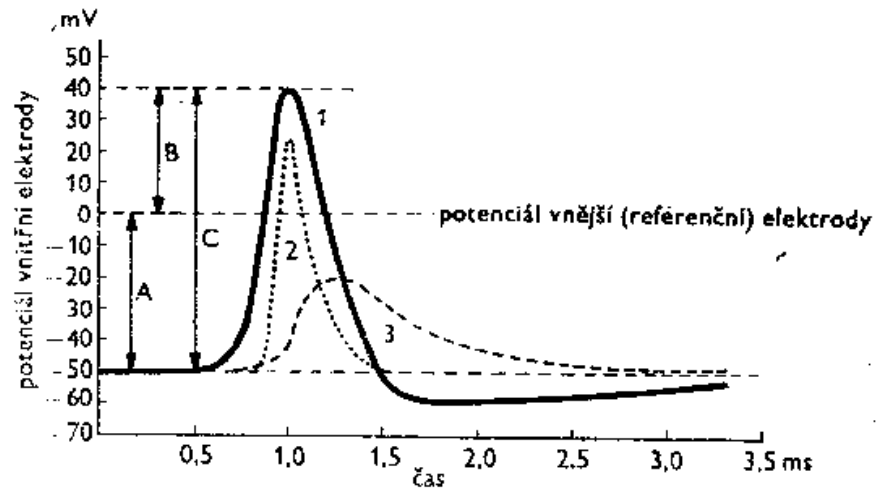
- vzruch - projev činnosti nervové soustavy
- informace je kódována frekvencí a počtem vzruchů
- na membráně každé buňky, tedy i neuronu, je v klidu nerovnoměrné rozložení iontů a náboje (polarizace membrány, klidový potenciál)
- vně buňky je vyšší koncentrace Na^+ , uvnitř K^+
- vně buňky je kladný náboj (převažují kationty), uvnitř je záporný náboj (převažují anionty) – o 70mV se liší el. potenciály
- v místě podráždění neuronu se zvýší propustnost membrány pro Na^+ , Na^+ vnikají dovnitř neuronu, tím se mění i rozložení náboje na membráně (depolarizace membrány, akční potenciál)
- po podráždění se zvýší propustnost membrány pro K^+ , K^+ unikají z neuronu po koncentračním i potenciálovém spádu a obnoví tak rozložení náboje na membráně (depolarizace membrány)
- původní rozložení iontů Na^+ a K^+ poté zajistí a udržuje sodíková-draslíková pumpa

Elektrické jevy při stahu svalu

- - akční proud svalu je dvoufázový a má zápornou a kladnou fázi.
- - vedení vzruchu nervovými vlákny - je to reakce ano nebo ne (1 – 0), která je neúnavná - je provázeno elektrickými jevy.

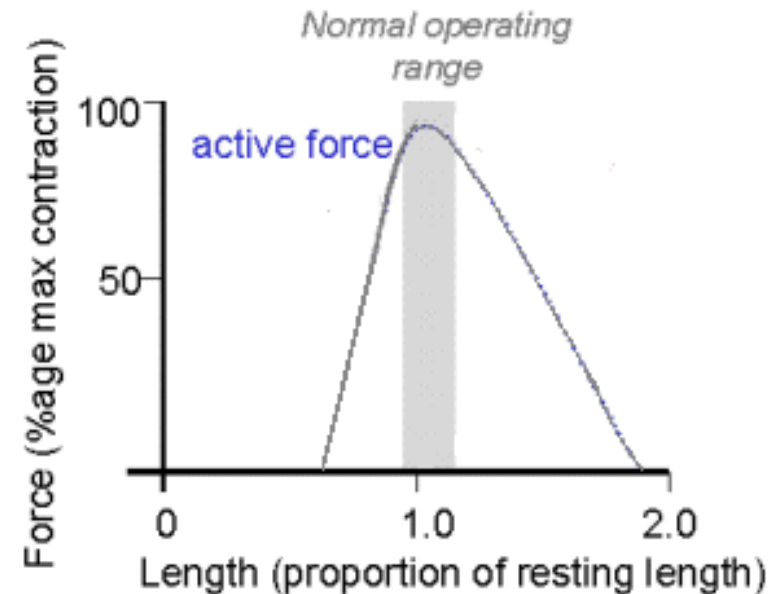
Př. Průběh akčního potenciálu nervu snímaného elektrodami zavedenými do vnitř nervového vlákna a na vnější stranu membrány.

1 = akční potenciál, 2 = změny sodíkové, 3 = změny draslíkové vodivosti membrány, A = klidový potenciál, B = zvrát potenciálu, C = akční potenciál,



Kontraktilita svalu

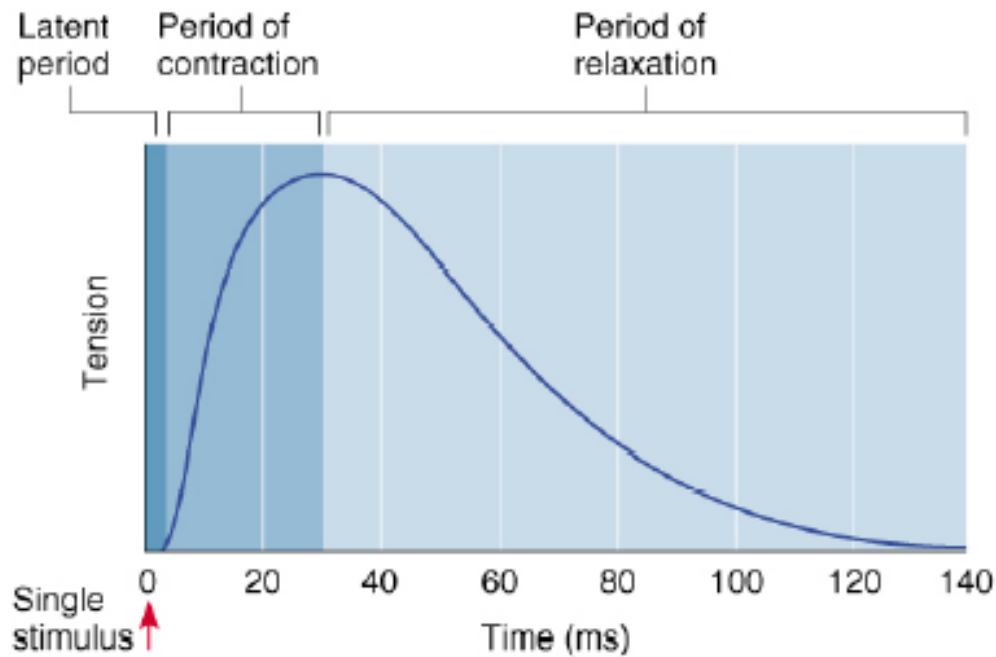
- sval
 - nashromážděná chemická energie
→ mechanická práce
 - mechanická práce – stah = kontrakce
 - podnět – nervové nebo přímé podráždění svalu
- tonus
 - za normálních okolností je sval v určitém napětí (stálé nervové vzruchy)
- svalová kontrakce
 - podnětem jsou častější nervové vzruchy
- fibrily
 - stažlivé útvary; smrštění na 65%; prodloužení na 140%; střední hodnoty 80% - 120%



Prahové podráždění

- minimální energie potřebná pro vyvolání kontrakce
 - vlastnosti stimulačního impulsu
- aktivita svalu
 - fáze stažení 0,1s
 - uvolnění: 3-5x delší doba
- tetanus
 - pokud se po opakovaném podráždění sval neuvolní dochází k jeho nepřetržitému stažení, délka svalu během tetanu je kratší než při běžné kontrakci
- opakovací frekvence vyvolávající tetanické stažení svalu je pro různé buňky odlišná

Časová odezva na podráždění



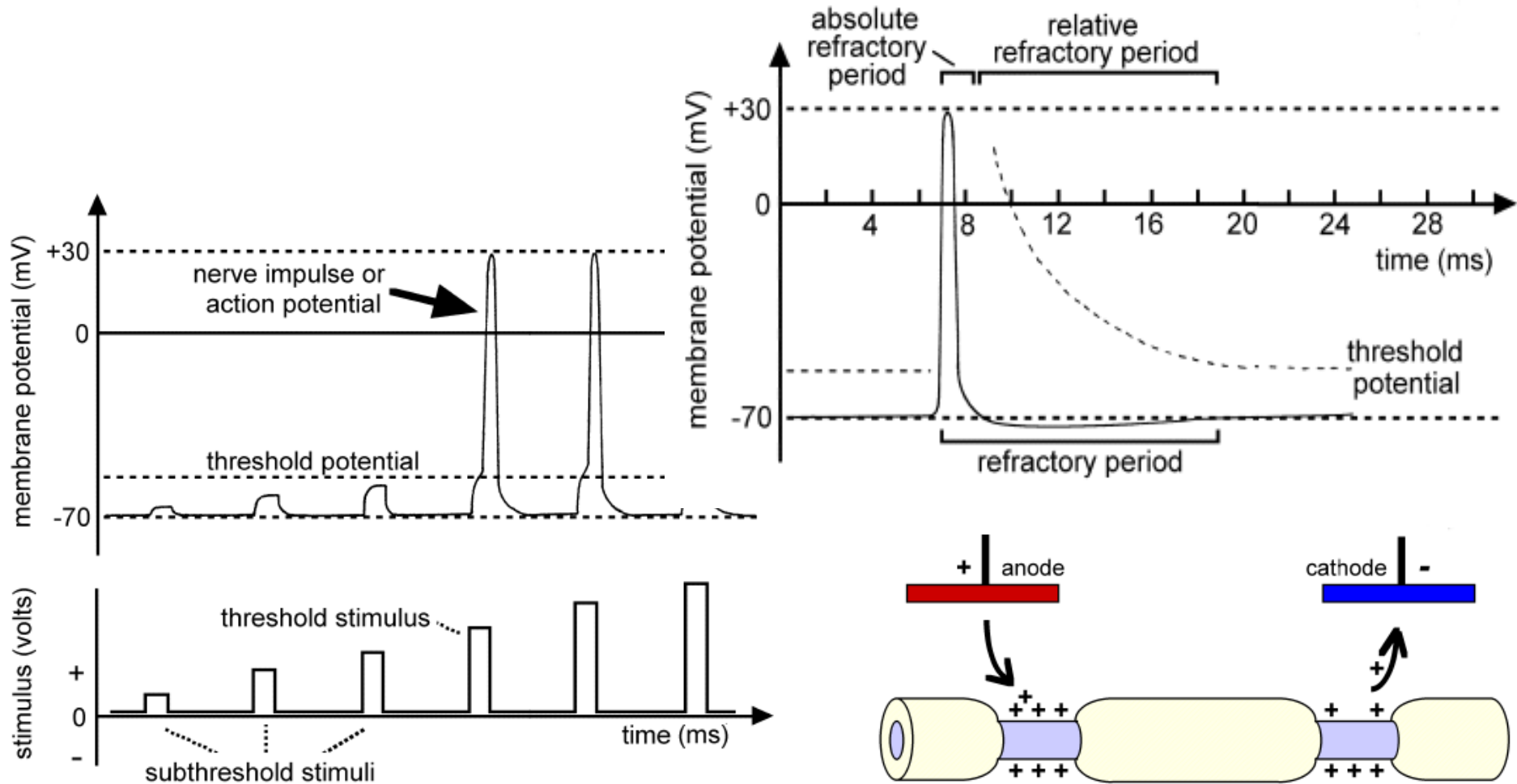
(a)

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

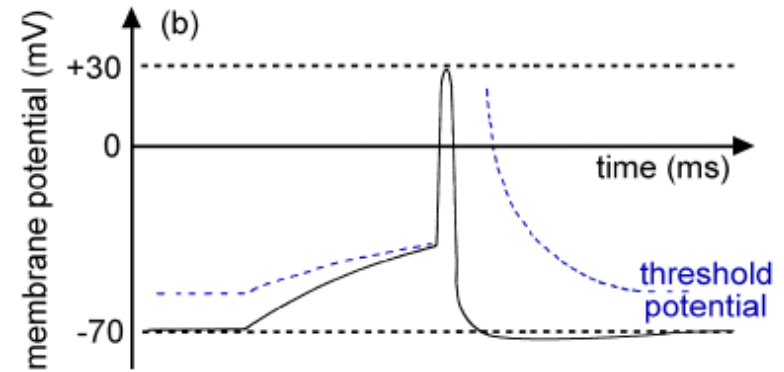
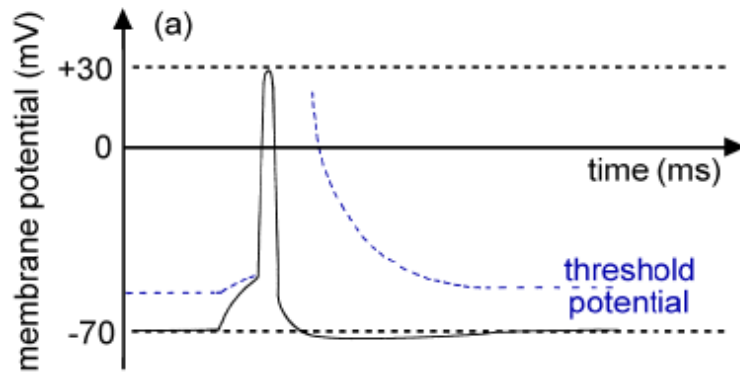
- **latentní perioda** – během první poloviny je tonus (napětí) i délka svalu stejná, ve druhé polovině dochází ke snížení napětí svalu – latentní uvolnění
- **kontrakce** – dochází ke smrštění svalu nebo změna napětí na svalu
- **relaxace** – uvolnění

- průběh charakteristiky se liší podle svalových buněk

Stimulace nervů a svalstva

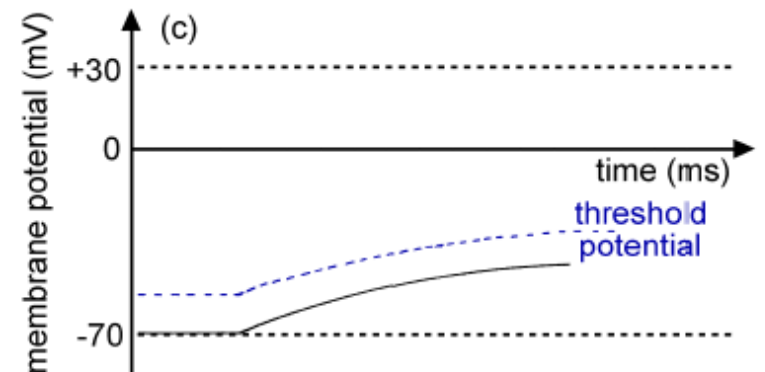


Stimulace nervů a svalstva



Stimulace závisí na:

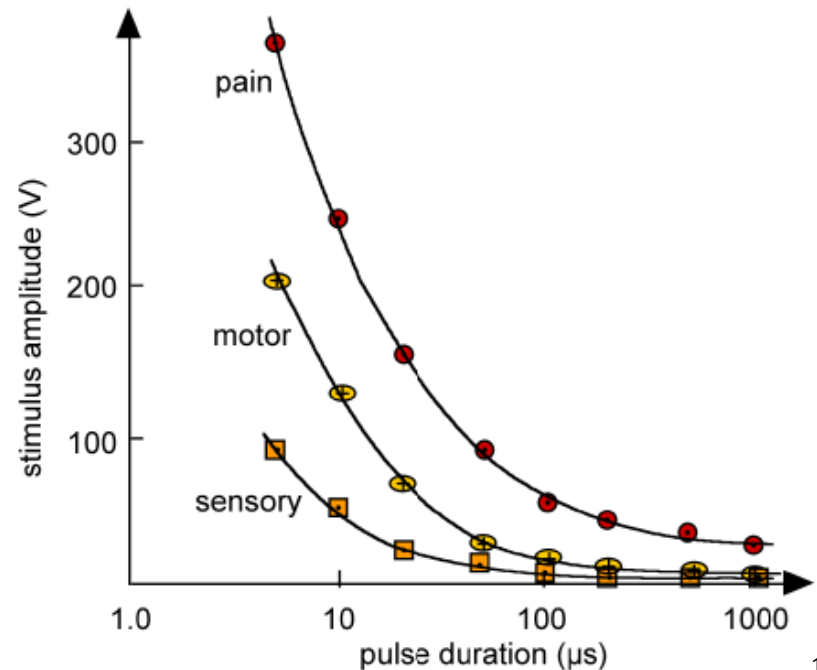
- velikosti stimulačního impulsu
- délce stimulačního impulsu
- opakovací frekvenci pulsů



Stimulace nervů a svalstva

- subjektivní nastavení stimulace:
- označení intenzity
 - podprahově senzitivní
 - prahově senzitivní
 - nadprahově senzitivní
 - podprahově motorická
 - prahově motorická
 - nadprahově motorická
 - podprahově algická

- stimulace:
 - citlivost
 - podráždění – motorická reakce
 - bolest



Stimulace nervů a svalstva

- objektivní nastavení stimulace:

- maximální proudová hustota J_{max}

- aplikace galvanického proudu: $0,1\text{mA/cm}^2$

- aplikace nf proudu (1-1000Hz): 1mA/cm^2

- aplikace středofrekvenční proudy (1-100kHz), TENS: 10mA/cm^2

- maximální absolutní proud

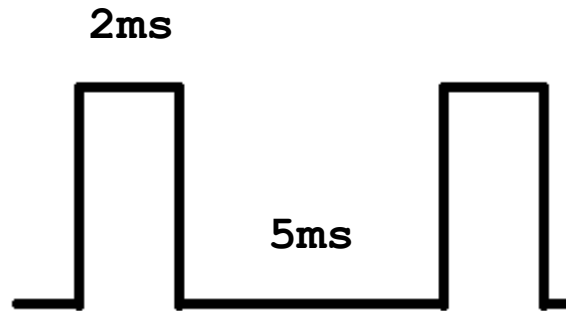
- $I_{max} = S_{elektrody} \times J_{max}$

př. klidová galvanizace:

elektrody: $8 \times 10\text{cm}$ a $15 \times 15\text{cm}$,

$I_{max} = 8\text{mA}$, $I_{max} = 22,5\text{mA} \Rightarrow I_{max} = 8\text{mA}$

Stimulace nervů a svalstva – nf proudy

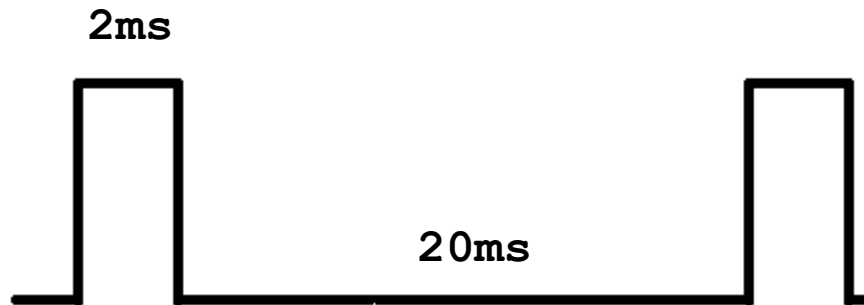


trabertův proud

$$f=142,9\text{Hz}$$

aplikace při

- posttraumatické bolesti,
- revmatické bolesti



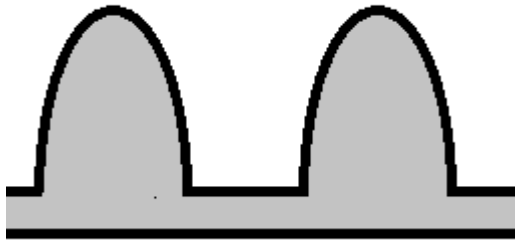
faradayův proud

$$f=45,5\text{Hz}$$

aplikace při

- myostimulace, bez frekvenční nebo amplitudové modulace je nepříjemný

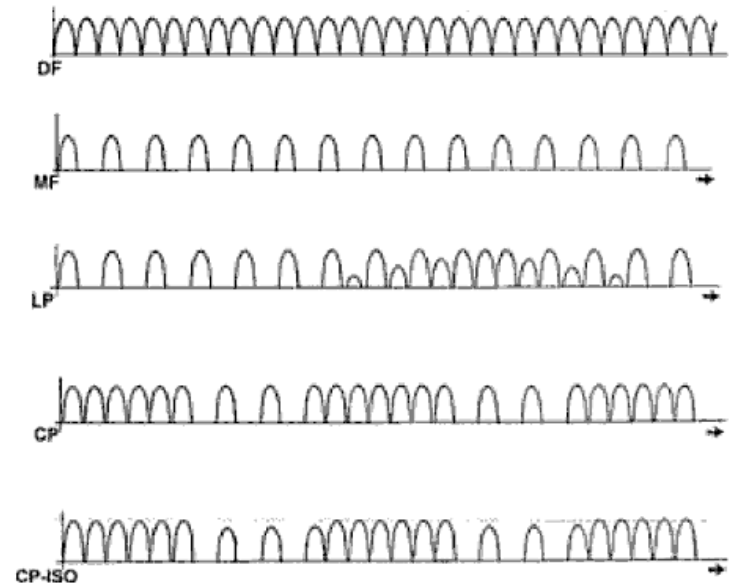
Stimulace nervů a svalstva – nf proudy



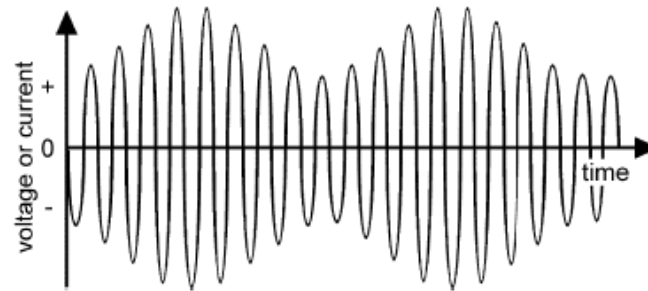
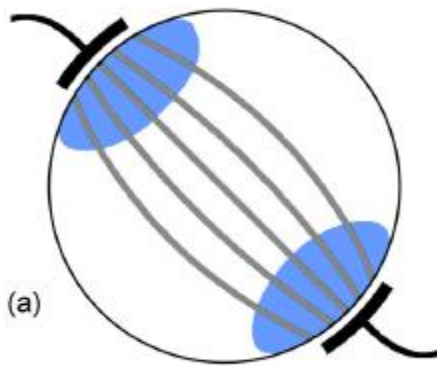
diadynamické proudy

dvě složky

- ss (1-3mA) nebo 1-50% z celkové dávky
- nf (impuls:pauza - 10ms:10ms nebo 10ms:0ms)

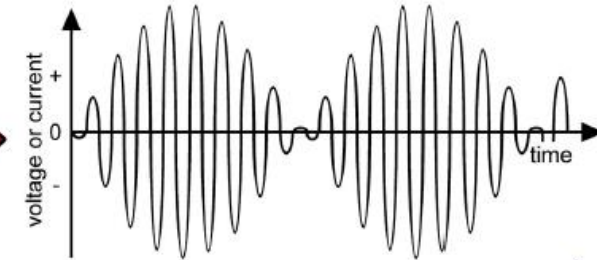
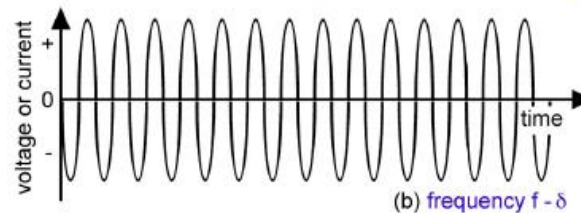
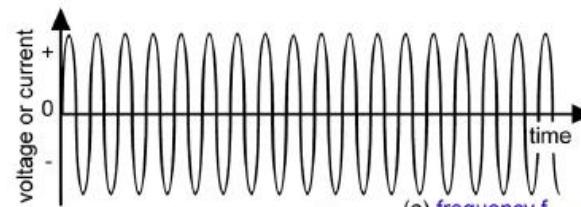
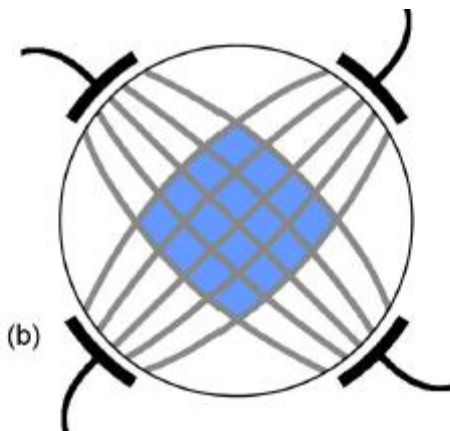


Stimulace nervů a svalstva – střední proudy

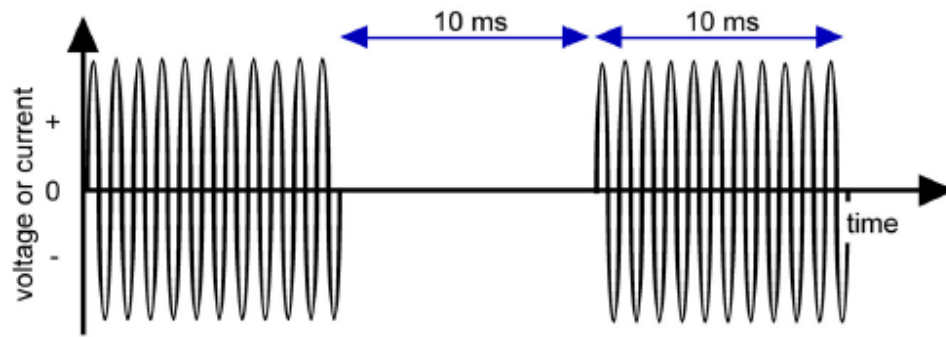


interferenční proudy

$f=1-10\text{kHz}$, $d=1-150\text{Hz}$



Stimulace nervů a svalstva – střední proudy



$f=2,5\text{kHz}$, $f_m=50\text{Hz}$

ruské proudy

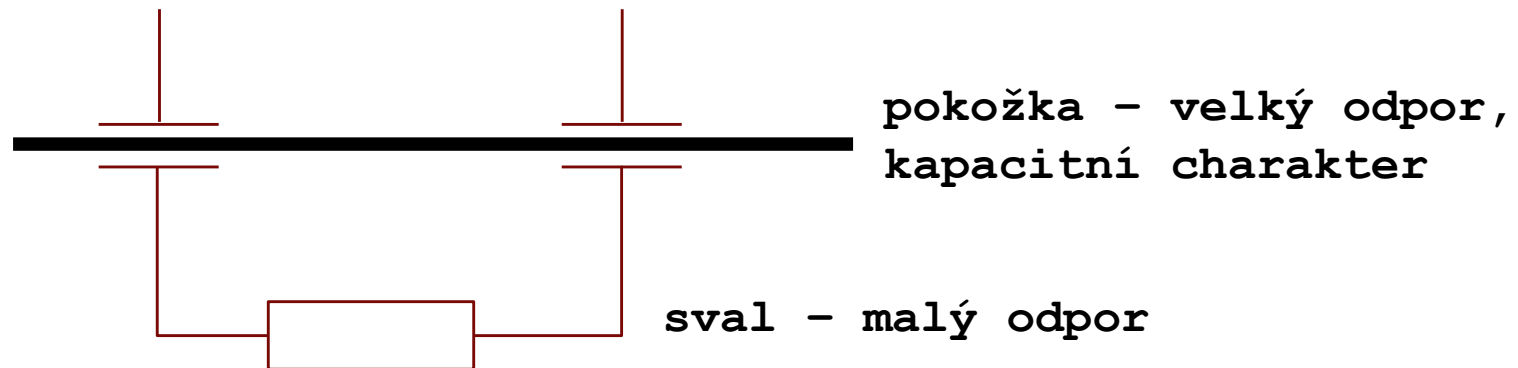
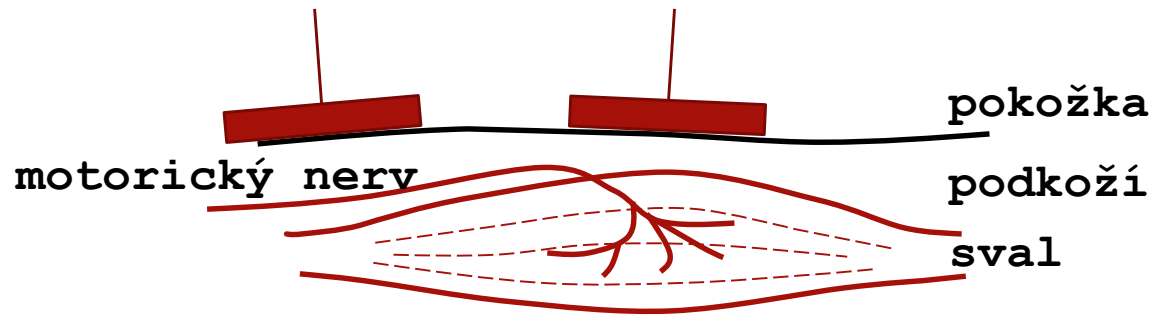
Transkutánní aplikace

TENS transkutánní elektroneurostimulace

- elektrody s větší kontaktní plochou
 - vyloučí se tak závislost impedance kůže na změně přtlaku elektrody ke kůži
 - materiál: vodivé polymery s náplní koloidní platiny, zlata, niklu, titanu
 - vzdálenost elektrod: 2 – 3 cm
- bipolární páry elektrod jednoho kanálu
 - nepřípustné – působit na různé, zvláště stejnojmenné, skupiny svalů na opačné straně těla,
 - odpor svalu: R podélný směr $<$ R příčný směr → pro vyvolání kontrakcí podél svalových vláken je zapotřebí nižší stimulační energie
- zmenšení odporu kůže: odmastit nejlépe roztokem chloridu sodného
- kmitočty: nízké: 1 – 1000Hz, střední: 1 – 100kHz
nad 100kHz nedochází ke stimulaci, ale pouze k ohřevu
- teplota okolního vzduchu
- vliv psychické a fyzické zátěže

Princip transkutánní elektrické stimulace

- Stimulace elektrickým proudem přes pokožku

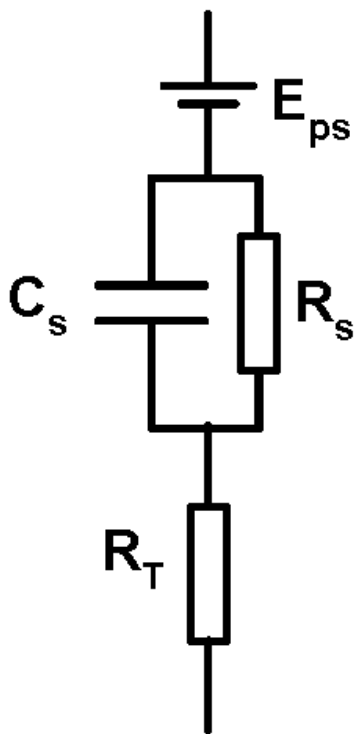


Princip transkutánní elektrické stimulace

- Lidský organismus (elektrolyt) – vodič druhé třídy – vedení el. proudu je zprostředkováno ionty.
- Kov – vodič první třídy – vedení el. proudu je zprostředkováno elektrony.
- Na rozhraní tedy dochází ke změně typu vodivosti. Vlastnosti tohoto rozhraní mohou významně ovlivnit snímaný signál.

Princip transkutánní elektrické stimulace

Náhradní elektrické schéma



Elektrické vlastnosti kůže:

- epidermis – impedance $R_s C_s$ (kapacita bývá až několik μF)
- hlubší vrstvy kůže představují odpor R_T (poměrně nízký)

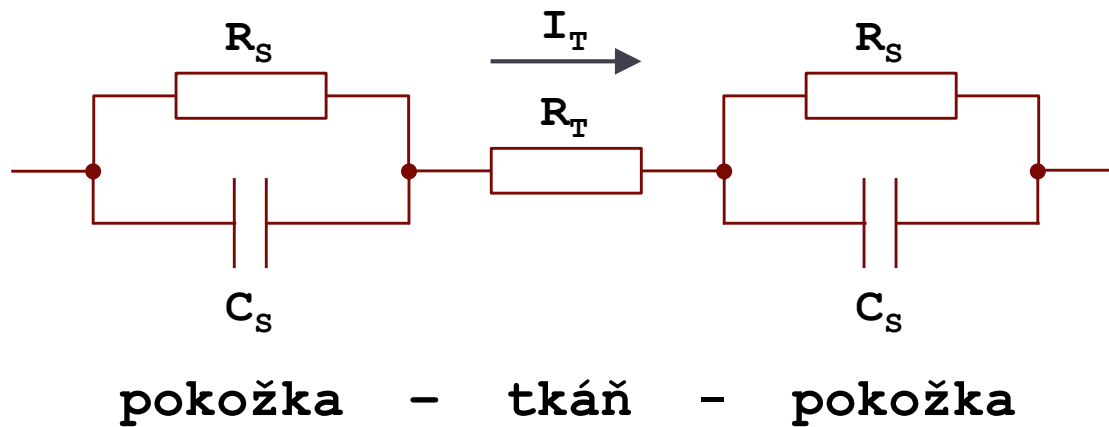
Samotný odpor kůže se mění od $0.5\text{k}\Omega$ do $100\text{-}500\text{k}\Omega$ (pro **velmi** suchou kůží).

Stratum corneum je semipermeabilní pro ionty – vzniká tak rozdíl koncentrace, který se v náhradním schématu projeví jako zdroj napětí E_{ps} .

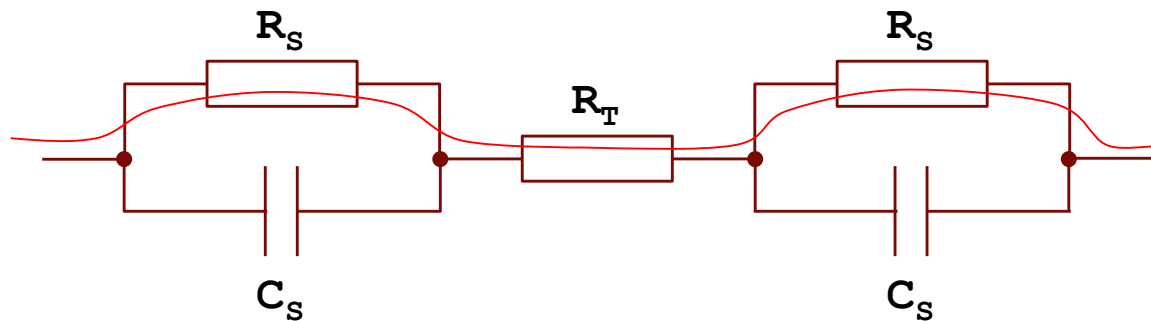
Dále se může v tomto schématu projevit vliv potních žláz – podobný obvod, paralelně zapojený.

Princip transkutánní elektrické stimulace

- zajímá nás stimulační proud procházející tkání, který dokáže stimulovat nervové buňky - I_T



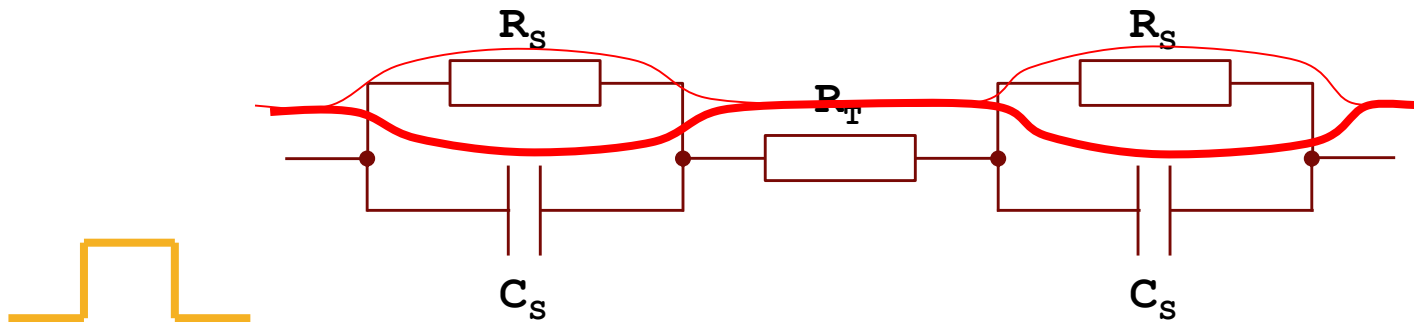
Výpočet stimulačního impulsu - příklad



- přiložené napětí: 50V – stejnosměrné (ss) !!!!!
- R_S – měrný plošný odpor kůže – $10\text{k}\Omega\text{cm}^2$
10 cm^2 elektroda: $1\text{k}\Omega$
- C_S – kapacita kůže na jednotku plochy – $0,05\mu\text{Fcm}^{-2}$,
10 cm^2 elektroda: $0,5\mu\text{F}$
- R_T – odpor tkáně: 200Ω
- I_T – proud tkání: $22,7\text{mA}$

Výpočet stimulačního impulsu

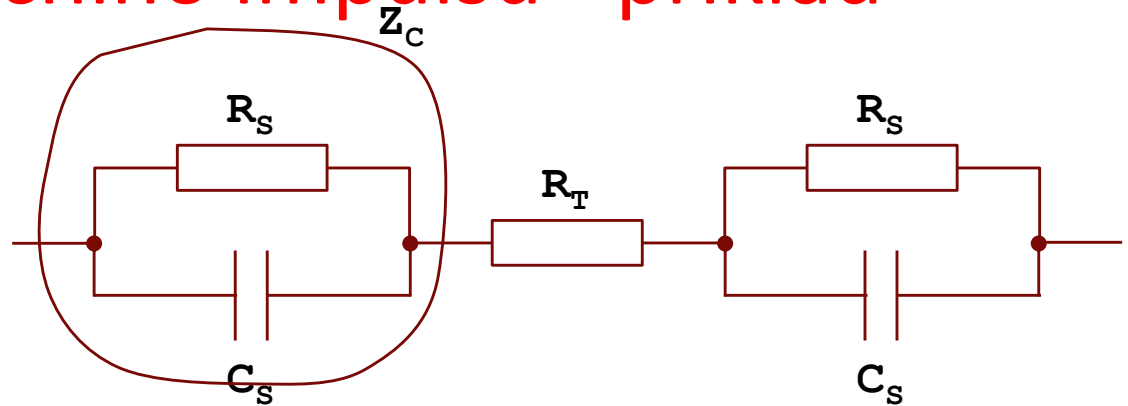
- příklad



- přiložené napětí: 50V – obdélníkový průběh – nástupná a sestupná hrana !!!!!
- R_s – měrný plošný odpor kůže – $10\text{k}\Omega\text{cm}^2$
10cm² elektroda: $1\text{k}\Omega$
- C_s – kapacita kůže na jednotku plochy – $0,05\mu\text{Fcm}^{-2}$,
10cm² elektroda: $0,5\mu\text{F}$
- R_T – odpor tkáně: 200Ω
- I_T – proud tkání: 250mA – po připojení napětí

$t = 0\text{s}$ – počátek přechodového děje, nabíjení kondenzátoru

Výpočet stimulačního impulsu - příklad



- přiložené napětí: $U=50\text{V}$ – střídavé (st) !!!!!
- $f=50\text{Hz}$: $Z_C=6400\ \Omega$, $Z=864\ \Omega$, $U_{RT}=5,18\text{V}$... 10% z U
- $f=500\text{Hz}$: $Z_C=640\ \Omega$, $Z=390\ \Omega$, $U_{RT}=10,2\text{V}$... 20% z U
- $f=5000\text{Hz}$: $Z_C=64\ \Omega$, $Z=60\ \Omega$, $U_{RT}=31,2\text{V}$... 62% z U
- Pokud je impedance kůže Z_C jediný faktor:
- $Z \downarrow - f \uparrow - U_{RT} \uparrow$
- Čím vyšší frekvenci stimulačního napětí použijeme, tím větší část energie bude použita pro stimulaci tkáně - R_T

Princip transkutánní elektrické stimulace

- $Z \downarrow - f \uparrow - \text{URT} \uparrow$
- frekvenci nelze zvyšovat do nekonečna – citlivost nervových buněk
- nervové buňky reagují na podněty v rozsahu kmitočtů:
 $f=0\text{Hz}-100\text{kHz}$

Parametry neuromuskulárních stimulátorů - transkutánní

- práh bolestivých pocitů
 - různé pro různé tvary stimulačních impulsů,
- bylo zjištěno, že nejméně bolestivé pocity jsou registrovány u impulsů
 - s opakovací frekvencí $1 \div 150$ Hz, délkou $0,7 \div 0,8$ ms,
 - dobou čela $25 \div 100$ μ s, dobou temene $600 \div 700$ μ s.
- stimulační impulsy delší než 1 ms s opakovací frekvencí $1 \div 20$ Hz vyvolávají nepříjemné pocity.



Parametry neuromuskulárních stimulátorů - transkutánní

- tvary stimulačních impulsů (obdélník, sinusový, trojúhelníkový, lichoběžníkový, exponenciální)

- na nízkých frekvencích

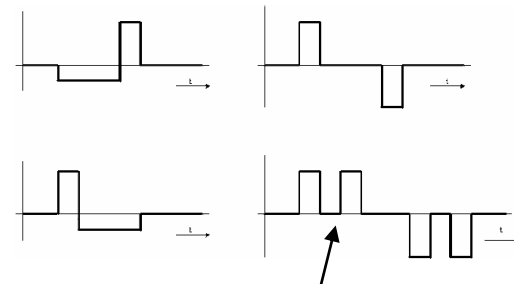
impulsy různé polarity

u kosterního svalstva byla zjištěna optimální délka stimulačních impulsů $0,064 \div 1,23$ ms při minimální energii dráždění

sčítání podnětů se uplatní v době do $0,3 \div 0,5$ ms po zavedení prvního podráždění.

- na vysokých frekvencích

minimální pocity bolesti byly shledány při aplikaci radiofrekvenčních stimulačních impulsů o nosné frekvenci 10 kHz, délkou čela impulsů $25 \mu\text{s}$ a exponenciálním temenem o délce $975 \mu\text{s}$. Aplikované výkony stimulačních impulsů jsou zpravidla v rozmezí $1 \div 8$ mW, optimální opakovací frekvence pro podráždění sympatických nervů je $1 \div 10$ Hz, pro podráždění parasympatických nervů pak $25 \div 100$ Hz. Účinná je sdružená amplitudová a frekvenční modulační stimulačních impulsů.



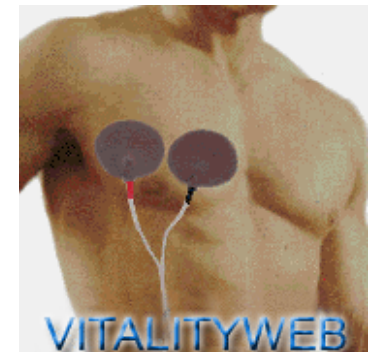
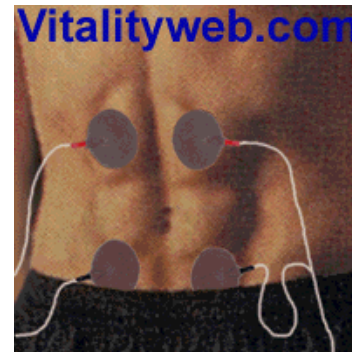
Tab. 5.3 *Orientační hloubka působení různých metod fyzikální terapie*

procedura	hloubka působení
galvanizace – anelektrotonus	do 1 cm
nízkofrekvenční terapie	3–4 cm
středofrekvenční proudy – bipolární	do 6 cm
středofrekvenční proudy – tetrapolární	v celé proudové dráze
distanční elektroterapie	15(25') cm (od čela aplikátoru)
diatermie – kapacitní metoda	do 5 cm
diatermie – induktivní metoda	do 10 cm
diatermie – mikrovlnná metoda	do 10 cm
magnetoterapie – solenoid	v celém průřezu
magnetoterapie – plošný aplikátor	do 20 cm
ultrazvuk 3 MHz	do 5 cm
ultrazvuk 1 MHz	do 15 cm
infračervené záření A	do 3 cm
infračervené záření B	do 0,5 cm
laser (podle výkonu a vlnové délky)	1–5 cm

*) – u přístrojů s možností aplikace interferenčních proudů

Biologicky řízené stimulátory

- aplikace
 - na končetinové protézy
 - nejrůznější formy relaxačního tréninku.
 - biologicky řízenou stimulaci lze rozdělit:
 - bez biologické zpětné vazby,
 - rehabilitace, ovládání protézy, (fnosná telemetru 60-80 MHz)
 - trénink
 - s biologickou zpětnou vazbou, biofeedback.
 - k vědomé kontrole svalové aktivity, navození odpovídající EEG aktivity, změna teploty těla, odporu kůže, krevního tlaku, srdečního rytmu, respirace.
- forma biofeedbacku – audiovizuální stimulace



Neuromuskulární stimulátory



Technical Data and Specifications:	
Therapy Output Channels:	Two Independent Channels.
Therapy Output Modes:	True Interferential and Conventional Muscle Stimulation.
Preset Therapy Programs:	5 Choices [2 Sequential Stim (IF/EMS), 2 Interferential (IF), and 1 Muscle Stim (EMS)].
Waveform:	Symmetrical biphasic square wave with zero net DC component.
Carrier Frequency:	4000 Hz or 5000 Hz, selectable.
Interference Frequency (IF):	4001 - 4150 Hz or 5001 - 5150 Hz, adjustable in 1 Hz increments.
Net Therapeutic Frequency:	1 to 150 Hz - verifiable.
Output Voltage:	25 volts peak / 0-50 volts peak-to-peak, adjustable in 1/10th volt increments.
Output Current:	0-50 milliamps peak / 0-100 milliamps peak to peak.
Pulse Width:	125 micro seconds each phase.
Power System:	2 AA rechargeable Ni-MH batteries (included) or AC wall adapter.
AC Wall Adapter:	UL approved AC wall adapter (included).
Battery Charger:	UL approved battery charger (included).
Compliance Timer:	Records sessions (0-999) and hours of usage (0-999).
Dimensions:	3.2" X 4.8" X 1.1" (81 mm X 122mm X 27mm).
Weight:	6.2 oz. (176 grams) including batteries.
Warranty:	Full 1 year warranty covering parts and labor.

Implantabilní neuromuskulární stimulátory

- stimulátory

- s implantovaným elektrodo­vým systémem

- (perkutánní – zavedený přes kůži), elektronická externí část, používají se k řízení protéz horních a dolních končetin,

- kompletně implantované

- elektrodo­vý systém, napájení elektronika, přijímač telemetrického systému, vysílač teletmetru jako externí část systému je se svou vysílací cívkou (anténou) umístěn nad implantátem. Telemetrický systém slouží k řízení funkce stimulátoru, tj. předání požadované aktivační sekvence implantátu buď operátorem nebo samotným pacientem.

- výhoda: elektrody jsou zavedeny až k nervům nebo přímo do svalů → větší účinnost léčebného zákroku

- požadavky na materiál a provedení obdobné jako u implantovaných kardiostimulátorů

Implantabilní neuromuskulární stimulátory

hermeticky zapouzdřené,

polymery (epoxy a silikonová pryž), kovy (titan), keramika.

epoxydová pryskyřice se užívá jen jako obal přijímací cívky telemetru.

8 ÷ 20 kanálů,

s proudovými impulsy 1 ÷ 20 mA,

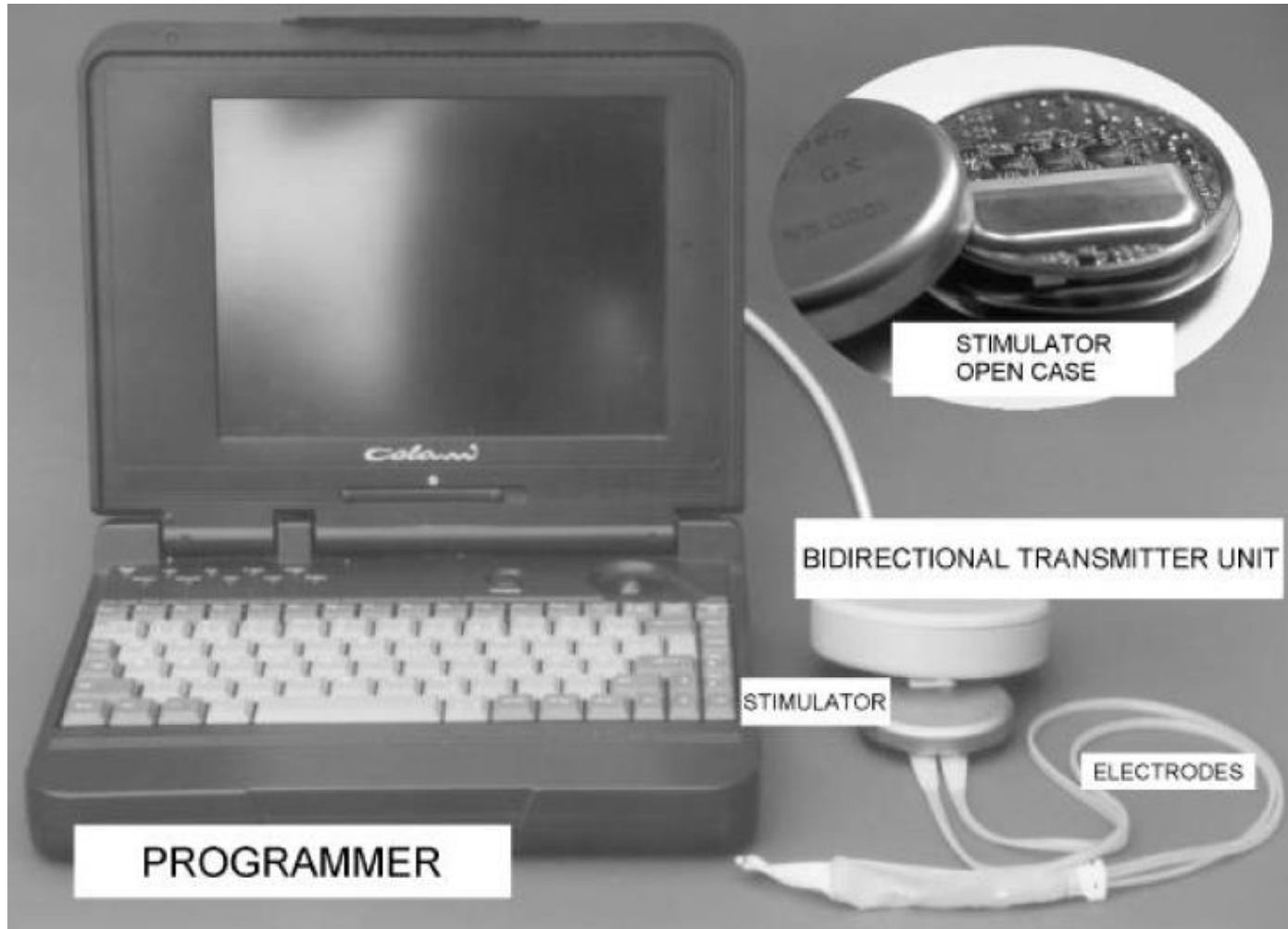
šíří impulsů 200 μ s podle typu stimulačních elektrod (nervové a svalové),

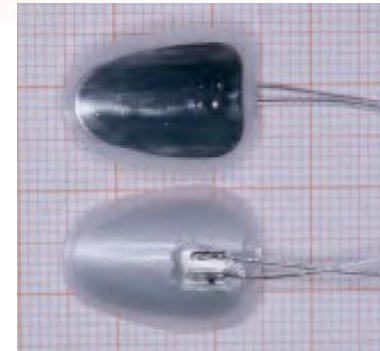
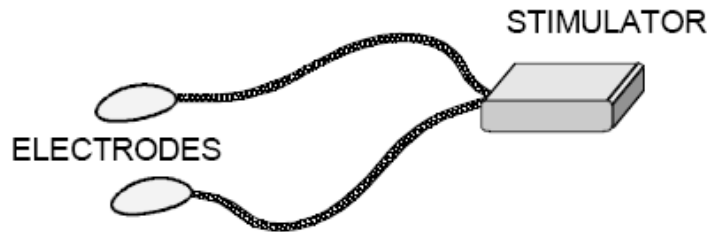
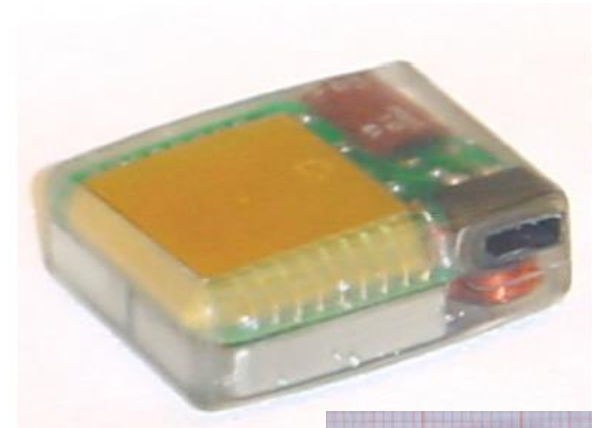
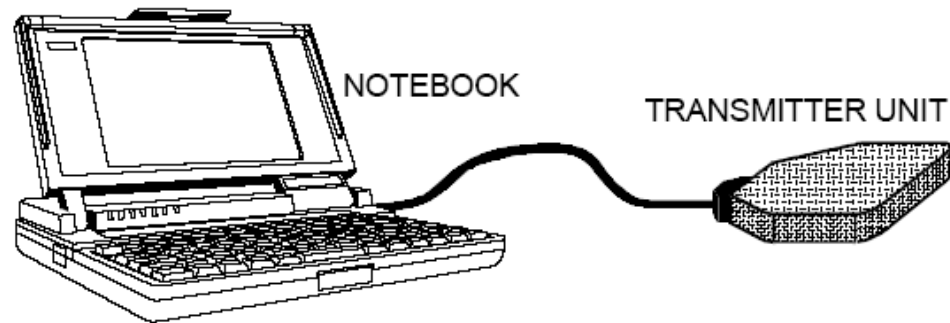
potřebný příkon implantátu - stovky mW.

stimulační elektrody - monopolární nebo bipolární provedení,

stimulační impulsy - bifázické buzené ze zdroje konstantního proudu.

Implantabilní neuromuskulární stimulátory





Stimulation Amplitude	max. 10 mA (40 μ A)
Pulse Width per Phase	0,5 - 40 ms (0.5 ms)
Stimulation Frequency	1 - 64 Hz (1 Hz)
Period of Training	10 - 180 min(10min)
Burst Duration	0,1 - 10 s (0.1s)
Pause Duration	0,1 - 10 s (0.1s)
Maximum Electrode Impedance	500 Ω

Urostimulátory

- léčba dysfunkcí dolních močových cest a pánevního dna. poruchy:
 - - jímací schopnosti,
 - - vypuzovací schopnosti.
- léčebný postup
- neurostimulace
- chirurgická rekonstrukce
 - hrdla močového měchýře,
 - implantované náhrady sfinkterů (svěračů)

Stimulace močového měchýře

- nervů - pelvických (pánevních, stydkých),
- sakrálních (v kříži),
- svalů močového měchýře,
- míšních center močení.
- způsob:
 - nepřímo - indukční vazbou pomocí implantované cívky,
 - přímo - implantovanými stimulačními elektrodami s perkutánně (skrz kůži) zavedenými vodiči externího stimulátoru,
 - vf přenosem - stimulačních impulsů do plně implantovaných obvodů přijímače stimulátoru s elektrodami.

Optimální parametry stimulace močového měchýře

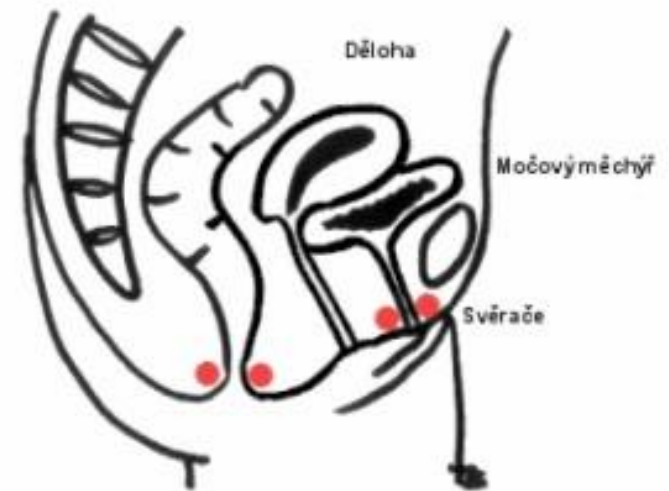
- nepřímá stimulace pelvických nervů
 - impulsy o velikosti $5 \div 10\text{mA}$,
 - šíři 7 ms
 - opakovací frekvenci 15Hz po dobu 10s
 - dojde ke zvýšení tlaku v močovém měchýři na více než 6 kPa → překonání tonického odporu sfinkteru (svěrače) a vyprázdnění močového měchýře,
- přímá stimulace
 - impulsy o velikosti $2 \div 10\text{ V}$, šíři $5 \div 10\text{ms}$, opakovací frekvenci $10 \div 20\text{ Hz}$.
- vf přenos stimulačních impulsů
 - velikost impulsů $5 \div 15\text{ V}$, šíře $1 \div 6\text{ ms}$, opakovací frekvence $15 \div 50\text{ Hz}$.

Elektrody urostimulátorů

- přímé dráždění močového měchýře
 - požadavek – maximální účinek při minimální traumatizaci močového měchýře
 - plošné elektrody (průměr 5 ÷ 10 mm, materiál Pt nebo slitina Pt-Ir),
 - zvýšení účinku - použití 4 ÷ 6 elektrod,
 - zadní plocha elektrody musí být izolována
 - dolní elektrody se umísťují 1,5 ÷ 2 cm od krčku, čímž se předchází vzniku spasmu (svalové křeči).

Elektrody urostimulátorů

- nepřímá transrektální stimulace přes stěnu konečníku
 - aktivní elektroda – konečník
 - pasivní elektroda – stydká kost nebo bederní oblast
 - v případě stále velkého reziduálního objemu moči (více než 100ml) je indikována implantace vf řízeného stimulátoru pro přímou stimulaci močového měchýře.



Stimulace svěračů

- léčba inkontinence (neschopnost udržení) moči a stolice
- poruchy nastávají
 - při roztroušené skleróze
 - po prodělaných porodech
 - pokles pánevního svalstva
 - po gynekologických operacích
 - v pooperační době
(při adenoektomii chirurgické vynětí nezahoubného nádoru žlázy)

Stimulace svěračů

- zavedení stimulačních impulsů do oblasti rozkroku a tím jejich uvedení do stavu tense.
- svěrače močového měchýře,
- svěrače análního,
- aplikace
 - klinickými přístroji dočasně
 - implantovanými systémy trvale

Stimulace svěračů

- parametry stimulatorů:
 - velikost impulsů $1 \div 20$ V,
 - šíře $1 \div 5$ ms,
 - opakovací frekvence $3,3 \div 150$ Hz,
 - případná nosná frekvence vf impulsů $1 \div 8$ kHz.
 - doba trvání jedné procedury bývá $3 \div 20$ minut.

Umístění elektrod - stimulace svěračů

- X
 - aktivní endouretrální elektroda zavedená uretrou k vnitřnímu svěrači,
 - indiferentní elektroda 100 cm² v oblasti křížové části páteře,
- X
 - aktivní externí elektroda nad stydkou sponou,
 - indiferentní elektroda nad křížovou částí páteře,
- X
 - aktivní rektální elektroda zavedená do hloubky 2 ÷ 3 cm do konečníku,
 - indiferentní elektroda 100 cm² nad stydkou sponou.

Účinnost léčby

- od 60 do 95 %,
- podmíněno kvalitním urodynamickým vyšetřením a diagnostikou funkčního stavu detrusoru krčku močového měchýře i svěrače uretry,
- biofeedback:
 - snímání aktivity pánevního svalstva pomocí elektrod umístěných v oblasti análního otvoru
 - kontrola pro pacienta – akustická, obrazová

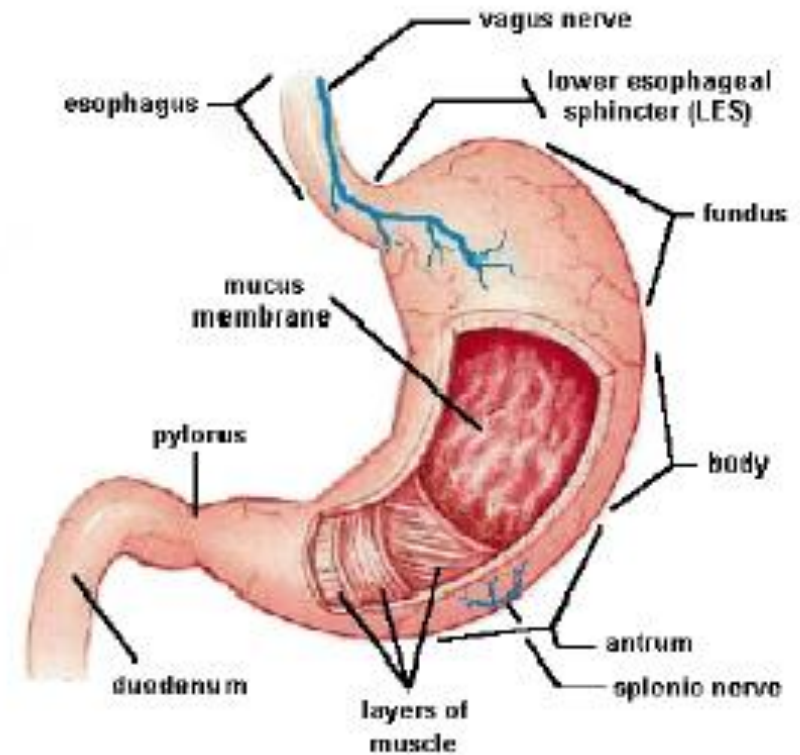
Gastrostimulátory

- stimulace gastrointestinálního (zažívacího) traktu
- šíření stahů v hladkém svalstvu - 3 m/s
- velká síla kontrakce
- [činek podráždění hladkého svalstva je závislý na vztahu mezi frekvencí stimulačních impulsů a frekvencí vlastní spontánní aktivity.
 - zesílení tonu - při nízkém tonu svalstva
 - uvolnění - při vysokém tonu

průběh stimulace: od nízkých opakovacích frekvencí stimulačních impulsů.

Trávící systém

- obsahuje
- ústa(Mouth)
- jícen (Esophagus) (10s)
- žaludek (Stomach) (1-3hod)
- tenké střevo (Small intestine, 5m)(7-9hod)
- tlusté střevo (Large intestine,1.2-1.5m) (25-30hod)
- konečník (Rectum)



3 základní funkce trávicího systému:

- pohyb tráveniny
 - aktivita žaludku (3cykly/min)
 - aktivita tenkého střeva (2-3/min, extrémně 12/min)
 - peristaltická vlna může vzniknout kdekoliv (rychlost 0,5-2cm/s, klesá od dvanáctníku), po 3-5cm zaniká (max 10cm).
 - trávenina se pohybuje střevem velmi pomalu (1cm/min)
 - aktivita tlustého střeva
- vylučování látek
- absorpce vody a elektrolytů (tlusté střevo)

Stimulace

- nepřímá stimulace žaludku a střev
- přímá stimulace žaludku a střev
 - - klinické; - implantabilními stimulatory.
- obvodové řešení viz. neuromuskulární stimulatory.
- parametry externích stimulatorů:
 - velikost stimulačních impulsů $5 \div 20 \text{mA}$ nebo $2 \div 20 \text{V}$,
 - šíře impulsů většinou 5 ms, opakovací frekvence $20 \div 60 \text{Hz}$.
 - doba stimulace 3 minuty s přestávkou 3 minuty, po dobu celkem 30 minut.
- klinická účinnost se prokazuje záznamem elektrogastrogramu (EGG).

Nepřímá stimulace

■ Nepřímá

- elektrody (průměr 15÷20 mm) jsou umístěny na povrchu břicha
- vzdálenost 50 ÷ 60 mm od sebe
- umístění elektrod - vlevo nebo vpravo od střední linie břicha, po jedné její straně na úrovni pupku.

■ Nepřímá transrektální stimulace

- záporná aktivní elektroda se zasouvá do rekta do hloubky 15 ÷ 20 cm (nerezavějící ocel, délka 300 mm, průměr 5 mm, zahnutá. Má pryžový obal a aktivní úsek 10 ÷ 15 mm)
- kladnou pasivní elektrodou na stěně břišní (olověná destička 60 x 120 mm, tloušťka 10÷15mm, uložená do flanelu napuštěného fyziologickým roztokem)
- vzdálenost 100 ÷ 150 mm.

Přímá gastrostimulace – oblast stimulace

- transgastrální stimulace (oblast žaludku)
2 elektrody
 - aktivní unipolární elektroda má tvar "olivy" s vodiči v polyvinylchloridové hadičce připojenými konektorem k externímu stimulátoru,
 - indiferentní kladná elektroda tvořená olověnou destičkou 100 x 150 mm se umísťuje na stěnu břišní v krajině epigastria (nadbřišku).
- transduodenální stimulace (přes dvanáctník)
2 elektrody
 - bipolární elektroda
 - tzv. duodenální sonda.
Stimulační elektrody 5 x 5 mm ze stříbra jsou umístěny na sondě ve vzdálenosti 30 mm od sebe. Pro tuto stimulaci postačí menší velikosti stimulačních impulsů.

Laparoskopický obraz: upevnění elektrod na stěnu žaludku



http://www.cpmc.org/services/gi/services/gastric_electrical_stim.pdf

gastrostimulátor