

# 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
- 
- elektrofyzilogie
  - 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

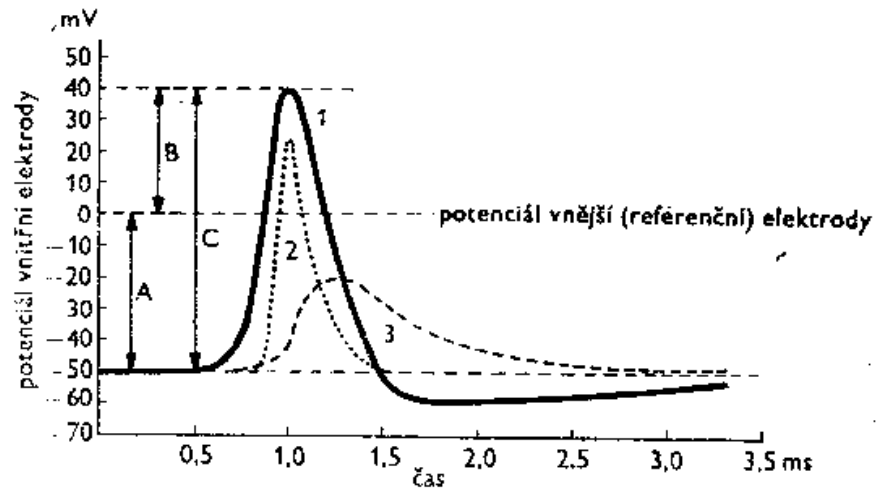
- vzruch - projev činnosti nervové soustavy
- informace je kódována frekvencí a počtem vzruchů
- na membráně každé buňky, tedy i neuronu, je v klidu nerovnoměrné rozložení iontů a náboje (polarizace membrány, klidový potenciál)
- vně buňky je vyšší koncentrace  $\text{Na}^+$ , uvnitř  $\text{K}^+$
- 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  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Na}^+$  vnikají dovnitř neuronu, tím se mění i rozložení náboje na membráně (depolarizace membrány, akční potenciál)
- po podráždění se zvýší propustnost membrány pro  $\text{K}^+$ ,  $\text{K}^+$  unikají z neuronu po koncentračním i potenciálovém spádu a obnoví tak rozložení náboje na membráně (depolarizace membrány)
- původní rozložení iontů  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$  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.

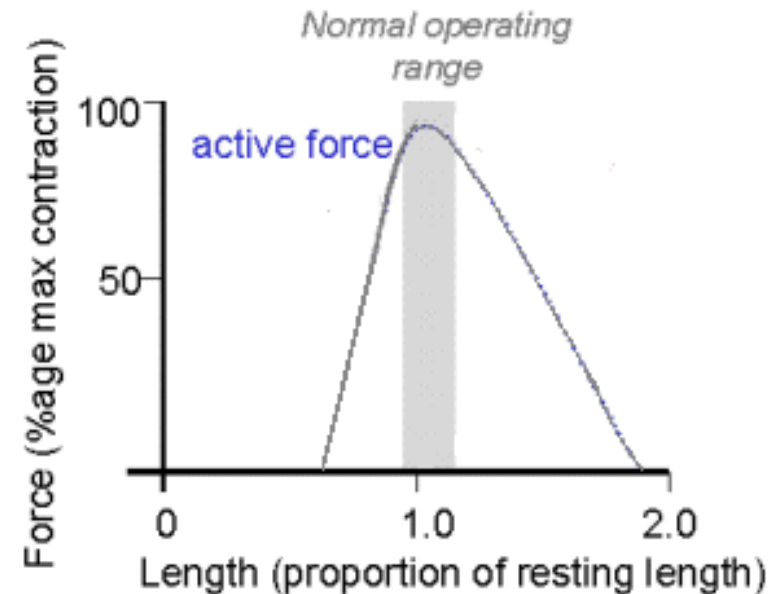
Př. Průběh akčního potenciálu nervu snímaného elektrodami zavedenými do vnitř nervového vlákna a na vnější stranu membrány.

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



# Kontraktilita svalu

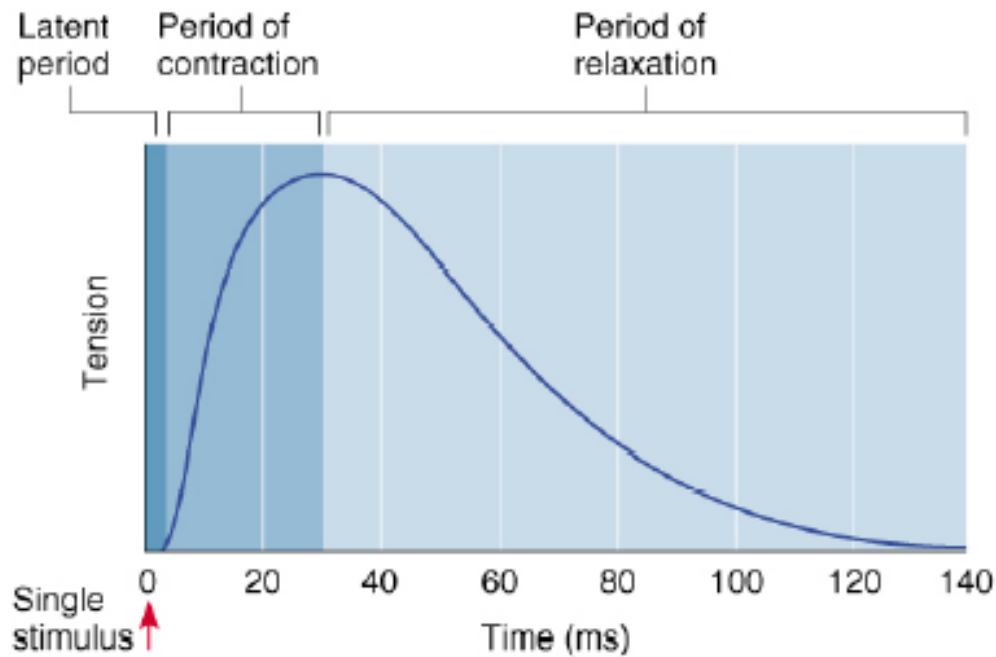
- sval
  - nashromážděná chemická energie → mechanická práce
  - mechanická práce – stah = kontrakce
  - podnět – nervové nebo přímé podráždění svalu
- tonus
  - za normálních okolností je sval v určitém napětí (stálé nervové vzruchy)
- svalová kontrakce
  - podnětem jsou častější nervové vzruchy
- fibrily
  - 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



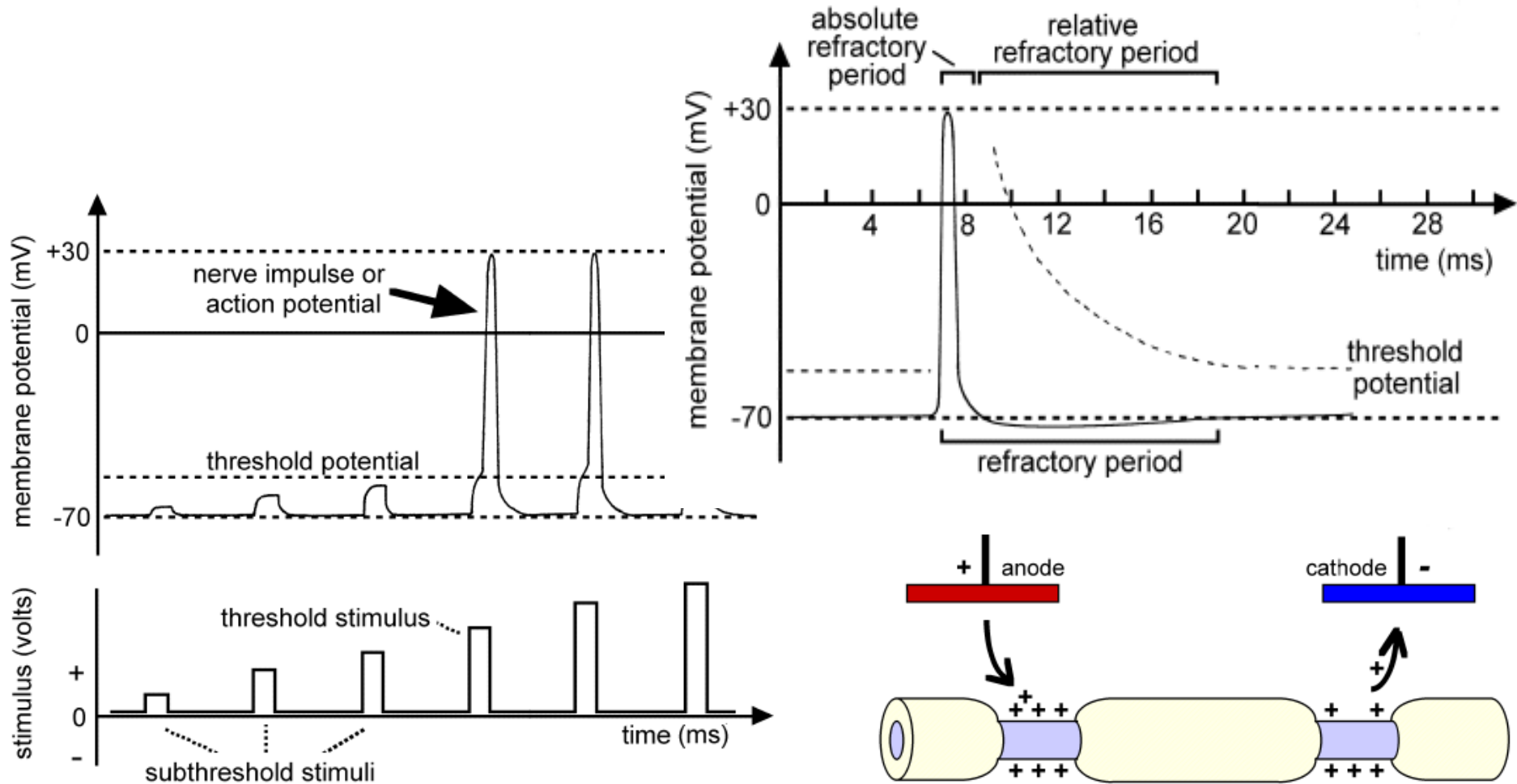
(a)

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

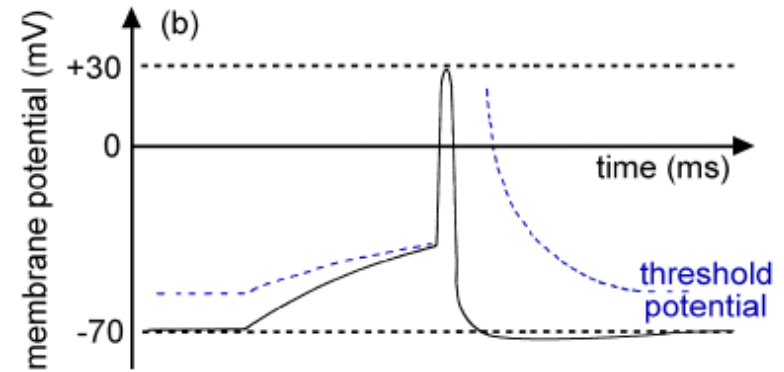
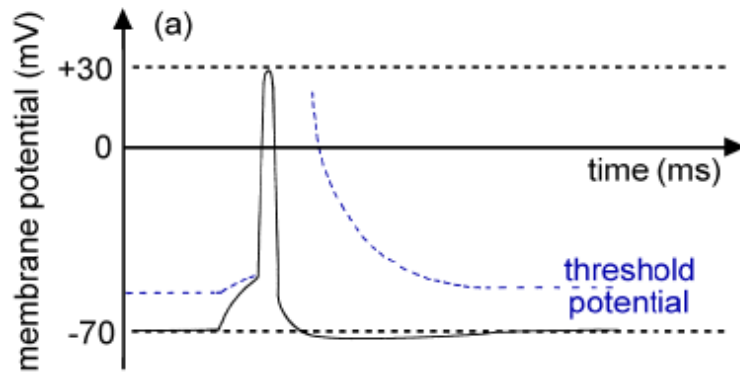
- **latentní perioda** – během první poloviny je tonus (napětí) i délka svalu stejná, ve druhé polovině dochází ke snížení napětí svalu – latentní uvolnění
- **kontrakce** – dochází ke smrštění svalu nebo změna napětí na svalu
- **relaxace** – uvolnění
  
- průběh charakteristiky se liší podle svalových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



# Stimulace nervů a svalstva

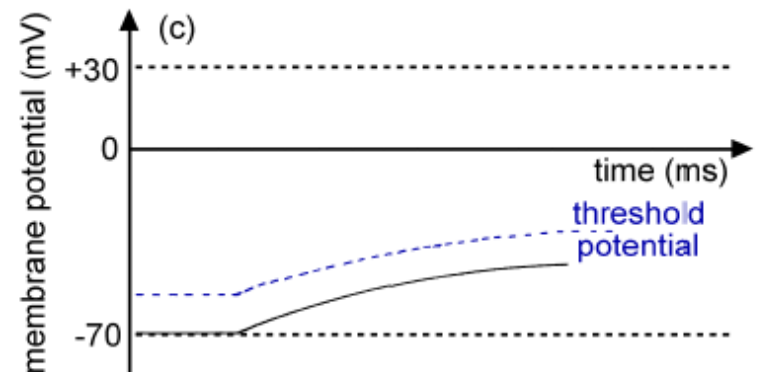


# Stimulace nervů a svalstva



Stimulace závisí na:

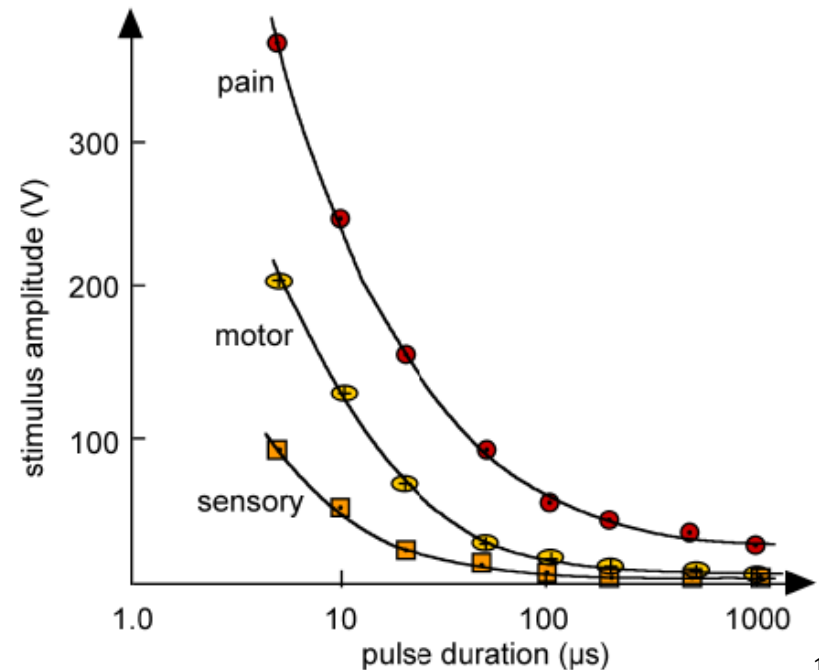
- velikosti stimulačního impulsu
- délce stimulačního impulsu
- opakovací frekvenci pulsů



# 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:  $0,1\text{mA}/\text{cm}^2$

- aplikace nf proudu (1-1000Hz):  $1\text{mA}/\text{cm}^2$

- aplikace středofrekvenční proudy (1-100kHz), TENS:  $10\text{mA}/\text{cm}^2$

- maximální absolutní proud

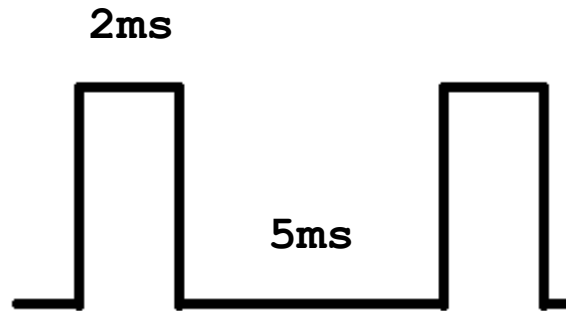
- $I_{max} = S_{elektrody} \times J_{max}$

př. klidová galvanizace:

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

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

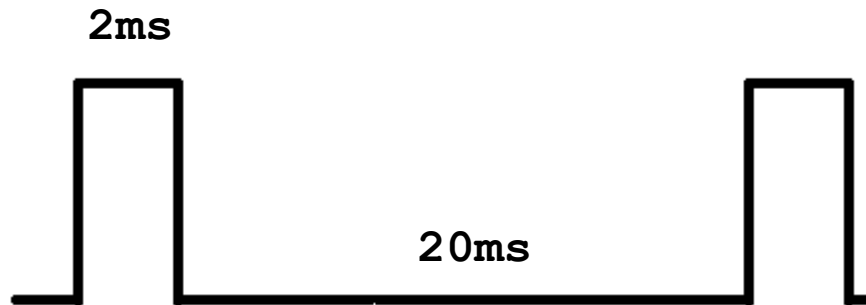
# Stimulace nervů a svalstva – nf proudy



**trabertův proud**

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

- aplikace při
- posttraumatické bolesti,
  - revmatické bolesti

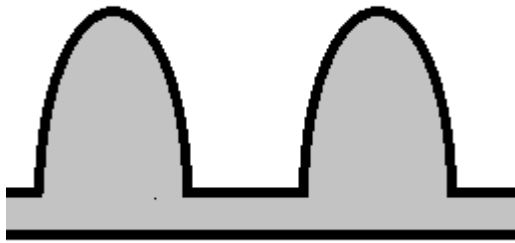


**faradayův proud**

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

- aplikace při
- myostimulace, bez frekvenční nebo amplitudové modulace je nepříjemný

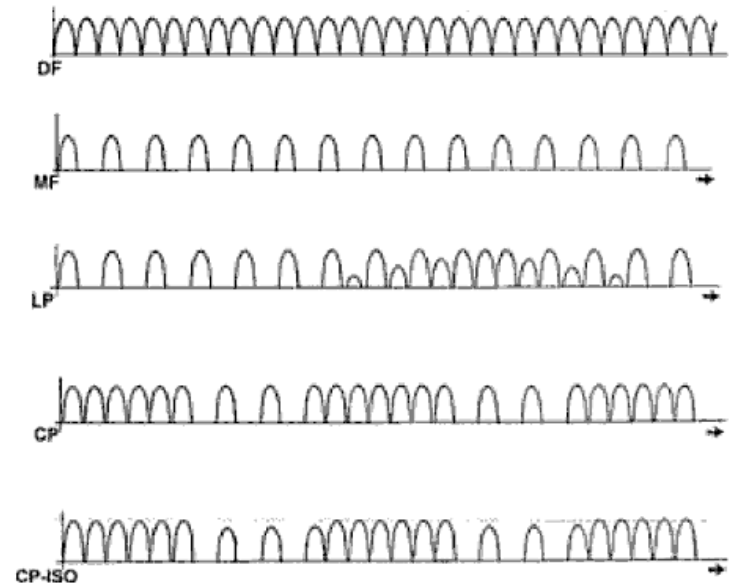
# Stimulace nervů a svalstva – nf proudy



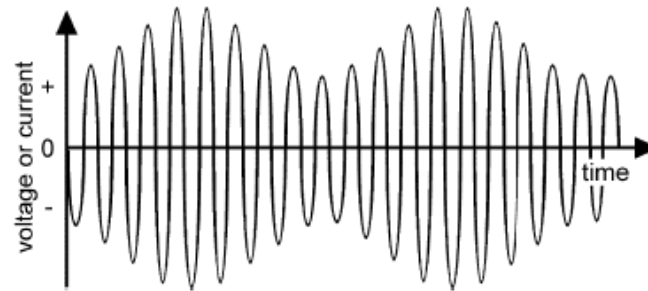
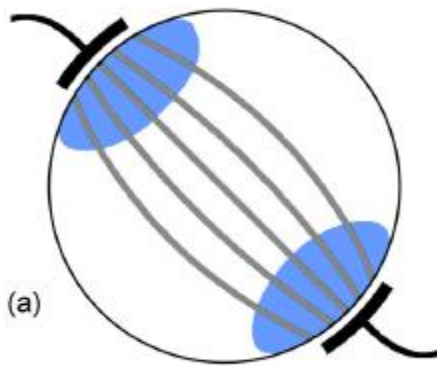
diadynamické proudy

dvě složky

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

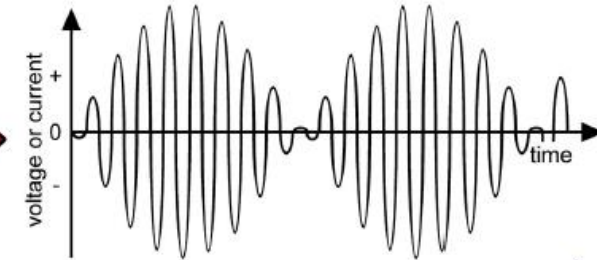
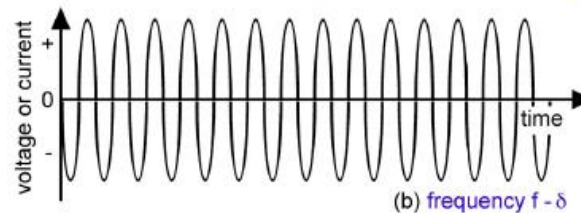
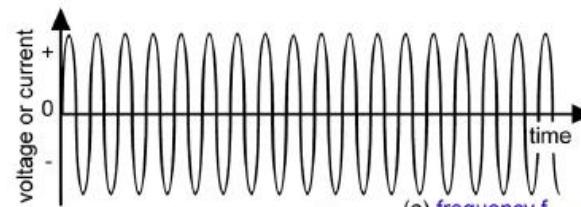
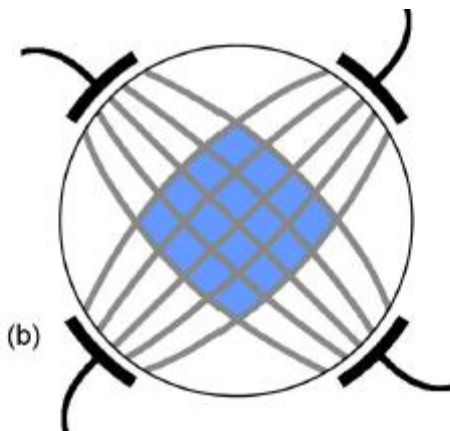


# Stimulace nervů a svalstva – střední proudy

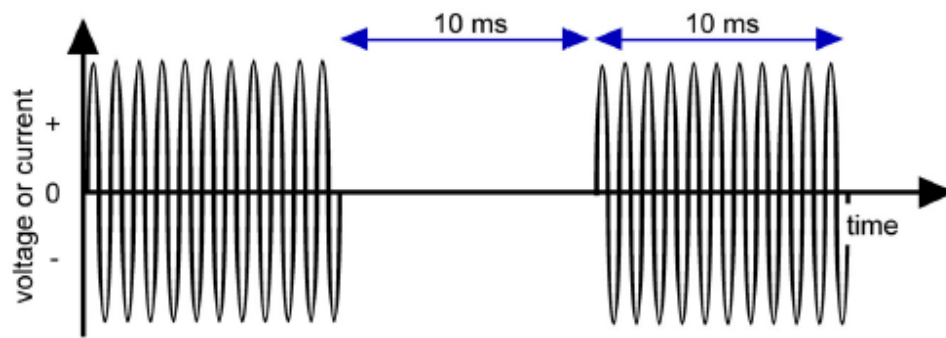


interferenční proudy

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



# Stimulace nervů a svalstva – střední proudy



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

ruské proudy



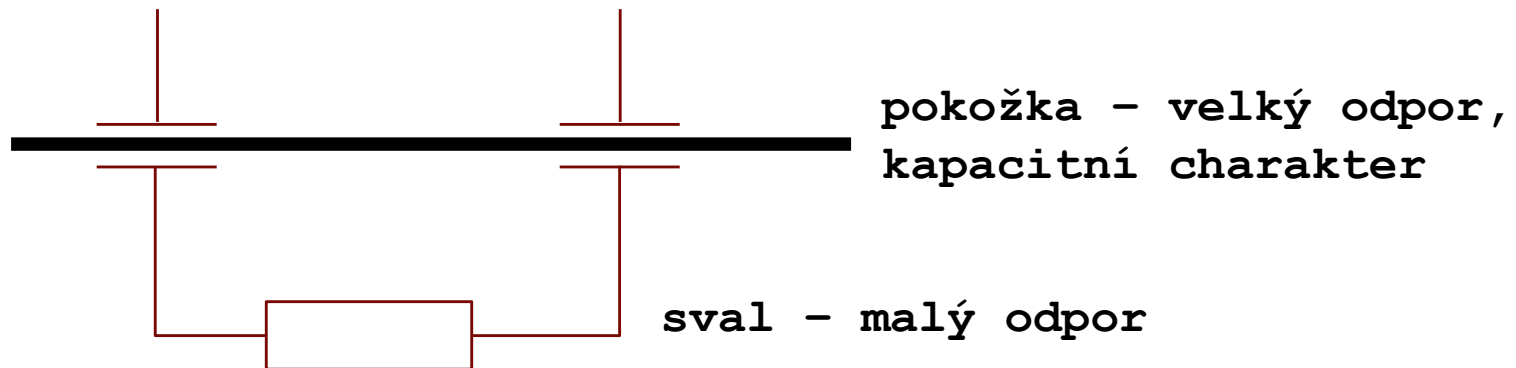
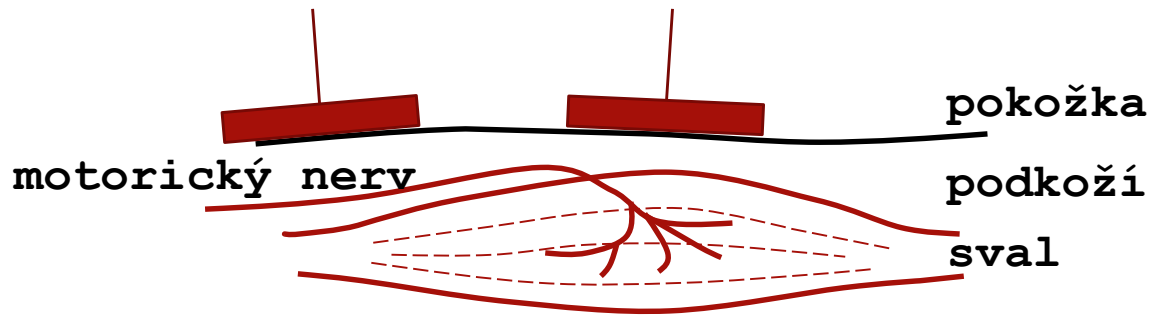
# Transkutánní aplikace

## 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

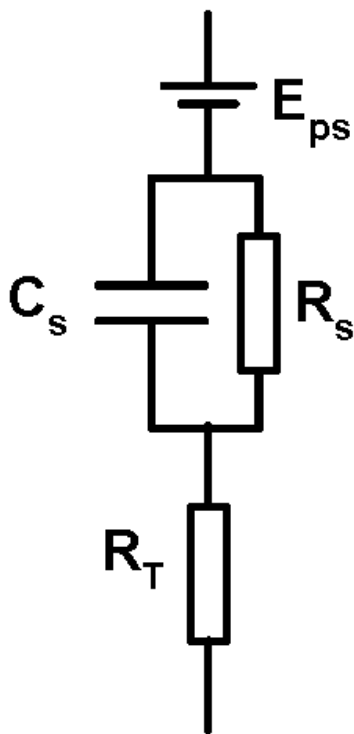


# Princip transkutánní elektrické stimulace

- 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  $\mu F$ )
- hlubší vrstvy kůže představují odpor  $R_T$  (poměrně nízký)

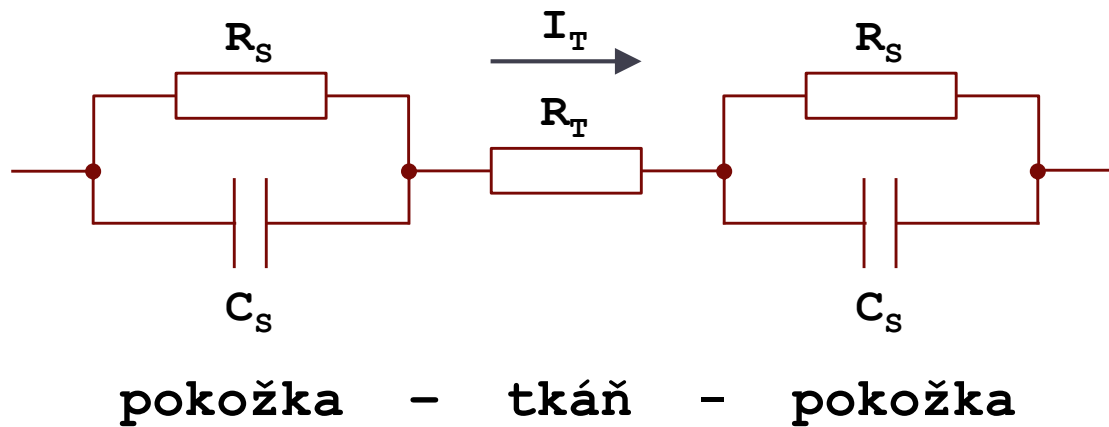
Samotný odpor kůže se mění od  $0.5k\Omega$  do  $100-500k\Omega$  (pro **velmi** suchou kůži).

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

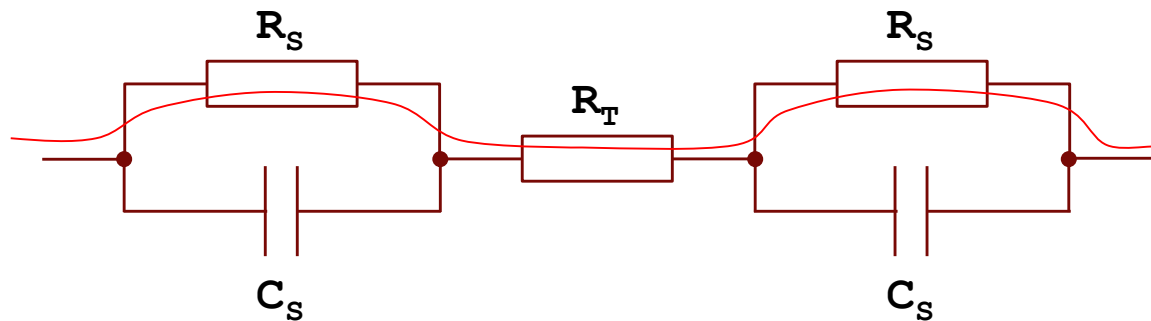
Dále se může v tomto schématu projevit vliv potních žláz – podobný obvod, paralelně zapojený.

# Princip transkutánní elektrické stimulace

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



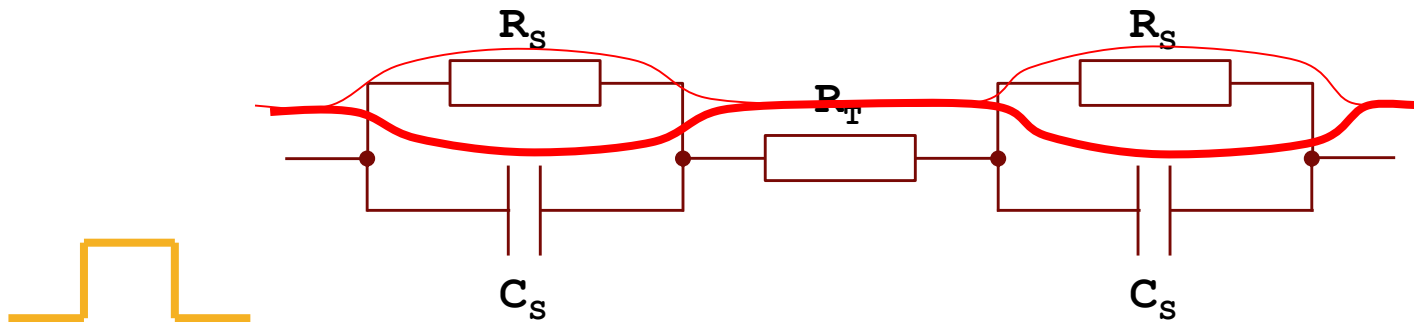
# Výpočet stimulačního impulsu - příklad



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

# Výpočet stimulačního impulsu

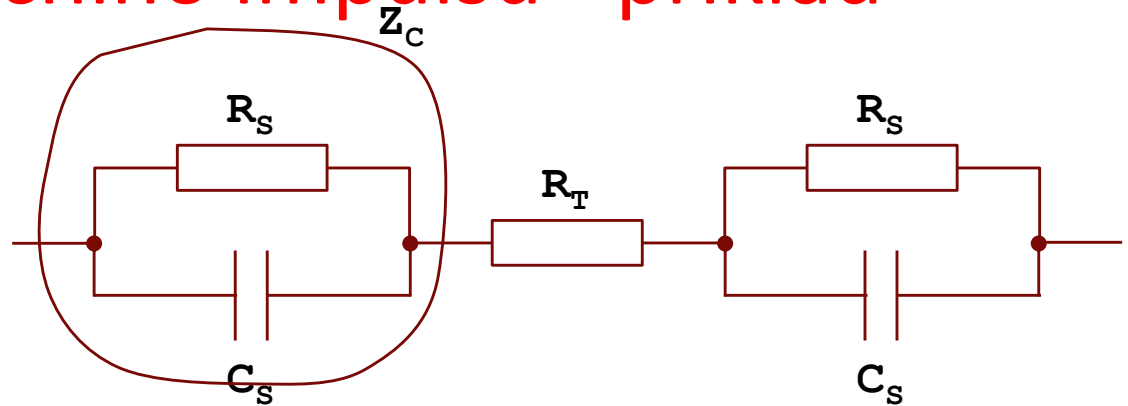
## - příklad



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

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

# Výpočet stimulačního impulsu - příklad



- přiložené napětí:  $U=50V$  – střídavé (st) !!!!!
- $f=50\text{Hz}$ :  $Z_C=6400 \Omega$ ,  $Z=864 \Omega$ ,  $U_{RT}=5,18V$  ... 10% z  $U$
- $f=500\text{Hz}$ :  $Z_C=640 \Omega$ ,  $Z=390 \Omega$ ,  $U_{RT}=10,2V$  ... 20% z  $U$
- $f=5000\text{Hz}$ :  $Z_C=64 \Omega$ ,  $Z=60 \Omega$ ,  $U_{RT}=31,2V$  ... 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  $25 \div 100$   $\mu$ s, dobou temene  $600 \div 700$   $\mu$ 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

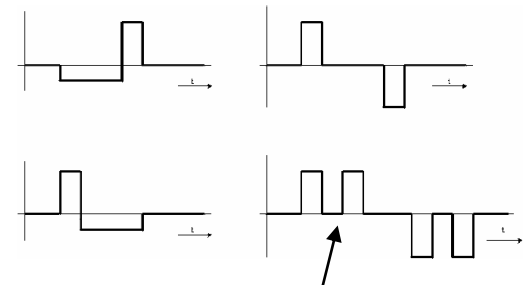
impulsy různé polarity

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.



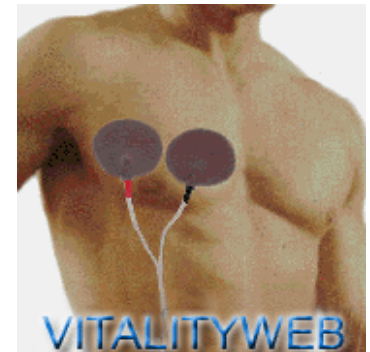
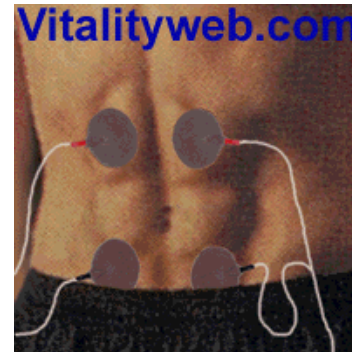
**Tab. 5.3** *Orientační hloubka působení různých metod fyzikální terapie*

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

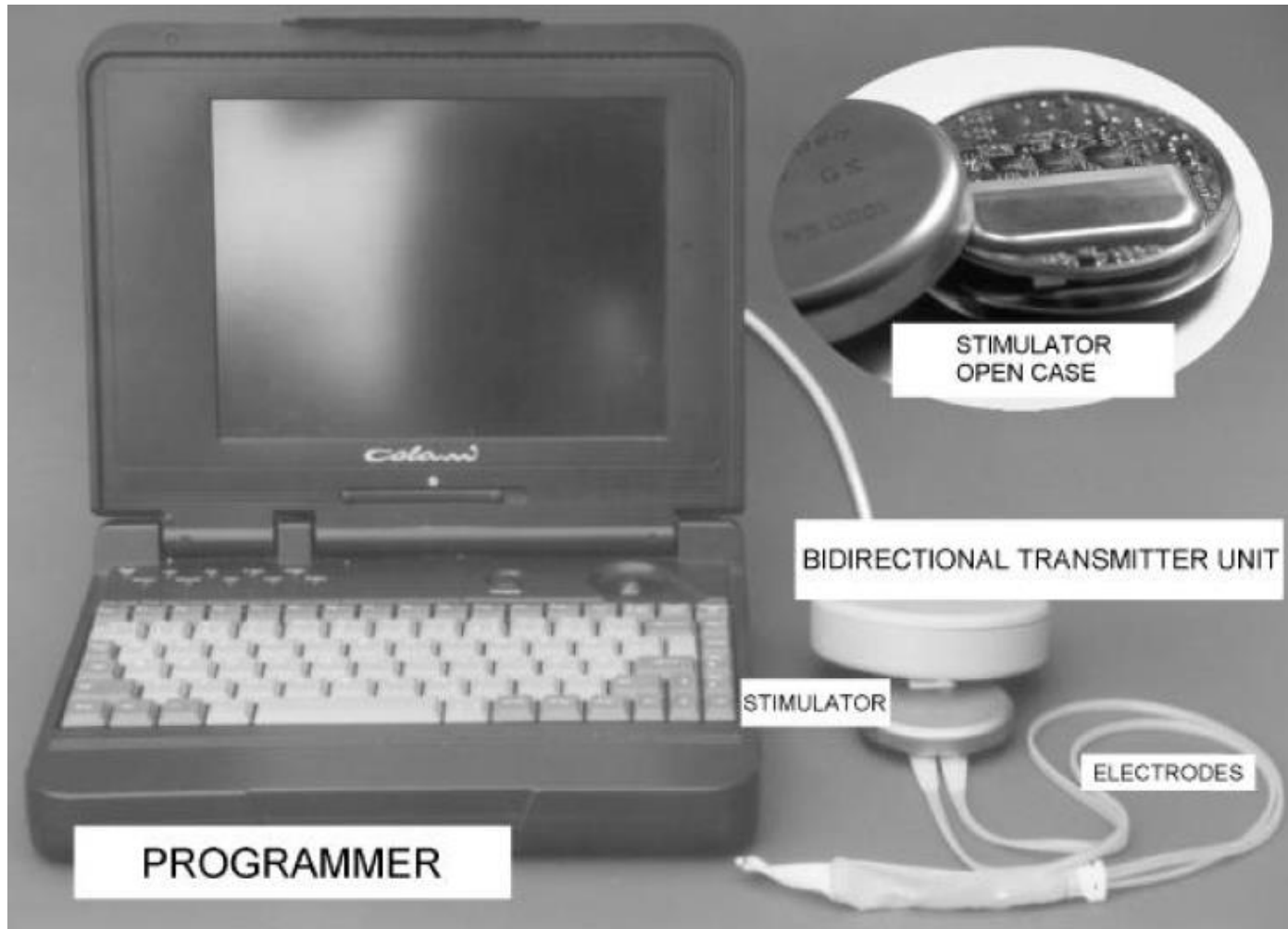
potřebný příkon implantátu - stovky mW.

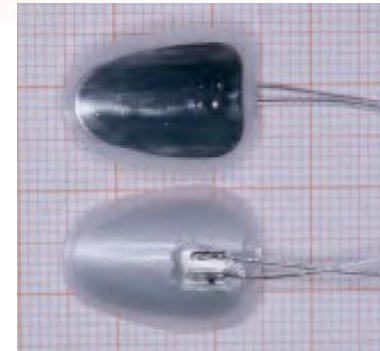
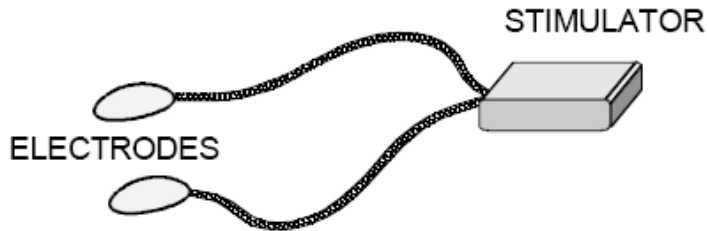
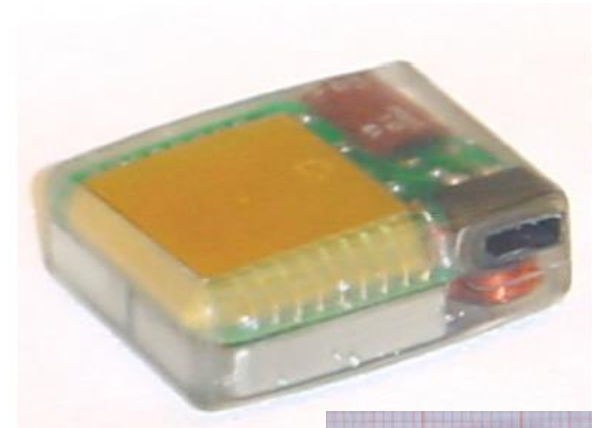
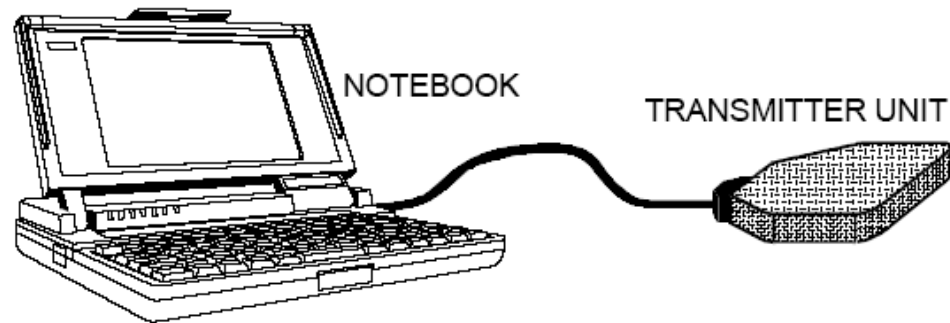
stimulační elektrody - monopolární nebo bipolární provedení,

stimulační impulsy - bifázické buzené ze zdroje konstantního proudu.



# Implantabilní neuromuskulární stimulátory





Stimulation Amplitude	max. 10 mA (40 $\mu$ 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 $\Omega$

# 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

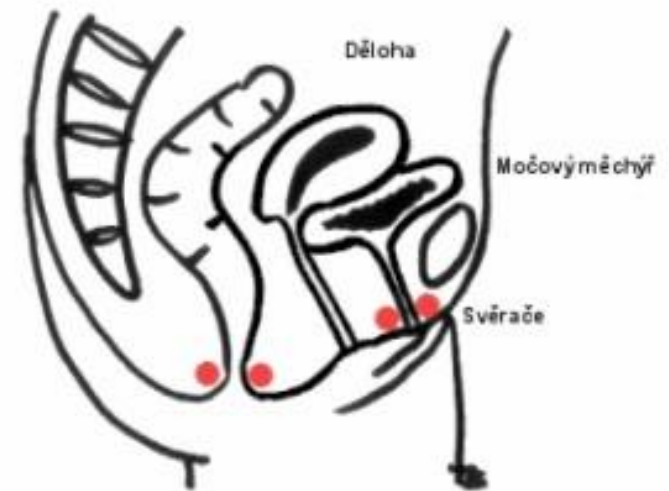
- nepřímá stimulace pelvických nervů
  - impulsy o velikosti  $5 \div 10\text{mA}$ ,
  - šíři  $7\text{ ms}$
  - opakovací frekvenci  $15\text{Hz}$  po dobu  $10\text{s}$
  - dojde ke zvýšení tlaku v močovém měchýři na více než  $6\text{ kPa}$  → překonání tonického odporu sfinkteru (svěrače) a vyprázdnění 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
  - pasívní 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 svěračí,
  - indiferentní elektroda 100 cm<sup>2</sup> 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 cm<sup>2</sup> 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

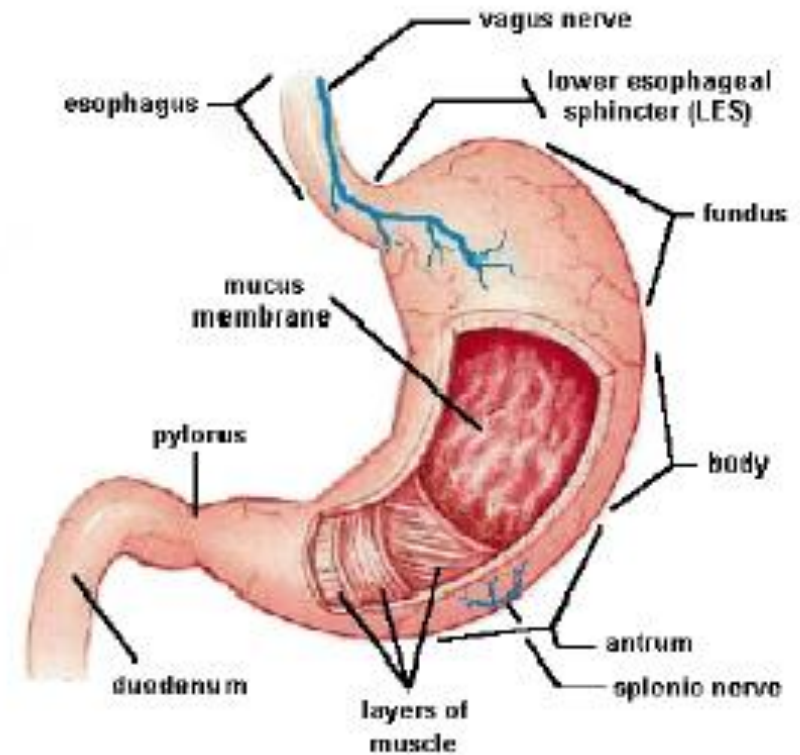
# Gastrostimulátory

- stimulace gastrointestinálního (zažívacího) traktu
- šíření stahů v hladkém svalstvu - 3 m/s
- velká síla kontrakce
- [činec 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](http://www.cpmc.org/services/gi/services/gastric_electrical_stim.pdf)

gastrostimulátor