

Medicinski elektronski sistemi

Profesor: Prof.dr. Milunka Damnjanović

Asistent: Mr. Borisav Jovanović

Uvod

- Membranski i akcioni potencijal
- Elektroterapija – bazične informacije
- Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza
- Razno

Membranski i akcioni potencijal

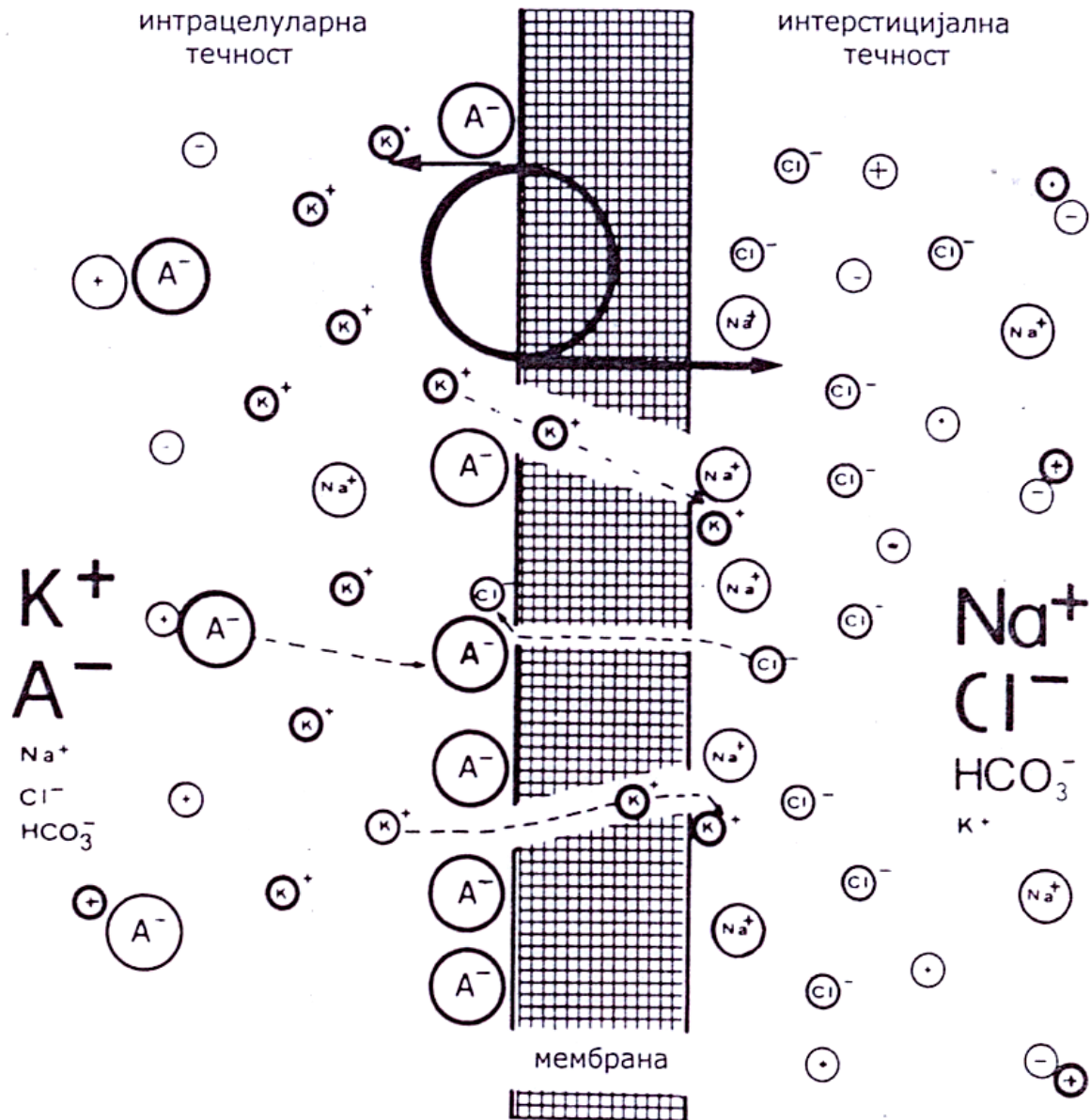
- Membranski potencijal nastaje usled različite koncentracije jona **natrijuma i kalijuma**, nedifuzabilnih anjona i jona hlora u ćeliji i van ćelije
- Kroz membranu se joni prenose difuzijom (usled gradijenta koncentracije) i aktivnim transportom (posredstvom jonske pumpe)

N - difuzioni potencijal

Nerstova jednacina

$$N = \pm 61 \cdot \log \frac{\text{Koncentracija unutra}}{\text{Koncentracija spolja}}$$

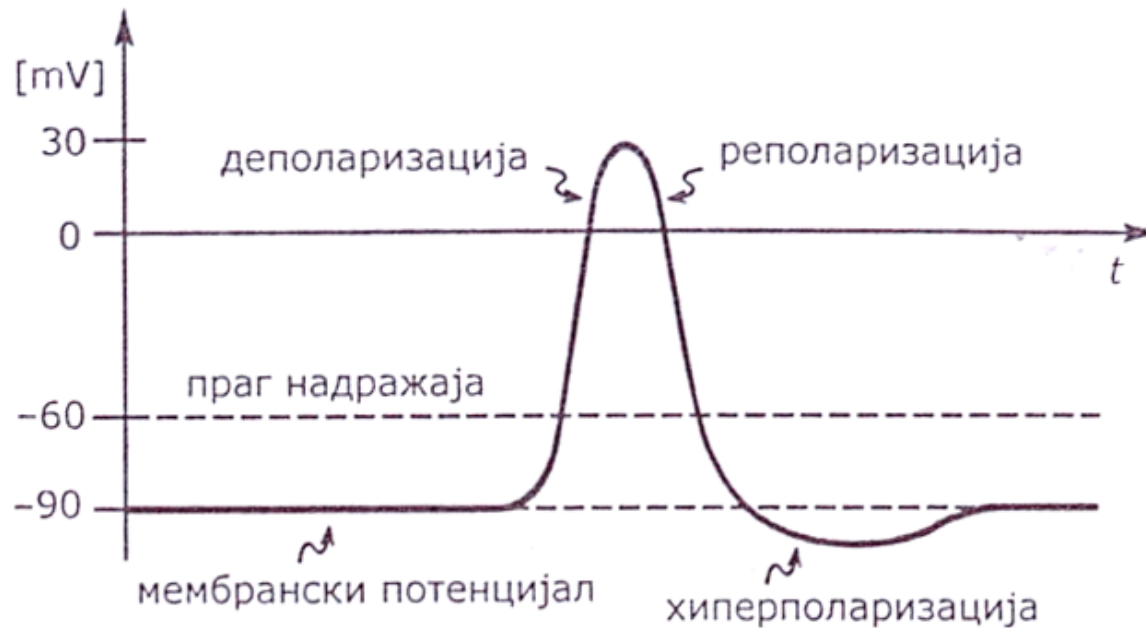
Membranski i akcioni potencijal



Sl.1
Raspored
jona na
ćelijskoj
membrani

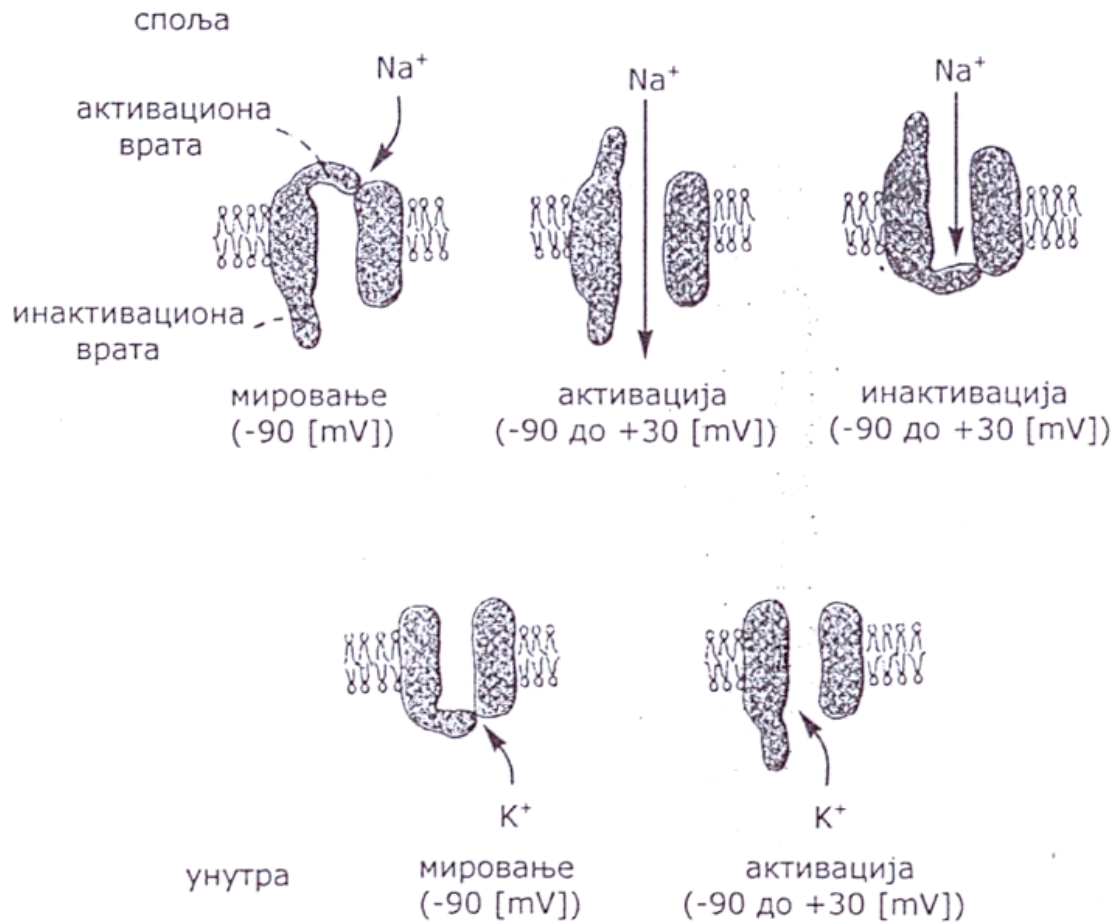
Membranski i akcioni potencijal

- Akcioni potencijal nastaje tokom akcije nervne ili mišićne ćelije
- Sastoji se iz faza depolarizacije i repolarizacije
- Tokom faze depolarizacije otvaraju se natrijumski naponsko zavisni kanali u membrani
- Tokom repolarizacije – kalijumovi naponsko-zavisni kanali



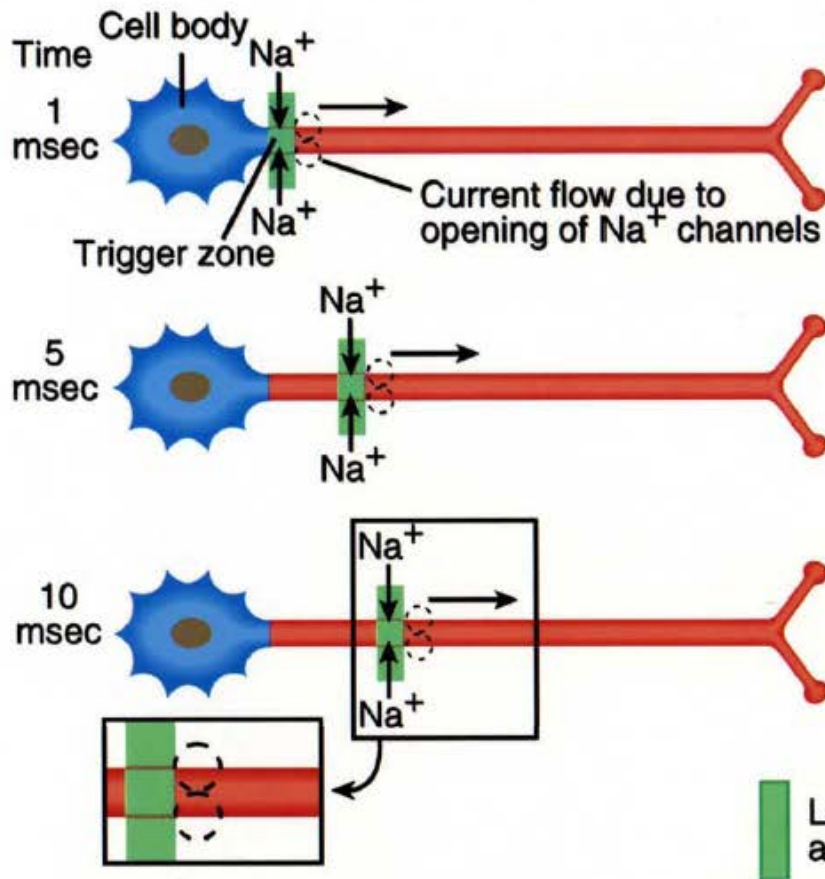
Sl.2 Membranski i akcioni potencijal

Membranski i akcioni potencijal

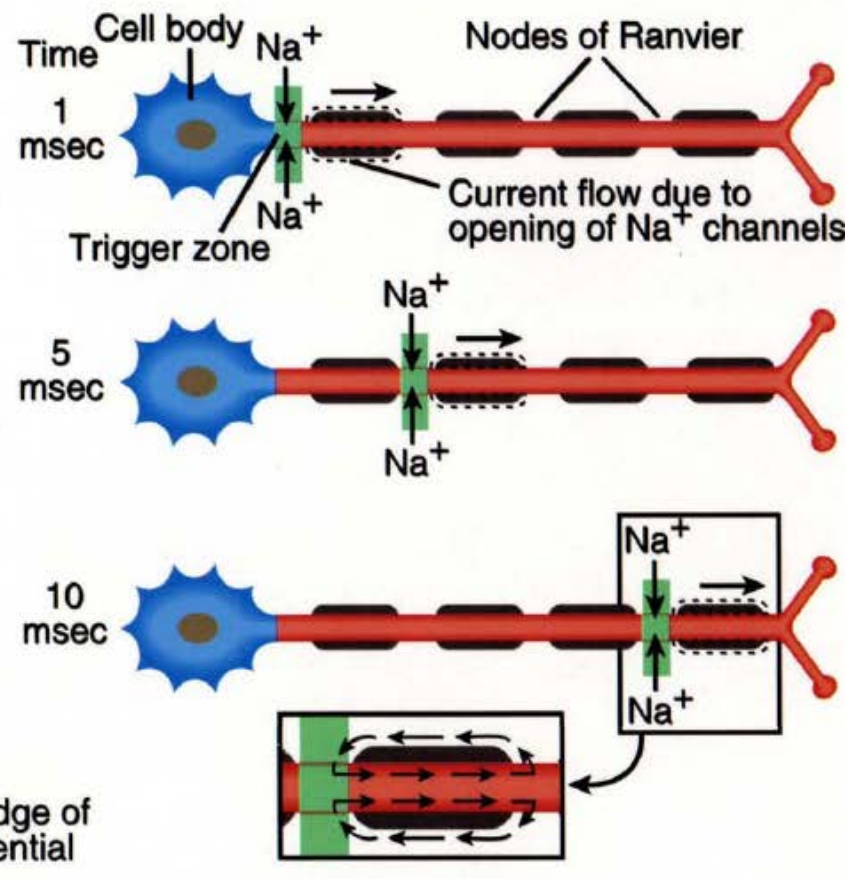


Sl.3 Naponsko zavisni natrijumski i kalijumski kanali

Membranski i akcioni potencijal



(a) Continuous conduction



(b) Saltatory conduction

Elektroterapija – bazične informacije

1. Klasifikacija

Modaliteti električne struje koji se koriste u lečenju mogu se podeliti na tri osnovne grupe:

- Jednosmerna konstantna (galvanska)
- Naizemnična
- Impulsna struja

2. Deskriptori terapijskih struja

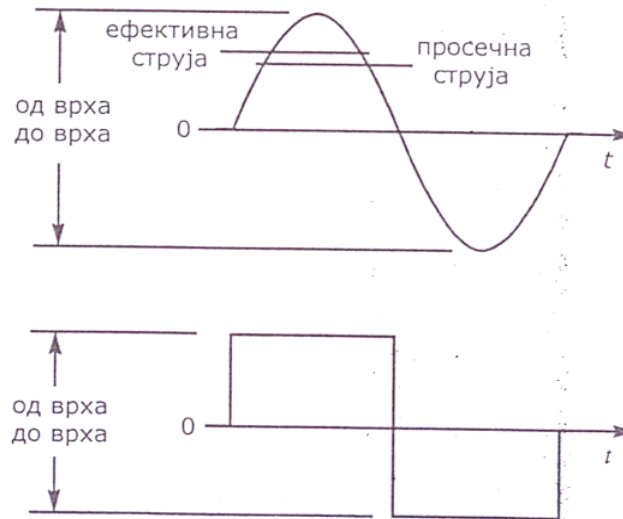
- Impuls – samo za impulsne struje
- Ciklus – za naizmenične
- Faza – osnovni deskriptor za impulsne i naizmenične struje

Naizmenične struje su dvofazne, impulsne mogu da budu monofazne ili dvofazne.

Vremenski parametri:

- Trajanje faze
- Trajanje impulsa

Elektroterapija – bazične informacije



Слика 4.1. Синусоидни и правоугли наизменични импулси

Amplitudni parametri:

- Amplituda struje (A, mA, uA), napona (V, mV, uV itd.)
- Vršna amplituda
- Amplituda od vrha do vrha (peak-to-peak)
- Srednja kvadratna amplituda RMS (Efektivna vrednost)

Za impulse struje efektivna vrednost je: $RMS = q * f$

Elektroterapija – bazične informacije

Oblik impulsa:

- Jednofazni impulsi: polusinusoidni, pravougli, trouglasti
- Dvofazni: sinusoidni, pravougli, mogu da budu i trouglasti, u obliku slova H itd.

Podela dvofaznih impulsa:

- simetrični i asimetrični
- balansirani i nebalansirani

Površina faze predstavlja količinu naelektrisanja

Balansirani su elektrohemijski neutralni

Elektroterapija – bazične informacije

Količina naelektrisanja

- pravougli impuls $q = I \cdot t$
- sinusoidalni impuls $q = I \cdot \frac{2t}{\pi}$

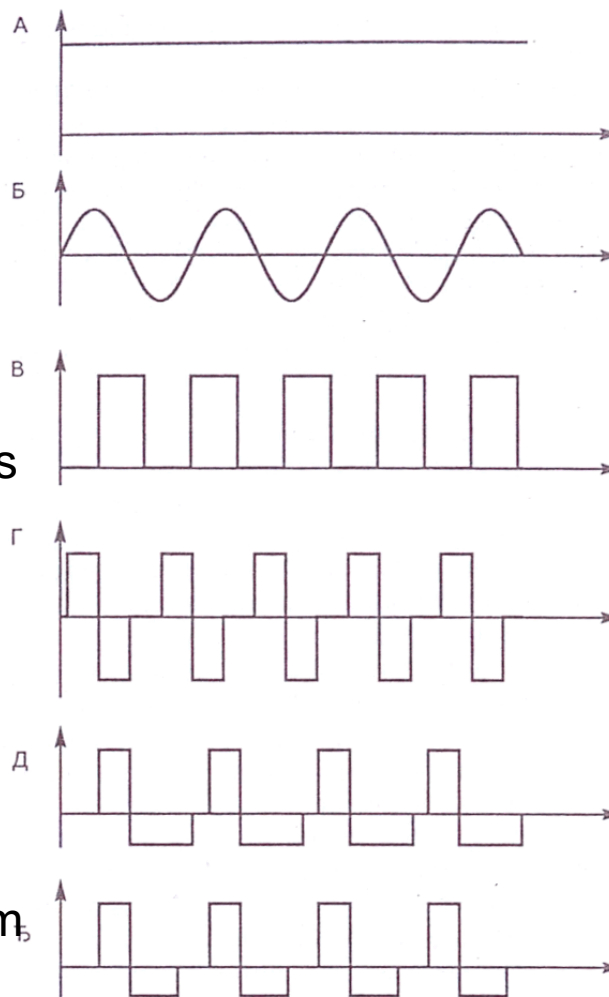
Vršna amplituda $I=50\text{mA}$ i trajanje faze $t=200\mu\text{s}$

$$q = 0.05 \times 200 = 10 \mu\text{C}$$

$$q = \frac{0.05 \cdot 400}{3.14} = 6.35 \mu\text{C}$$

Vreme porasta i opadanja impulsa

- Akomodacioni impulsi – sa sporom rastućom ivicom



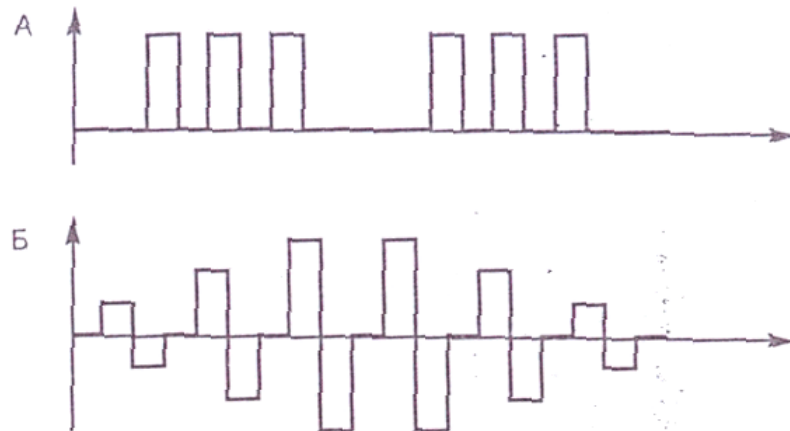
Слика 4.2. Модалитети терапијских струја: А – једносмерна константна (галванска) струја; Б – наизменична синусоидна струја; В – монофазни правоугли импулси; Г – бифазни правоугли симетрични импулси; Д – бифазни правоугли асиметрични балансирани импулси; Ђ – бифазни правоугли асиметрични небалансирани импулси

Elektroterapija – bazične informacije

3. Modulacija

4. Ciklusni učinak

$$Duty\ cycle = \frac{on\ time}{on\ time + off\ time}$$



Слика 4.3. Модулисани импулси: А – временски; Б – амплитудно

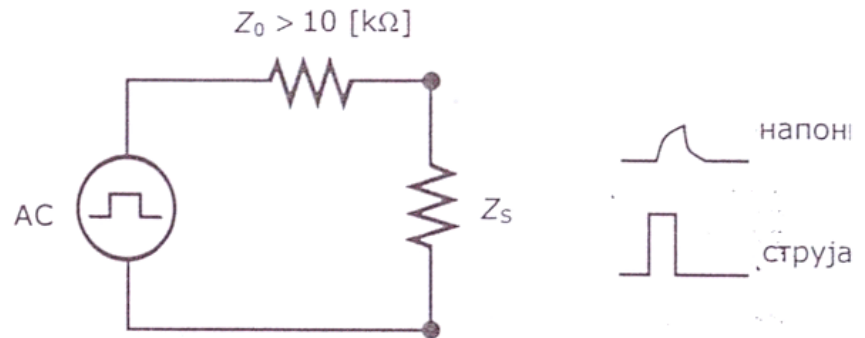
5. Osnovni biofizički efekti

Elektroterapija – bazične informacije

6. Impedanca kože

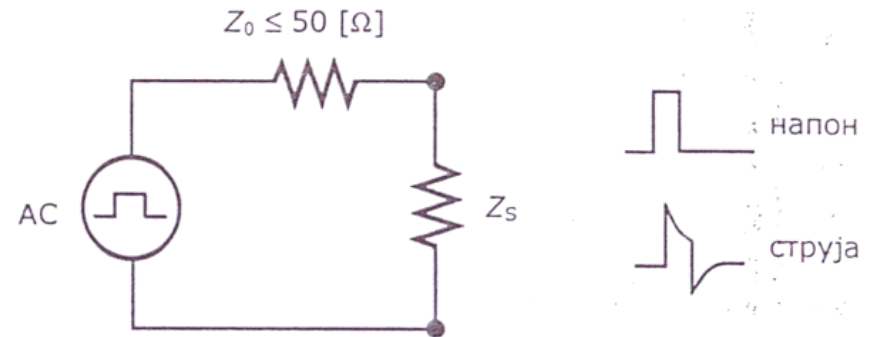
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$



Слика 4.4. Коло с константном излазном струјом

7. Stimulatori



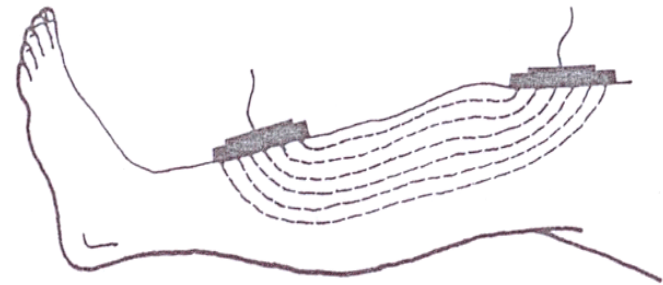
Слика 4.5. Коло с константним излазним напонем

Elektroterapija – bazične informacije

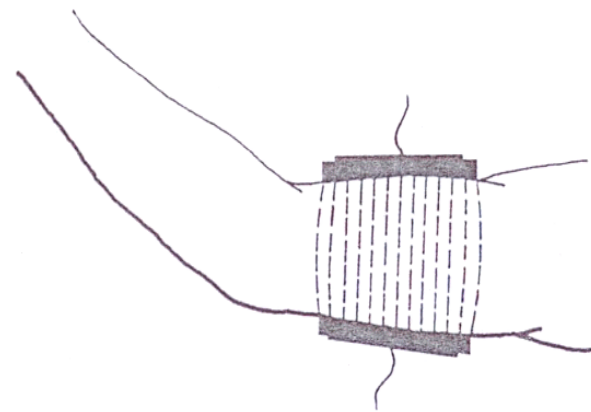
8. Elektrode i aplikaciona tehnika

9. Električni šok i mere sigurnosti

- Električni šok izazvan strujom iz glavnog odvoda
- Kardiopulmonalna reanimacija
- Sigurnost uređaja
- Električni šok ili oštećenja izazvana terapijskim strujama



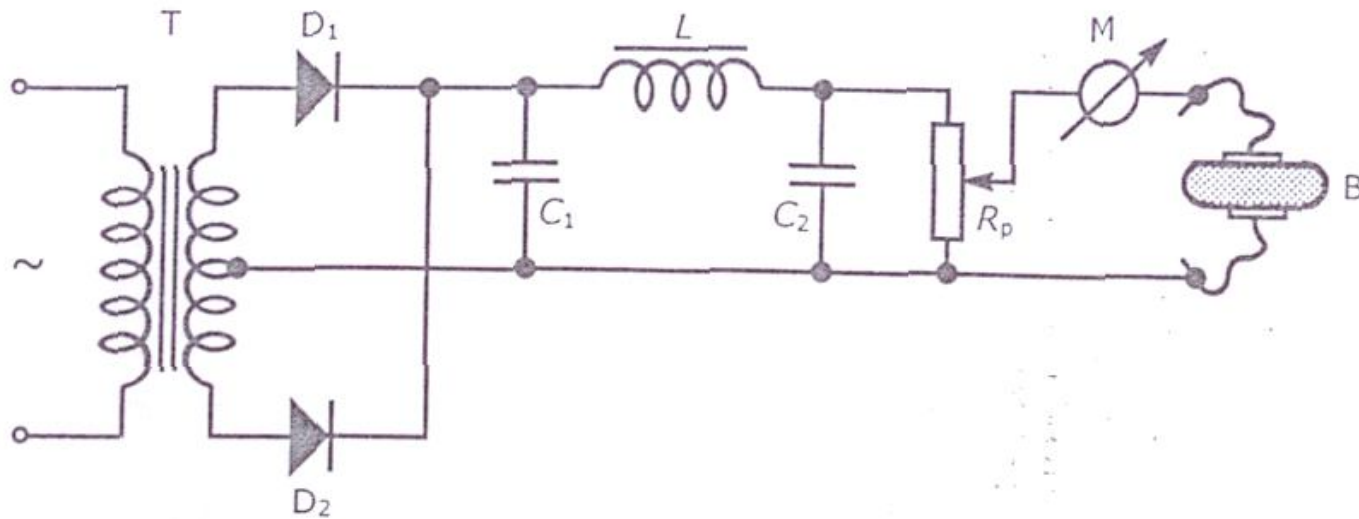
Слика 4.6. Копланарни или лонгитудинални положај електрода



Слика 4.7. Контрапланарни или трансверзални положај електрода

Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza

1. Izvori



Слика 5.1. Упрошћена схема уређаја за галванску струју:
Т - трансформатор; D₁ и D₂ - полупроводничке диоде; C₁ и C₂ - кондензатори; L - самоиндукциони калем; R_p - потенциометар;
М - мерни инструмент

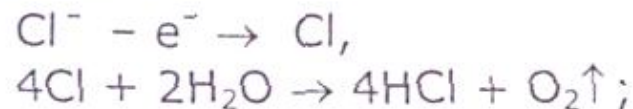
Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza

2. Biofizički osnovi dejstva

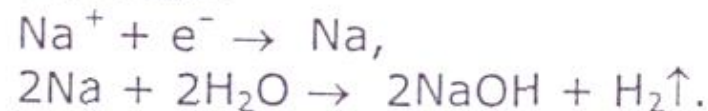
Čovekov organizam predstavlja složeni rastvor elektrolita. Deo rastvorenih soli elektrolitički je razložen na jone. Kada se čovekov organizam uključi u kolo galvanske struje nastaje kretanja naelektrisanih čestica prema elektrodama. Ta pojava se zove elektroforeza.

Od svih elektrolita najviše ima soli NaCl, tako da se struja najviše prenosi jonima Na⁺ i Cl⁻. Kada Na⁺ dođe na katodu, dodaje mu se jedan e⁻, i nastaje atom Na koji je hemijski aktivan. Slično, kada jon Cl⁻ dođe na anodu, postaje atom Cl. Oni stupaju u reakciju sa vodom. Rezultat je nastanak hlorovodonične kiseline i natrijum-hidroksida.

a) на аноди:



b) на катоде:



Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza

- Električna provodljivost tkiva zavisi od sadržaja tečnosti u njima i utoliko je veća ukoliko tkiva sadrže više jona i ukoliko je otpor pri njihovom kretanju manji.
- Struju dobro provode krv, limfa, cerebro-spinalna tečnost.
- Slabi provodnici su kosti, koža, tetive.
- Struju ne provodi sloj suve kože, nokti i dlake.
- Kroz kožu struja dobro prolazi kroz kanale znojnih žlezda a manje kroz kanale lojnih žlezda.
- Struja, savladavši otpor kože ide linijom manje električne otpornosti – kroz krvne i limfne sudove, duž mišića i živaca znatno skrećući od prave linije koja spaja elektrode

Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza

3. Fiziološko i terapijsko dejstvo

- U predelu elektroda menja se nadražljivost i provodnost tkiva – elektrotonus. U predelu anode nastaje hiperpolarizacija membrane ćelija, membranski potencijal se povećava i nadražljivost i provodljivost se smanjuje – anelektrotonus.
- U predelu katode nastaje hipopolarizacija membrane, membranski potencijal se smanjuje a nadražljivost i provodnost se povećavaju – katelektrotonus.
- Konstantni tok struje ne deluje nadražajno na motrone nervne ćelije i mišiće. Mišićne kontrakcije nastaju samo pri otvaranju i zatvaranju toka struje, kao i pri naglom povećavanju ili smanjivanju jačine struje
- Galvanska struja izaziva hiperemiju u koži i dubljim tkivima kroz koje prolazi i smanjuje bol. Smanjuje se otok i zapaljenski proces. Potpomaže odstranjivanju faktora koji stvaraju bol tako što galvanska struja deluje na senzorne završetke u koži.
- Negativna reakcija – osip na koži

Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza

4. Aplikaciona tehnika i doziranje

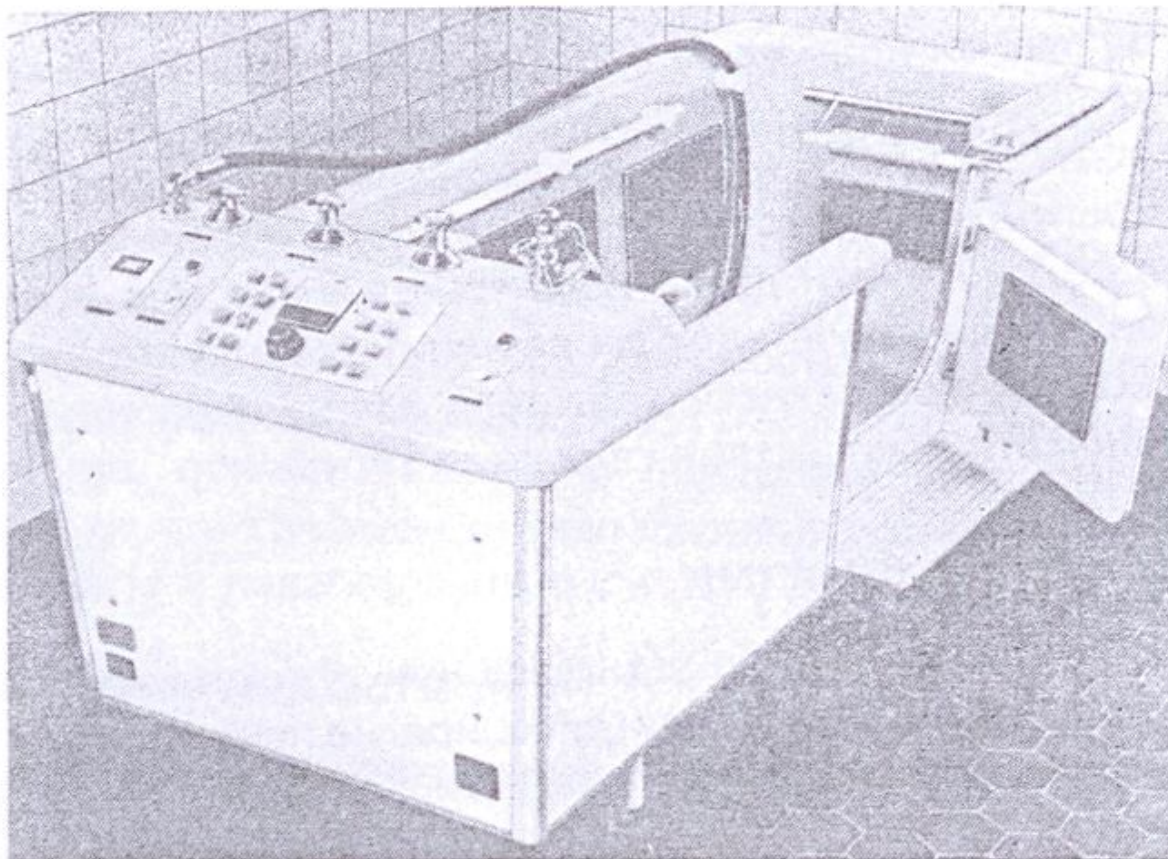
- Galvanska struja primenjuje se pomoću gumenih elektroda impregnisanih ugljenikom i aluminijumskih ili kalajnih ploča debljive 0.25-0.5mm. Između elektroda i kože stavlja se viskozni sunđer ili hidrofilna gaza debljine 1cm koji se napone toplom vodom, iscede se i stave na ciljno područje. Viskozni sunđer i hidrofilna gaza trebaju da budu veći od elektroda i da bar za 1cm prelaze ivice elektroda. Elektrode se fiksiraju pomoću traka ili kaiševa.
- Galvanska struja primenjuje se bipolarno (obe elektrode su iste veličine) ili monopolarno (manja elektroda je aktivna i stavlja se na ciljno područje a veća elektroda je disperzivna i stavlja se dalje od ciljnog područja)
- Elektrode se stavljaju tako da struja teče kroz ciljna tkiva a položaj elektroda može da bude transversalan ili longitudinalan
- Osnovni elementi za doziranje su jačina struje u miliamperima i površina elektrode u cm^2 . Površina se računa prema veličini sunđera tj. prema gazi. Gustina struje treba da bude od 0.01 do 0.3mA/cm². Za doziranje važniji je subjektivni osećaj, treba da se oseća blago peckanje a ne bol i pečenje.ž
- Trajanje seanse traje od 10 do 30 min.

Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza



Слика 5.5. Четвороћелијске купке (Unbescheiden GmbH, Baden-Baden)

Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza



Слика 5.6. Хидрогалванска када (Unbescheiden GmbH, Baden-Baden)

Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza

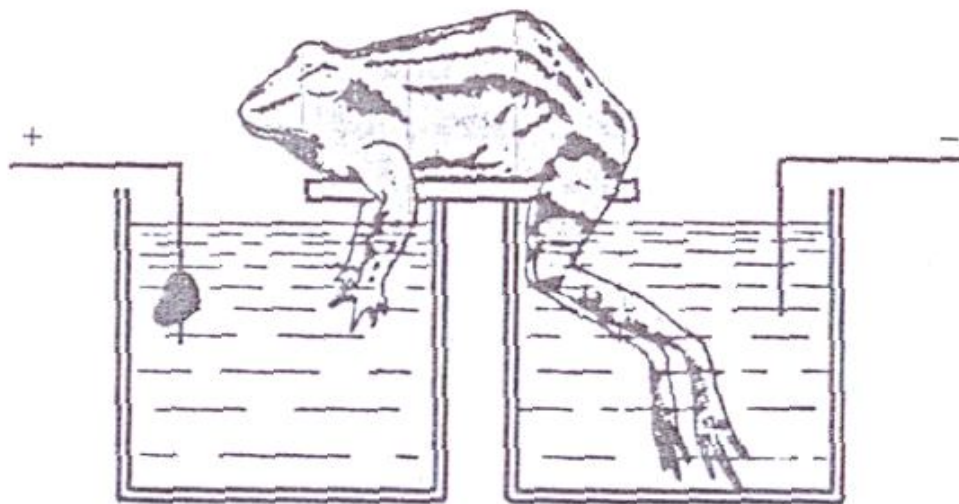
5. Jontoforeza

- Jontoforeza ili elektroforeza je elektrohemijski postupak unošenja lekova u organizam posredstvom jednosmerne konstantne ili jednosmerne impulsne struje srednje frekvencije.



Слика 5.7. Ледигов оглед

Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza



Слика 5.8. Еншов оглед

Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza

6. Bazični mehanizmi jontoforeze

- Da bi se lek uneo jednosmernom strujom u organizam, potrebno je da se u rastvoru disocira na jone, a može se uneti samo na one elektrode koja ima isti polaritet kao i njegov aktivni ingredijent. Eksperimentalno i klinički utvrditi da li lek zadržava svoja farmakološka svojstva i da li se unosi u dovoljnoj količini da bi delovao terapijski.
- Jontoforezom, lekovi u organizam ulaze kroz izvodne kanale znojnih žlezda a neznatno kroz izvodne kanale lojnih žlezda i folikule dlaka.
- Jedan deo unetog leka deponuje se u epidermu, zavisno od leka a tek posle nekoliko časova difunduje u limfne i krvne sudove. Jedan mali deo leka odmah prelazi u limfu i krv.
- Ako seansa traje dugo, izvesna količina leka se može ustanoviti na suprotnoj elektrodi.
- Umesto galvanske struje sve više se koristi jednosmerna impulsna struja pravougaonog oblika, frekvencije obično 8000Hz, pri tome je otpor kože manji a prodor struje i leka kroz kožu veća.

Elektroterapija – galvanska struja i jontoforeza

- Količina unetog leka zavisi od proizvoda primenjene struje i trajanja primene i obično se izražava u jedinicama miliamper minutama mA min
- U okviru istog broja miliamper minuta, preporučuje se duže trajanje postupka i manja jačina struje, do 5mA. Većina lekova unosi se sa 100-150 mA min, a antibiotici sa 150-200 mA min.