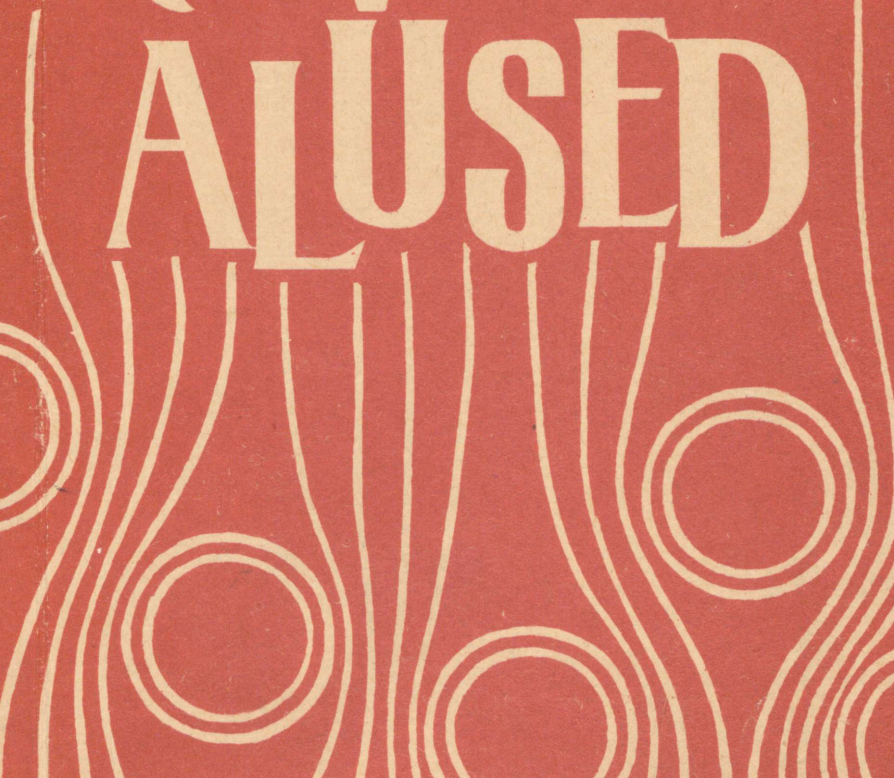


ELEKTER.

RAVI

LIIVIA  
LUTS

ALUSED





NA A-30115

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOI  
Neuroloogia ja neurokirurgia kateeder

L. L u t s

E L E K T E R R A V I  
A L U S E D

028021

TARTU ÜIKOOI  
RAHVAARHIIV

Tartu 1969

N

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu

129820

TARTU ÜLIKOOLI  
RAAMATUKOGU

Elekterravi leiab kaasajal praktilises meditsiinis üha laialdasemat rakendamist. Nii ambulatooriumi kui ka sta sionaari tingimustes on elektrerravil kindel koht konservatiivsete ravimenetluste kompleksis. Käesolev elektrerravi lühikursus püüab täita lünka sellealase eestikeelse kirjanduse osas ning on mõeldud eelkõige abiks Arstiteaduskonna üliõpilastele füsioteraapia üldkursuse omandamisel, samuti arstidele, kes igapäevases ravitöös puutuvad kokku elektrerraviga.

Käesolevas lühikursuses ei ole üksikasjalikumalt peatunud elektrerravi füüsikalise aspektiga seotud põhimõistetele, eeldades füüsika aluste tundmist keskkooli programmi ulatuses.

Elektrienergia rakendamist ravi otstarbeks nimetatakse elekterraviks e. elektroteraapiaks. Elekterraviks kasutatakse alalisvoolu, kõrg- ja ülikõrgsagedusega vahelduvvoolu ning staatilise elektri kõrgepingevälja.

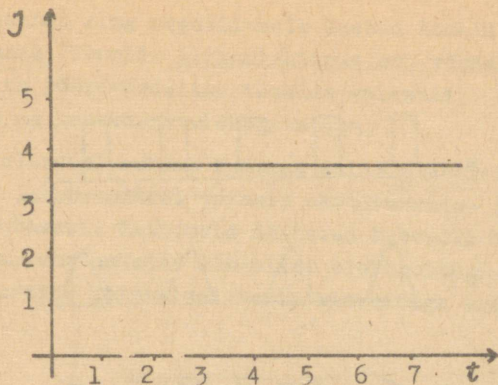
## I. A L A L I S V O O L .

Elektrivoolu, mille suund ei muutu, nimetatakse alalisvooluks.

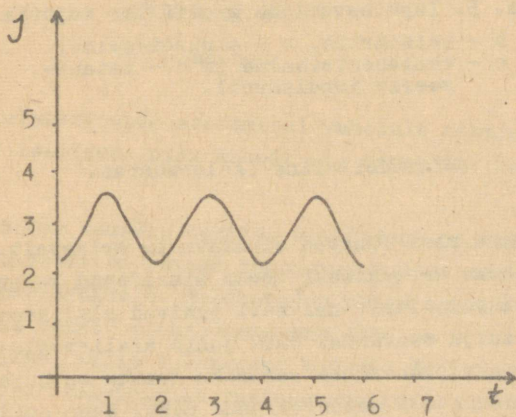
Alalisvoolu liikide graafiliseks kujutamiseks on otstarbekas kasutada teljestikku, mille rõhtteljele (abstsissiteljele) kantakse ajaühikud, püstteljele (ordinaatteljele) voolu või pinge ühikud (amprid, voldid).

Elekterraviks kasutatakse järgmisi alalisvoolu liike:

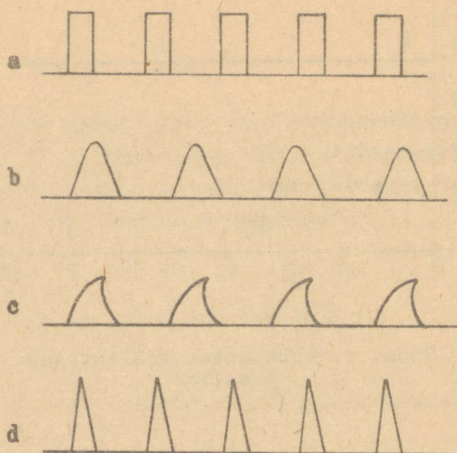
1. Konstantne alalisvool e. galvaaniline vool. Galvaanilist voolu iseloomustav graafik on sirge rõhtjoon (joon. 1). Seega toimub galvaanilist voolu moodustav elektronide liikumine pidevalt kindlas suunas, kusjuures juhtme mistahes ristlõiget läbivad võrdsetes ajavahemikes võrdsed laengud ning voolu tugevus (pinge) jääb konstantseks.
2. Pulseeriv alalisvool on vool, mille tugevus (pinge) perioodiliselt muutub (joon. 2).
3. Impulssalalisvool on katkestatud alalisvool. Füsioteraapias kasutatakse madalsageduslikku mitmesuguse üksikimpulsi kujuga impulssalalisvoolu (joon. 3).



Joon. 1. Konstantse alalisvoolu graafik.



Joon. 2. Pulseeriva alalisvoolu graafik.



Joon. 3. Impulssvoolude graafiline kujutis:

a - täisnurkne, b - sinusoidaalne,  
c - eksponentsiaalne ja d - tetani-  
seeriv impulssvool.

#### Biofüüsikaline iseloomustus.

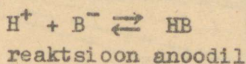
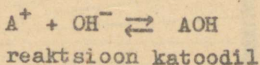
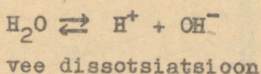
Inimkeha koed juhivad alalisvoolu erinevalt. Parima-  
teks juhtideks on rohkesti ioone sisaldavad kehavedelikud  
- veri, liikvor, lümf; halvasti juhivad alalisvoolu luu-  
kude, närvid ja rasvkude. Nahk juhib alalisvoolu halvasti,  
eriti sarvnahk. Mõnevõrra paremaks juhiks on hüpereemili-  
ne, ödematoosne või matsereerunud nahk. Kuna epidermis on  
alalisvoolule suureks takistuseks, läbib vool nahka peami-  
selt higi- ja rasunäärmete viimajuhade kaudu.

Alalisvool kutsub organismis esile järgmisi nähtusi:

①. Alalisvoolu väljas tekib ioonide ümberpaigutumine,  
kusjuures positiivselt laetud ioonid (katioonid) liiguvad

katoodi suunas ning negatiivselt laetud ioonid (anioonid) anoodi suunas. Ioonide liikumiskiirus on võrdeline välja pingega ning pöördvõrdeline ioonide valentsi, hüdratatsiooni astme ja keskkonna viskoossusega.

2. Alalisvool kutsub kudedes esile elektrolüüsi, s.t. erinevatel elektroodidel toimuva oksüdeerumis- ja redutseerimisprotsessi. Katioonid ühinevad katoodil vee hüdroksiidrühmaga, moodustades aluselisi elektrolüüsi lõpp-produkte. Anioonide ühinemisel vesinikioonidega eralduvad anoodil happed.



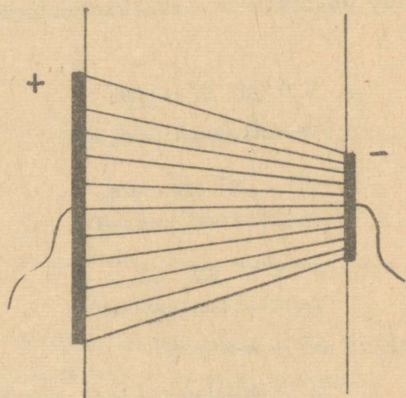
$\text{A}^+$  - kation

$\text{B}^-$  - anioon

Metallelektroodide asetamisel vahetult kehale tekib katoodi all leelisene ning anoodi all happeline nahasõõvitus.

3. Elusates kudedes tekitab alalisvool polarisatsiooninähte. Ioniseeritud osised kogunevad kudede semipermeabelsetele membraanidele, moodustades polarisatsioonitsoonene. Viimastes tekkiv elektromotoorne jõud on toitevoolule vastassuunaline, mille tulemusena kudesid läbib alalisvool nõrgeneb. Polariseerimisele vastassuunaliselt, s. t. ioonide tasakaalu taastamise, kontsentratsiooni ühtlustamise suunas, toimivad difusioon-smootsed protsessid kudedes. Vooluringi avamisel polarisatsioonitsoonid kaovad.

4. Elektroodide (anoodi ja katoodi) vahel on alalis-  
voolu väli, mille jõujoonte asetus elusorganismis sõltu-  
valt kudede heterogeensest juhtivusest on ebasümmeetrili-  
ne. Erineva suurusega elektroodide kasutamisel on välja  
tihedus väiksema elektroodi all suurem (joon. 4).



Joon. 4. Elektriväli kahe erineva suurusega  
elektroodi vahel.

#### Bioloogiline toime.

1. Elektroodide all tekib kudede hüperemia, mis pü-  
sib mõne tunni vältel pärast vooluringi katkestamist. Hü-  
peremia teke kiirendab kudede regeneratsiooniprotsesse ja  
koe laguproduktide resorptsiooni. Alalisvoolu toimel ava-  
nevad reservkapillaarid ning suureneb veresoonte seinte  
permeaablus.

2. Alalisvool ärritab naha närvilõpmeid, mis avaldub  
kipitustundena elektroodide all.

3. Alalisvool kutsub kudede lokaalse reaktsiooni kõrval esile segmentaarreflektorseid reaktsioone ka kaugemal asuvates elundites. Seega avaldab alalisvool organismile nii lokaalset kui ka üldist toimet.

4. Alalisvoolu toimel muutub närvikoe erutatavus: katoodil erutatavus tõuseb (katelektrotoonus), anoodil langeb (anelektrotoonus). Närvikoe erutatavuse langust anoodil kasutatakse valuvaigistava toime saamiseks (nn. anodisatsioon).

5. Vooluringi sulgemine ja avamine kutsub esile ühekordse lihaskontraktsiooni elektroodide all, kusjuures erutuslävi on katoodil madalam, võrreldes anoodiga.

### GALVANISATSIOON.

Galvanisatsioon on galvaanilise voolu rakendamine ravi otstarbel.

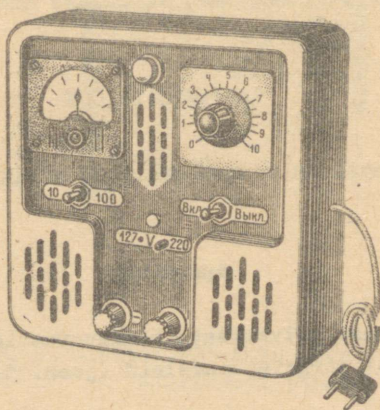
#### Aparatuur.

Kodumaistest galvanisatsiooniparaatidest kasutatakse käesoleval ajal järgmisi mudeleid (joon. 5.):

- AГH-1 ja AГH-2 - seinaparaadid,
- ГВН -3 - portatiivne aparaat,
- AГBK-1 - kõrgendatud võimsusega aparaat.

AГH- ja ГВН-tüüpi aparaatidel on patsiendile toimiva voolu maksimaalne tugevus 50 mA, aparaadil AГBK - 100 mA; viimast rakendatakse hüdroelektriliste vannide tegemisel. Galvanisatsiooniparaadid toituvad valgustusvõrgu vahelduvvoolust, kusjuures vahelduvvool alaldatakse aparaadis lamp- või pooljuhtalaldajate abil. Voolupinge on galvanisatsioonil 60-80 V.

Aparaadi korpuse eesseinil e. paneelil (sõltumata eespool toodud galvanisatsiooniparaatide mudelitest) on järgmised detailid: 1) milliampermeeter voolutugevuse jälgimiseks patsiendi vooluringis, 2) signaallamp, mille süttimisel on aparaat töövalmis, 3) potentsiomeetri nupp patsiendi vooluringi voolutugevuse (pinge) reguleerimiseks, 4) väljundvoolu klemmid elektroodide juhtmete kinnitamiseks polaarsuse tähistusega + ja - . Paneelile on monteeritud lülitusseade tähistusega 127 V ja 220 V, mis võimaldab aparaati kasutada toitevoolu pinge korral kas 127 V või 220 V.

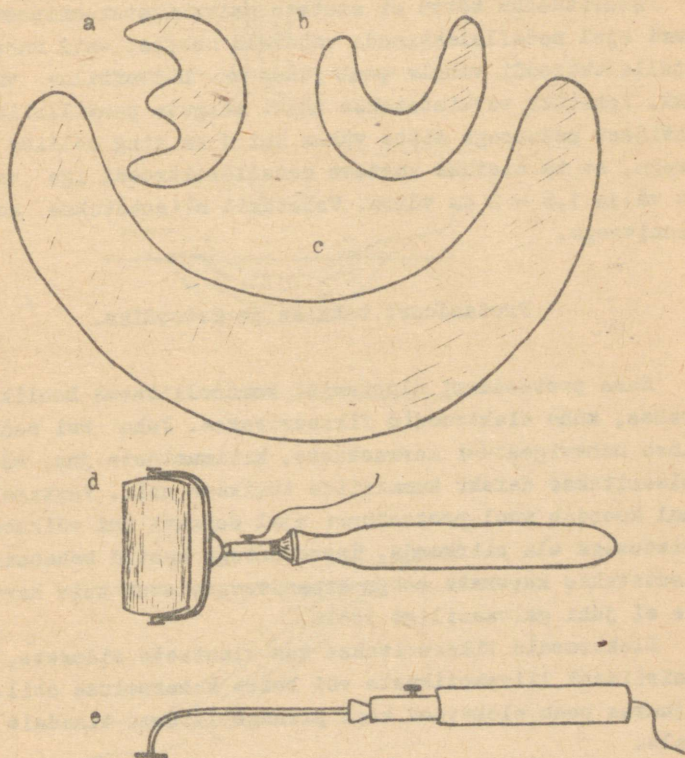


Joon. 5. Galvanisatsiooniparaat.

#### Elektroodid.

Kasutatakse mingit pehmest metallist, tavaliselt plii või plii ja inglistina sulamist 0,3 - 0,7 mm paksusi plaatielektroode. Elektroodid on mitmesuguse suurusega (kuni 600 cm<sup>2</sup>) ümarate nurkadega ristkülikute ku-

julised. Peale ristkülikukujuliste elektroodide kasuta-  
 takse veel mitmesuguseid eriotstarbelisi elektroode, na-  
 gu kraekujuline elektrood, poolmaskelektrood, hobuseraua-  
liblika- ja silmavannikujuline silmaelektrood, õõnteleelektroo-  
did jt. (joon. 6). Galvanisatsiooniprotseduuri läbiviimi-  
 seks peab olema vähemalt kaks elektroodi (anood ja katood),  
 kuid vajaduse korral võib kasutada ka rohkem elektroode



Joon. 6. Eriotstarbelised galvanisatsioonielektroodid:  
 a - poolmaskelektrood, b - hobuserauakujuline  
 elektrood, c - kraekujuline elektrood, d -  
 rullelektrood, e - nuppelektrood käsitakes-  
 tajaga.

(üle 5 elektroodi tavaliselt ei kasutata), kusjuures aparaadi ühe klemmiga ühendatakse mitu elektroodi voolujaotuslülitil abil. Eriotstarbeliste elektroodide hulka kuuluvad veel rullelektrood labiilse galvanisatsiooni jaoks ning rütmilise galvanisatsiooni läbiviimiseks kasutatav nuppelektrood käsikatkestiga, mis on mõlemad varustatud käepidemega. Vastupidiselt eespool loetletud elektroodidele neid ei fikseerita, vaid hoitakse protseduuri läbiviija poolt käes.

Söövitusohu tõttu ei asetata galvanisatsiooniprotseduuri ajal metallelektroode vahetult nahale, vaid naha ja metallelektroodi vahele peab jääma nn. hüdrofiilne vahetükk. Vahetükk valmistatakse hästi märguva puuvillriide kihtidest paksusega mitte vähem kui 1 cm ning sellise suurusega, et ta ulatuks vastava metallelektroodi iga serva alt välja 1,5 - 2 cm võrra. Vahetükid niisutatakse sooja kraaniveega.

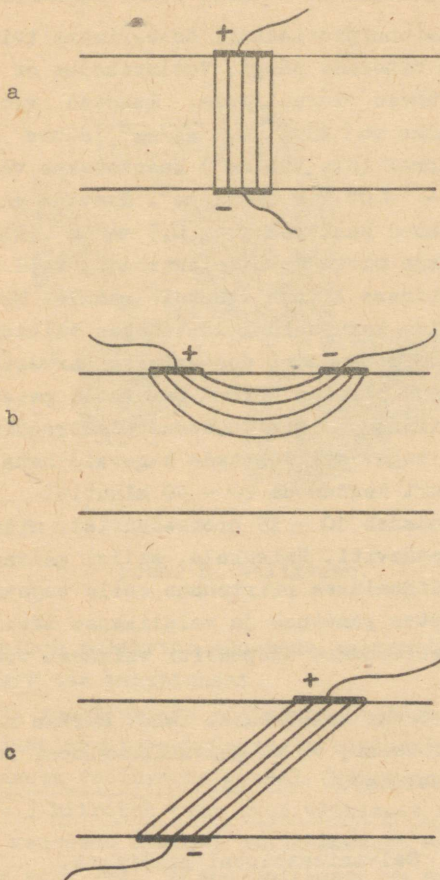
#### Protseduuri tehnika ja meetodika.

Enne protseduuri alustamist kontrollitakse hoolikalt kehaosa, kuhu elektroodid fikseeritakse. Juhul kui seal esineb nahavigastusi marrastuste, kriimustuste jms. näol, iscleeritakse defekt kummiriide tükikese abil. Vastasel juhul koondub vool protseduuri ajal defekti kui väiksema takistusega ala piirkonda. Karvakestega kaetud kehaosal niisutatakse karvkate sooja kraaniveega, sest kuiv karvkate ei juhi galvaanilist voolu.

Elektroodid fikseeritakse kas elastsete sidemete, kummiriidest liivakotikeste või haige keharaskuse abil. Seejuures peab elektrood kogu pinnaga liibuma tihedalt nahale.

Eristatakse kolme põhilist elektroodide asetamisviisi: 1) ristiasetus, 2) pikiasetus ja 3) põikiasetus. Ristiasetuse puhul on üks elektroodidest ühel ning teine tei-

sel pool kehaosa, s. t. vool läbib kudesid risti. Piki-  
 asetuse korral on elektroodid ühel pool kehaosa, näiteks  
 üks proksimaalsel ja teine distaalsel, kusjuures vool lä-  
 bib antud kehaosa pikisuunas. Elektroodide põikiasetusel  
 läbib vool kehaosa diagonaalselt (joon. 7). Elektroodide



Joon. 7. Elektriväli elektroodide risti - (a),  
 piki- (b) ja põikiasetusel (c) korral.

kuju, suuruse ja asetamisviisi valikul on eesmärgiks saada võimalikult suurem voolutihedus haiguskolde piirkonnas.

#### Doseerimine.

Galvanisatsiooniprotseduuri doseerimine toimub galvanilise voolu tiheduse järgi. Voolutihedus on voolutugevus elektroodi ühele pinnahühikule. Lubatud voolutihedus galvanisatsiooniks on kuni  $0,2 \text{ mA/cm}^2$ , suure pindalaga elektroodide korral (üle  $500 \text{ cm}^2$ ) kasutatakse väiksemat voolutihedust -  $0,01 - 0,02 \text{ mA/cm}^2$ . Haavade galvaniseerimiseks on lubatud kasutada kuni  $0,5 \text{ mA/cm}^2$ . Elektroodi pindalaks loetakse mitte metallelektroodi, vaid vahetüki pindala, kuna viimane liibub vahetult nahale. Erineva pindalaga elektroodide kasutamisel lähtutakse väiksema elektroodi pindalast. Protseduuri doseerimisel arvestatakse voolutugevuse lubatud piiride kõrval peamiselt patsiendi subjektiivset aistingut - kipitustunne elektroodide all ei tohi olla liiga tugev ega tekitada tugevaid naha ärritusnähte. Protseduuri kestus on 20 - 30 minutit.

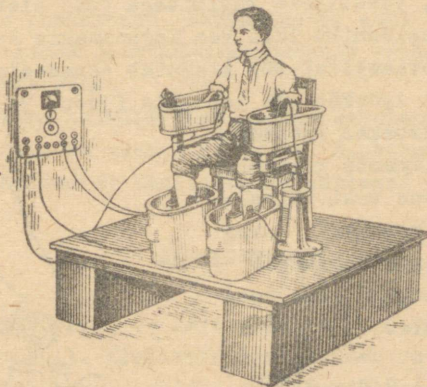
Ravikuur koosneb 10 - 15 protseduurist, mida tehakse iga päev või ülepäeviti. Haigetele, kellel galvanisatsioon kutsub elektroodidealuses piirkonnas esile tugevaid naha ärritusnähte kestva punetuse ja valulikkuse näol, on otstarbekas teha protseduure ülepäeviti väiksema voolutihedusega.

Galvanisatsiooni kasutatakse vähe. Märksa rohkem kasutatakse elektroforeesi, s. t. galvanisatsiooni ravimilahusega (vt. elektroforees).

#### Galvanisatsiooni eriliigid.

N e l i k v a n n . Nelikvann koosneb neljast keraamilisest söoelektroodiga vannist jäsemete jaoks ning galvanisatsiooniparaadist AT BK-1. Viimane on varustatud voolu-

jaotaja e. kommutaatoriga, mille abil saab muuta vannide polaarsust, s. t. voolusuunda. Aparaadil on kaks klemmi (+ ja -) lisaelektroodide jaoks. Vannid täidetakse sooja kraaniveega. Patsient istub toolil ja paneb jäsemed vannidesse, kusjuures ülajäsemed on vees poole õlavarreni ning alajäsemed sääre ülemise kolmandikuni (joon. 8).



Joon. 8. Nelikvann.

Seega võimaldab nelikvann mõjutada galvaanilise vooluga korraga suurt osa kehapinnast.

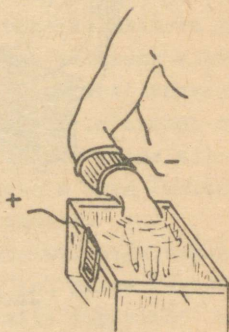
Erineva voolusuunaga nelikvann avaldab organismile, peamiselt just kardiovaskulaarsele süsteemile, erisugust toimet. Alaneva voolusuuna korral (kätevannid + , jalgade vannid - ) kiireneb vere vool väikesest vereringest südamesse, venoosne äravool ülajäsemetest südamesse ning arteriaalse vere vool siseelunditesse ja alajäsemetesse. Üleneva voolusuunaga nelikvanni korral (kätevannid -, jalgade vannid + ) kiireneb venoosse vere vool alajäsemetest ja siseelunditest südamesse, vere vool südamest kopsudesse ja ülajäsemetesse.

Nelikvanniks kasutatakse voolutugevust 10 - 30 mA piires sõltuvalt individuaalsest taluvusest. Protseduure tehakse iga päev või ülepäeviti kestusega 15 - 20 minutit. Ravikuur koosneb 15 - 20 protseduurist.

Vastavalt näidustustele võib kasutada protseduuriks mitte kõiki nelja, vaid kolme, kahte või ühte vanni, viimasel juhul peab olema proksimaalsele asetatud vastasmärgiga plaatelektrood. Kõigil neil juhtudel võib kasutada lisaelektroode, tavaliselt ravimitega (vt. elektroforees).

Galvanisatsiooniks läbi vee kasutatakse ka spetsiaalseid väikesi keraamilisi või klaasist vanne-elektroode, kuhu haige asetab labakäe või labajala (joon. 9). Mainitud meetod on otstarbekas labakäte või -jalgade liigete galvanisatsiooniks, kuna vesi võimaldab saada head kontakti ning toimida enam-vähem ühtlaselt galvaanilise vooluga kogu vees asuvale kehaosale.

Labiilne ja rütmiline galvanisatsioon. Labiilne galvanisatsioon toimub kahe elektroodi abil, kusjuures aktiivseks e. diferentsseks elektrodiks on käepidemega rullelektrood, passiivseks e. indiferentsseks elektrodiks vahetükiga plaatelektrood pindalaga  $100 - 150 \text{ cm}^2$ . Viimane on rullelektroodile vastasmärgiga ning on vajalik vooluringi moodustamiseks. Passiivne elektrood fikseeritakse abaluudevahelisele alale või sternumi piirkonda, kui labiilset galvanisatsiooni teostatakse ülajäsemetele või ülakehale, ning nimmepiirkonda, kui protseduur viiakse läbi alajäsemete või alakeha ulatuses. Protseduuri läbiviija hoiab rullelektroodi käepidemest ning rullib vastavat kehaosa. Labiilne gal-



Joon. 9. Galvanisatsioon või elektroforees vannelektroodi abil.

vanisatsioon kutsub esile rullelektroodi all galvaanilisele voolule iseloomulikku naharetseptorite ärritust, hüpe-reemiat ning lihaskontraktsioone.

Rütmilist galvanisatsiooni viiakse läbi samuti kahe elektroodi abil, kusjuures passiivne elektrood on samasugune nagu labiilsel galvanisatsioonil. Aktiivseks elektroodiks on käsikatkestiga varustatud käepidemega nuppelektrood. Nuppelektrood asetatakse närvi või lihase mootorsetele punktidele. Käsikatkesti abil vooluringi rütmiliselt sulgedes ja avades kutsutakse esile vastavate lihaste kontraktsioone.

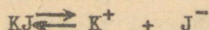
Labiilne ja rütmiline galvanisatsioon kuuluvad elektrostimulatsiooni meetodite hulka. Elektrostimulatsiooni toimet ja rakendamist käsitletakse vastavas peatükis.

#### ELEKTROFOREES.

Elektroforees on ravimaine viimine kudedesse galvaanilise voolu abil. Elektroforees põhineb ravimi ionide liikumisel alalisvoolu väljas vastasmärgiga elektroodi suunas, s. t. positiivsed ionid liiguvad katoodi ning negatiivsed ionid anoodi suunas, tungides seega nahka või limaskesta. Metallide ja alkaloidide ionid, samuti vesinikioon on katioonid (positiivsed), halogeenide ionid, happeradikaalid ning hüdroksüülioon on anioonid (negatiivsed ionid).

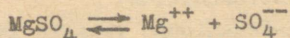
Ravimlahusega niisutatud elektroodi polaarsus ja manustatavate ionide laeng peavad olema ühesugused. Seega viiakse katioonid kudedesse anoodilt ja anioonid - katoodilt.

Toome näiteks elektroforeesi kaaliumjodiidi (KJ) lahusega. Kaaliumjodiid dissotsieerub võrrandi kohaselt:



Manustades kaaliumjodiidi lahust katoodilt, hakkab  $J^-$  alalisvoolu väljas liikuma anoodi suunas ning tungib elektroodi (katoodi) all nahka,  $K^+$  kui elektroodi polaarsusele vastasmärgigaioon jääb aga katoodile.

Elektroforeesi puhul magneesiumsulfaadi ( $MgSO_4$ ) lahusega, mille eesmärgiks on magneesiumiooni kudedesse viimine, lähtume magneesiumsulfaadi dissotsieerumise võrrandist



Seega magneesiumioon kui katioon viiakse kudedesse anoodilt.

Kvantitatiivset vahekorda elektroodidel eralduva (või elektrolüüdilahuses ümberpaigutuva) aine ja elektrihulga vahel väljendavad Faraday seadused:

1. Antud elektrolüüdis eralduv ainehulk on võrdeline elektrolüüti läbiva elektrihulgaga.
2. Erinevates elektrolüütides eraldavad võrdsed elektrihulgad ekvivalentseid ainehulki.

Elektrihulga ühikuks on kulon, mida rahvusvaheliselt tähistatakse tähega C. Ühe kuloni moodustab  $6,3 \cdot 10^{18}$  elektroni laeng. Voolutugevuse korral 1 A läbib ühe sekundi vältel juhtme ristlõiget ühekulonine elektrihulk. Aine ühe gramm-ekvivalendi eraldamiseks elektroodil (või viimiseks homogeenesse keskkonda) kulub alati sama hulk elektrit, mis võrdub 96 500 C. Aine elektrokeemiliseks ekvivalendiks nimetatakse radikaali või elemendi kaalulist hulka, mis eraldub elektroodil 1 kuloni suuruse elektrihulga läbimisel ning tähistatakse tähega a. Elektrokeemilise ekvivalendi (a) ja keemilise ekvivalendi (g-ekv) vahel valitseb järgmine seos:

$$a = \frac{g-ekv}{96500} g$$

Teades vastava aine elektrokeemilist ekvivalenti, saame leida ka homogeenesse keskkonda viidud aine hulga (korrutame elektrokeemilise ekvivalendi elektrihulgaga kulonites). Kuna elusorganismi koed pole homogeenised, ei ole selliselt arvutatud aine hulk absoluutselt täpne.

Elektroforeesiks rakendatavate ravimite arv on suur.

Alljärgnevas tabelis 1 on esitatud elektroforeesiks enam kasutatavate ainete loetelu ning rakendamise näidustused, lähtudes ravimi farmakoloogilisest toimest.

T a b e l 1

Elektroforeesiks sagedamini kasutatavad ained ja olulisemad näidustused nende rakendamiseks.

L - lokaalseks elektroforeesiks,  
R - reflektorseks elektroforeesiks,  
samuti üldmetoodikat kasutades.

Ravimained	Näidustused
<b>M e t a l l i d</b>	
Kaltsium	Neuroosid, vegetatiivne düstoonia (R), tuberkuloosne pleuriit (L)
Magneesium	Hüpertooniatõbi, neuroosid (R)
Liitium	Podagra (L)
Vask	Hüpokroomne aneemia (R), trahhoom, aftoosne stomatiit (L)
Tsink	Haavandtõbi (R), paronüühium ja onüühium (L), krooniline mädane otiit ja krooniline osteomüeliit (L)
<b>H a l o g e e - n i d</b>	
Kloor	Eksostoosid, artroosid, spondüloosid (L)
Fluor	Hammaste suurenenud valutundlikkuse korral (L)
Jood	Liited, armkude (L), türeotoksikoos (L), veresoonte sklerootilised muutused (R ja L). Kombineeritult magneesiumiga hüpertooniatõve korral (R)
<b>V ä ä v e l</b>	Artriidid, adneksiit, perimetriit (L)
<b>R o d a n i i d - i o o n</b>	Hüpertooniatõbi (R)
<b>F o s f o r</b>	Perifeerse närvi regeneratsiooni kiirendamiseks (L)

Tabel 1 (järg)

Ravimained	Näidustused
Salitsülaadid	Reumaatilised artriidid, neuralgiad (L)
Sulfanüülamiidid	Mädased haavad, haavandid, lamatised, infiltraadid kroonilises staadiumis (L)
Oksarsool	Trihhomonoos (L)
Alkaloidid	
Salsoliin	Hüpertooniatõbi (R)
Eufülliin	Hüpertooniatõbi, neuroosid (R)
Kofeiin	Kombineeritult broomiga neurooside korral (R)
Mediataatorid ja mediataatoritetaolised ained	
Atsetüülkoliin	Vasospasmid, endarteriit (R ja L)
Karbokoliin	Glaukoom (L), hüpertooniatõbi (R)
Atropiin	Iriit, iridotsüklit (L)
Proseriin, nivaliin, galantamiin	Müasteenia (R), perifeersed pareesid (L)
Platüfülliin	Silelihaste spastilised seisundid, hüpertooniatõbi (R)
Pilokarpiin	Glaukoom (L)
Gangleroon	Stenokardia (R)
Adrenaliin	Bronhiaalastma (R), kiiritusdermatiit (L)
Aminasiin	Neuroosid (R)
Lokaalanesteseerivad ained	
Novokaiin, kokaiin, lidokaiin, difasiin	Koos adrenaliiniga anesteesiaks (L), stenokardia, hüpertooniatõbi, mitmesuguse etioloogiaga peavalud (R)

Ravimained	Näidustused
U r t i k a r i - g e e n s e d a i n e d  Kodeiin, dio- niin, hista- miin, histidiin	Infiltraadid, naha mädapõletikud, lo- kaalsed allergilised protsessid (L), stenokardia (R)
H ü a l u r o n i - d a a s i g r u p i a i n e d  Hüaluronidaas, lidaas, ronidaas	Liited, armid, liigeste anküloosid (L)
G a n g l i o - b l o k a a t o - r i d  Pirileen, hek- soon, benzo- heksoon	Haavandtõbi, hüpertooniatõbi (R)
A n t i b i o o - t i k u m i d	Mädased põletikud, haavad (L)
V i t a m i i n i d  PP  B <sub>1</sub> C	Endarteriit, hüpolaktatsioon (L), hüpertooniatõbi (R) Haavandtõbi (R) Skorbuut (L)

Ravimiioonid moodustavad nahas vastava elektroodi all depoo, mis resorbeerub aeglaselt, püsides tavaliselt mitu ööpäeva. Nahadepoo toime on 1) lokaalne ja 2) reflektorne, kuna nahadepoo mõjutab oma eksisteerimisaja vältel antud piirkonna närvilõpmeid. Reflektorse elektroforeesi viljelemine on tihedalt seotud väljapaistva nõukogude füsioterapeudi A. E. Štšerbaki nimega. Elektroforeesi iseärasused, võrreldes ravimite manustamise teiste viisidega, on järgmised: 1) esineb ravimi ja galvaanilise voolu samaaegne toime, 2) nahadepoo püsib suhteliselt kaua, mistõttu ravimi toime on pi-

kaldane, 3) kudedesse viiakse vaid vastava polaarsusega ravimioonid, mitte ühend tervikuna.

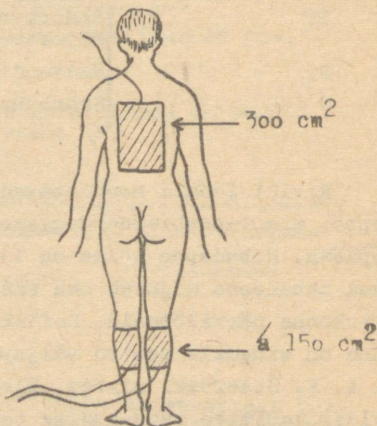
### Tehnika ja metoodika.

Elektroforeesiks kasutatava mingi ravimi lahuse kontsentratsioon ning antud ravimi manustamiseks vajalik elektroodi polaarsus on esitatud vastavates tabelites. Tabelis 2 toome andmed elektroforeesiks enam kasutatavate ravimite kohta.

Elektroforeesi tehnika ei erine oluliselt galvanisatsiooni tehnikast. Kasutatakse samasuguseid hüdrofiilse vahetükiga elektroode, kusjuures vahetükk niisutatakse kraaniveega. Vahetüki ja naha vahele asetatakse vahetükisuurune ja -kujuline tükk filterpaberit või 2 - 3 kihti marlit, mis niisutatakse ravimilahusega. Labakäte või -jalgade väikeste liigeste elektroforeesiks kasutatakse ravimilahusega täidetud elektroode-vannikesi, silma elektroforeesiks silmavannikujulist elektroodi.

Õneselundite (põis, magu jt.) elektroforeesiks kasutatakse dielektroolüüsi metoodikat. Elundi õõnde viiakse ravimilahus ning teostatakse tavalist galvanisatsiooni kahele poole elundit kehapinnale asetatud elektroodide abil nii, et elund jääb vooluvälja. Ravimioonid, liikudes vastasmärgiga elektroodi suunas, tungivad õõneselundi limaskestast.

Reflektorset elektroforeesi tehakse kindla elundi refleksogeensetele tsoonidele vas-



Joon. 10. Üleelektroforees  
Vermeli järgi.

Tabel 2

Elektroforeesiks enam kasutatavate ravimlahuste kontsentratsioon ja elektroodi polaarsus.

Ravim	Polaarsus	Kontsentratsioon %
Adrenalinum hydrochl.	+	0,1 (1 cm <sup>3</sup> )
Antipyrinum	+	1 - 10
Ac. ascorbinicum	-	5 - 10
Ac. glutaminicum	-	2
Ac. nicotinicum	-	0,25 - 2,0
Atropinum sulfur.	+	0,1 (1 cm <sup>3</sup> )
Biomycinum hydrochl.	+	Nagu penicillinum
Calcium chl.	+	1 - 10
Chininum hydrochl.	+	1
Codeinum phosphor.	+	0,1
Coffeinum natrio-benz.	-	1 (5%-lises soodalahuses)
Dibazolium	+	2
Dicainum	+	1 (1 cm <sup>3</sup> )
Dimedrolum	+	0,25 (4%-lises novokainilahuses)
Dioninum	+	0,1 - 0,5
Histaminum	+	0,1 (0,1-0,5 cm <sup>2</sup> )
Kalium jodatatum (või Natrium jodat.)	+	1 - 10
Litium bromat. (või jodat., chlor.)	+	1 - 10
Magnesium sulfur.	+	1 - 10
Medinalum	+	2
Mesilasmürk (apisartroon või virapiin-salvina)	+	1 - 10
Novocainum	+	1 - 10
Natrium bromat. (või Kalium bromat)	-	1 - 10
Natrium salicylicum	-	1 - 10
Papaverinum hydrochl.	+	0,1
PASH	-	3 - 5

T a b e l 2 (järg)

Ravim	Polaar- sus	Kontsentratsioon %
Penicillinum	-	5000-10000 ü. 1 ml-s lahuses, 500-1000 ü. vahetüki 1 cm <sup>2</sup> -le
Platyphyllinum bitartar.	+	0,01 pro dosi
Proserinum	+	0,05 (1 cm <sup>3</sup> )
Pilocarpinum hydrochl.	+	0,1
Pyramidonum	+	1
Salsolinum hydrochl.	+	0,1
Streptomycinum	+	Nagu penicillinum
Sulfanüülamiid-preparaadid	-	0,8 (5%-lises soodalahuses)
Strychninum nitr.	+	0,1 (1 cm <sup>3</sup> )
Natrium hyposulfuros.	-	2 - 2,5
Sympatomimetinum	+	2 - 10
Synthomycinum	+	0,3
Terramycinum	+	Nagu penicillinum
Tetracyclinum	-	Nagu penicillinum
Tuberculinum	+	25 (füsiol. lahuses, pro dosi annuses)
Zincum sulfuricum	+	0,1 - 2

tava elundi reflektorse mõjutamise eesmärgil, samuti vegetatiivse närvisüsteemi ganglionide ja põimikute projektsioonialadele.

Uldelektroforeesi eesmärgiks on suuremate ravimihulkade viimine organismi üldise toime saamiseks. Selleks kasutatakse suuremõõtmelisi elektroode. Enamasti kasutatakse uldelektroforeesiks Vermeli meetodikat (joon. 10).

Tabel 3

Elektroforeesi kestuse arvestamine vastavalt kogu kulonite hulgale.

Voolutugevus milliamprites	Kulonite (C) hulk kogu vahetüki pindalale												
	0,1	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	100	
	Protseduuri kestus												
0,5	3'20"	1 t 6'											
1	1'40"	33'	1 t 23'	2 t 46'									
2	50"	16'	41'	1 t 23'									
3	33"	11'	27'	55'									
4	25"	8'	20'	41'	1 t 23'	2 t 5'	2 t 46'						
5	20"	6'	16'	33'	1 t 6'	1 t 40'	1 t 13'	2 t 46'					
6		5'32"	14'	27'	55'	1 t 23'	1 t 51'	2 t 16'	2 t 46'				
7		5'	12'	24'	48'	1 t 12'	1 t 35'	1 t 59'	2 t	2 t 46'			
8		4'	10'	21'	41'	1 t 2'	1 t 23'	1 t 44'	2 t 5'	2 t 26'	2 t 46'		
9		3'42"	9'	18'	37'	55'	1 t 14'	1 t 32'	1 t 51'	2 t 9'	2 t 28'	3 t 5'	
10		3'20"	8'	16'40"	33'	50'	1 t 6'	1 t 23'	1 t 40'	1 t 56'	2 t 13'	2 t 46'	
12		2'46"	7'	14'	28'	41'	55'	1 t 9'	1 t 23'	1 t 37'	1 t 51'	2 t 18'	
15		2'	5'30"	11'	22'	33'	44'	55'	1 t 6'	1 t 17'	1 t 28'	1 t 50'	
20		1'40"	4'	8'20"	16'40"	25'	33'	42'	50'	58'	1 t 6'	1 t 23'	
25		1'20"	3'20"	6'40"	13'20"	20'	26'	33'	40'	46'	53'	1 t 7'	
30		1'16"	2'45"	5'30"	11'	16'40"	22'	27'	33'	38'	44'	55'	
40		50"	2'5"	4'	8'	12'30"	16'40"	20'	25'	29'	33'	41'	
50		40"	1'40"	3'20"	6'40"	10'	13'40"	16'40"	20'	23'	26'	33'	
60			2'20"	2'40"	5'20"	8'	10'40"	13'20"	16'	18'	21'	26'	

## Doseerimine.

Elektroforeesil on organismi viidud ravimi kogus võrdeline voolutugevuse, elektrootide suuruse ja elektroforeesi teostamise ajaga. Ravimi koguse täpsemaks arvestamiseks kasutatakse doseerimist elektrokeemilise ekvivalendi alusel. Sel juhul leitakse voolutugevus ja elektroforeesi aeg vastavalt nõutavale kulonite arvule spetsiaalsest tabelist (tabel 3).

Lihtsam ja levinum on doseerimine voolutiheduse alusel, kusjuures lähtutakse galvanisatsiooniks lubatud voolutihedusest kuni  $0,2 \text{ mA/cm}^2$ . Protseduuri kestus on 20 - 30 minutit, erinäidustustel kuni üks tund.

### Galvanisatsiooni ja elektroforeesi üldised näidustused ja vastunäidustused.

Galvanisatsiooni ja elektroforeesi rakendatakse järgmistel näidustustel:

1. Kroonilised ja subakuutsed põletikulised protsessid (liigese, lihaste, perioosti, närvijuurte, perifeersetes närvide, siseelundite, igemete ja hamba pehmete kudede, silmade, kõrvade, tonsillide, adnekside, lümfisõlmede jt. põletikud). Õõneselundite (magu, kusepõis jt.) elektroforeesiks on otstarbekas kasutada dielektrolüüsi meetodit.\*
2. Haavad ja haavandid loiu paranemistendentsiga.
3. Armide ja liiteliste protsesside resorptsiooni stimuleerimine.
4. Endarteriit, Raynaud' tõbi.
5. Valu vaigistamine (kasutatakse anodisatsiooni, elektroforeesi anesteseerivate ravimitega).

---

\* Ravimi valikul elektroforeesi teostamiseks lähtutakse ravimi farmakoloogilisest toimest.

6. Reflektorsegmentaarne elundkondade mõjutamine (viiakse läbi galvanisatsioon või elektroforees vastava elundi refleksogeenses tsoonis).
7. Neuroosid, vegetatiivsed düstooniad, hüpertooniatõve algstaadiumid, bronhiaalastma.

Vastunäidustused:

1. Generaliseerunud dermatiit .
2. Üliakuutsed põletikulised protsessid.

Labiilset ja rütmilist galvanisatsiooni kasutatakse elektrostimulatsiooniks lõtvade halvatusete korral, labiilset galvanisatsiooni kõhu esseinale soolestiku atoonia korral.

#### IMPULSSALALISVOOL.

Elektrotehnika tase meie päevil võimaldab saada väga mitmesuguse üksikimpulsi kujuga, impulsi- ja pausikestuse ning sagedusega impulssalalisvoolu liike. Elekterraviks kasutatakse järgmisi impulssalalisvoole: 1) täisnurkne, 2) sinusoidaalne, 3) tetaniseeriv, 4) eksponentsiaalne impulssvool ja 5) türatronvool.

#### LIHASTE ELEKTROSTIMULATSIOON.

Elektrostimulatsiooniks kasutatakse peamiselt eksponentsiaal- ja täisnurkimpulssvoolusid, samuti galvaanilist (labiilse ja rütmilise galvanisatsiooni näol) ja tetaniseerivat (faraadilist) voolu (vt. joon. 3). Varem rohkesti kasutatud rütmilise faradisatsiooni ja galvanisatsiooni on peaaegu täielikult asendanud elektrostimulatsioon eksponent-

siaal- ja täisnurkimpulssvooludega, kuna 1) raske kahjustuse korral võib neuromuskulaarne aparaat mitte reageerida faraadilisele voolule ning faraadiline vool annab valuastingu; 2) galvaaniline vool, tekitades välkkiire üksikkontraktsiooni, väsitab lihast ning on mittefüsioloogiline. Impulssvoolud ühendavad endas katkestatud galvaanilise voolu ja faraadilise voolu paremad omadused, andes olulise valuastinguta tetaanilise kontraktsiooni ka neuromuskulaarse aparaadi raske kahjustuse korral. Kodumaine elektrostimulatsioon aparatuur annab 8 - 9 erinevate parameetritega (erineva üksikimpulsi kuju ja kestusega ning sagedusega 3 - 100 Hz) impulssvoolu, mis võimaldab elektrostimulatsioonravi individualiseerida vastavalt kahjustuse määrale.

#### Elektrostimulatsiooni eesmärk.

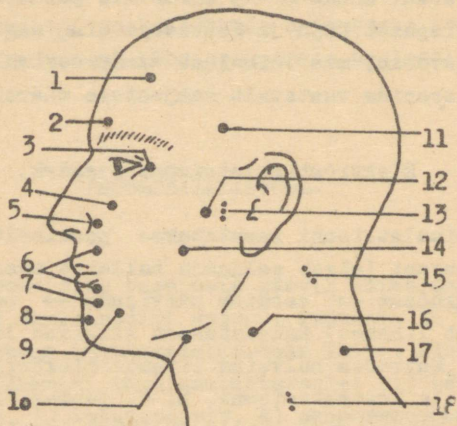
Elektrostimulatsiooni kasutatakse peamiselt perifeerse motoorse neuroni (algab seljaaju hallaine eessarve motorsetest rakkudest → eesmine närviuur → perifeerne närv, mis lõpeb lihases) kahjustusest tingitud lõdva halvatuse korral. Kutsudes halvatud lihases elektrilise ärrituse abil esile kontraktsioone, s. t. pannes "lihast tööle", parandame lihase vere- ja lümfiringet, normaliseerime lihaskoe ainevahetusprotsesse, hoiaime ära raske atroofia tekkimise ning kiirendame motoorse funktsiooni taastumist.

Perifeerse neuromuskulaarse aparaadi funktsionaalse seisundi hindamiseks ning elektrostimulatsioonravi sihipärasemaks ja otstarbekamaks rakendamiseks tehakse enne elektrostimulatsioonikuuri alustamist klassikaline elektrodiagnostika.

#### Klassikaline elektrodiagnostika.

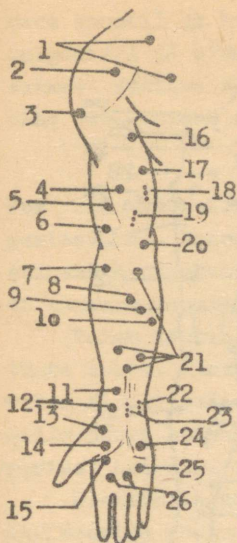
Klassikaline elektrodiagnostika annab väärtuslikku lisa informatsiooni kahjustuse intensiivsuse kohta perifeerse motoorse neuroni mingis osas (seljaaju hallaine eessarv,

eesmine närvijuur, perifeerne närv ja tema poolt innerveeritud lihased), annab prognostilisi tugipunkte funktsiooni taastumise suhtes, olles ühtlasi aluseks ühe või teise ravimeetodi valikul ning objektiivseks ravi efektiivsuse hindamise kriteeriumiks. Klassikaline elektrodiagnostika viiakse läbi tetaniseeriva (faraadilise) ja galvaanilise voolu abil, tekitades lihaskontraktsiooni kas otsese (lihase motoorse punkti) või kaudse (vastava närvi motoorse punkti) elektrilise ärrituse teel (joonised 11, 12, 13 ja 14).



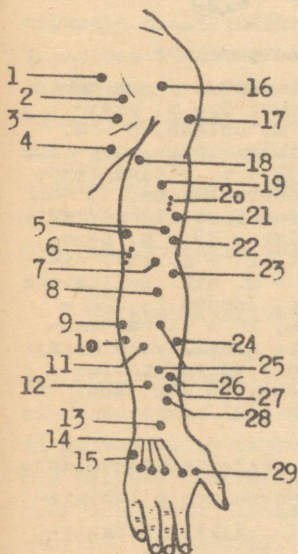
Joon. 11. Pea motoorsed punktid:

1 - venter frontalis m. occipitofrontalis, 2 - m. corrugator supercilii, 3 - m. orbicularis oculi, 4 - m. zygomaticus min., 5 - m. levator labii sup. alaeque nasi, 6 - m. orbicularis oris, 7 - m. depressor labii inf., 8 - m. mentalis, 9 - m. depressor anguli oris, 10 - platysma, 11 - m. temporo-parietalis, 12 - m. masseter, 13 - n. facialis, 14 - m. risorius, 15 - n. accessorius, 16 - m. sternocleidomastoideus, 17 - m. trapezius, 18 - plexus brachialis.



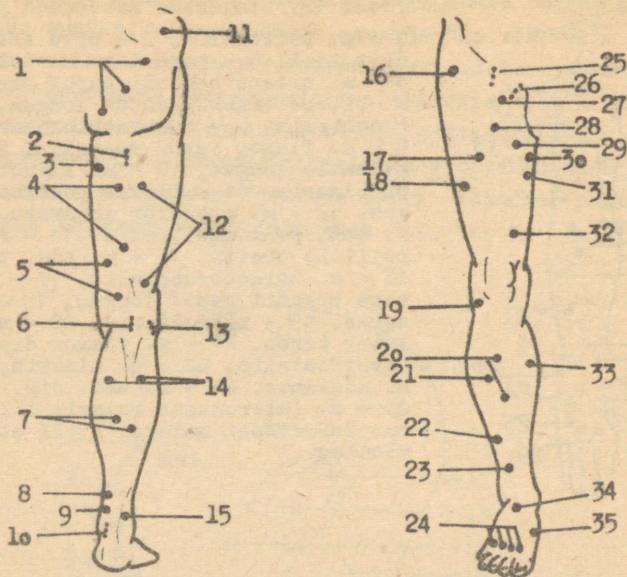
Joon. 12. Ülajäseme motoorsed punktid:

1 - m. pectoralis, 2 - pars ant. m. deltoidei, 3 - pars lat. m. deltoidei, 4 - m. biceps brachii caput breve, 5 - m. biceps brachii caput longum, 6 - m. brachialis, 7 - m. brachioradialis, 8 - m. flexor carpi radialis, 9 - m. palmaris longus, 10 - m. flexor carpi ulnaris, 11 - flexor pollicis longus, 12 - m. pronator quadratus, 13 - m. abd. pollicis brevis, 14 - m. flexor pollicis brevis, 15 - m. add. pollicis, 16 - m. coracobrachialis, 17 - m. triceps brachii caput longum, 18 - n. ulnaris, 19 - n. medianus, 20 - m. pronator teres, 21 - m. flexor digitorum superficialis, 22 - n. ulnaris, 23 - n. medianus, 24 - m. abd. dig. min., 25 - m. interosseus volaris III, 26 - mm. interossei volares I, II et lumbicales.



Joon. 13. Ülajäseme motoorsed punktid:

1 - m. infraspinatus, 2 - m. teres minor, 3 - m. teres major, 4 - m. latissimus dorsi, 5 - m. triceps brachii caput med., 6 - n. ulnaris, 7 - m. anconeus, 8 - m. supinator, 9 - m. flexor carpi ulnaris, 10 - m. flexor digitorum prof., 11 - m. ext. carpi ulnaris, 12 - m. ext. dig. min., 13 - m. ext. indicis, 14 - mm. interossei, 15 - m. abd. dig. min., 16 - pars post. m. deltoidei, 17 - pars lat. m. deltoidei, 18 - m. triceps brachii caput longum, 19 - m. triceps brachii caput lat., 20 - n. radialis, 21 - m. brachialis, 22 - m. brachioradialis, 23 - m. ext. carpi rad. long., 24 - m. ext. carpi rad. brev., 25 - m. ext. digitorum, 26 - m. abd. pollic. long., 27 - m. ext. pollic. brev., 28 - m. ext. pollic. long., 29 - m. add. pollicis.



Joon. 14. Alajäseme motoorsed punktid:

1 - m. glutaesus max., 2 - n. ischiadicus, 3 - m. ad-  
 ductor magnus, 4 - m. semitendinosus, 5 - m. semi-  
 membranosus, 6 - n. tibialis, 7 - m. soleus, 8 - m.  
 tibialis post., 9 - m. flexor digitor. long., 10 - n.  
 tibialis, 11 - m. glutaesus med., 12 - m. biceps femo-  
 ris, 13 - n. peroneus, 14 - m. gastrocnemius, 15 - m.  
 flexor halluc. long., 16 - m. tensor fasc. latae, 17 -  
 m. rectus femor., 18 - m. vastus lat., 19 - m. peroneus  
 long., 20 - m. tibialis ant., 21 - m. ext. di-  
 git., 22 - m. peroneus brev., 23 - m. ext. halluc.  
 long., 24 - mm. interossei, 25 - n. femoralis, 26 -  
 n. obturatorius, 27 - m. pectineus, 28 - m. sartori-  
 us, 29 - m. adductor long., 30 - m. gracilis, 31 - m.  
 adductor magn., 32 - m. vastus med., 33 - m. gastro-  
 cnemius, 34 - m. ext. digitor. brev., 35 - m. abd.  
 hallucis.

Normaalne lihas reageerib tetaniseerivale impulssvoolule tetaanilise kontraktsiooniga, mis kestab voolu läbimis-  
 aja vältel, ja galvaanilisele voolule välkkiire üksik-  
 kontraktsiooniga vooluringi sulgemis- ja avamismomentidel. Lähtudes elusa koe elektrilise erutatavuse erinevu-

sest anoodil ja katoodil, on lihaskontraktsioon vooluringi sulgemisel ja avamisel katoodil ja anoodil kvantitatiivselt erinev. Vastava seaduspärasuse formuleeris 1859. a. Pflüger ning see avaldub nn. polaarsuse valemina:

$$\text{KSK} > \text{ASK} > \text{AAK} > \text{KAK} ,$$

kus KSK tähistab kontraktsiooni katoodil vooluringi sulgemisel, nn. katoodi sulgemiskontraktsiooni, ASK - anoodi sulgemiskontraktsiooni, AAK ja KAK - anoodi ja katoodi avamiskontraktsioone.

Valem kehtib ainult galvaanilise voolu lävevoolutugevuste kohta. Klassikalise elektrodiagnostika korral jälgitakse ainult sulgemisreaktsioone, s. t. valemi esimest poolt, mille järgi normaalne lihaskontraktsioon on vooluringi sulgemisel katoodil tugevam kui anoodil (KSK > ASK).

Elektrodiagnostika puhul määratakse: 1) erutuslävi tetaniseeriva voolu ja galvaanilise voolu korral katoodil ja anoodil vooluringi sulgemisel, 2) jälgitakse lihaskontraktsiooni iseloomu. Seejuures kasutatakse kahte elektroodi. Aktiivseks elektroodiks on käsikatkestiga nuppelektrood, mis lokaliseeritakse närvi või lihase motoorsele punktile. Käsitakkesti abil vooluringi rütmiliselt sulgedes ja avades kutsutakse esile lihaskontraktsioonid. Elektrilise erutatavuse suurema languse korral võib kasutada ka bipolaarset elektroodi, mis fikseeritakse lihase otstel. Passiivseks elektroodiks on vahetükiga (150 - 200 cm<sup>2</sup>) plaatelektrood, mis fikseeritakse abaluudevahelisele alale või nimmepiirkonda.

Eristatakse kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid elektrilise erutatavuse muutusi. Kvantitatiivsete muutuste korral on erutuslävi kas tõusnud või langenud, võrreldes normiväärtustega, lihaskontraktsiooni iseloom tetaniseeriva ja galvaanilise voolu suhtes ei muutu. Erutusläve tõus esineb näiteks perifeersete närvide kergemate kahjustuste, progresseeruva lihasedüstroofia, raskete inaktiviteedi atroofiate jt. korral, erutusläve langust täheldatakse näiteks tetaania korral, lihaste kontraktuuriseisundite kujunemisel.

Kvalitatiivsete elektrilise erutatavuse muutuste osas eristatakse osalise ja täieliku elektrilise degeneratsiooni reaktsioone. Kvalitatiivsetele muutustele on iseloomulik lihaskontraktsiooni kvaliteedi muutus otsese ärritamise korral galvaanilise vooluga: lihas kontraheerub aeglaselt, väänlevalt, segmenthaaval. Täieliku elektrilise degeneratsiooni korral esineb siinjuures sageli polaarsuse inversioon kaatodil ja anoodil vooluringi sulgemisel ( $KSK < ASK$ ) või pooluste võrdsustumine ( $KSK = ASK$ ).

Alljärgnevalt on elektrilise erutatavuse kvalitatiivsed muutused esitatud tabeli kujul.

Osalise elektrilise degeneratsiooni reaktsioon.

	Tetaniseeriv vool	Galvaaniline vool
Kaudne ärritus (närv)	Erutuslāve tõus	Erutuslāve tõus
Otsene ärritus (lihas)	Erutuslāve tõus	Lihaskontraheerub loiult, väänlevalt

Täieliku elektrilise degeneratsiooni reaktsioon.

	Tetaniseeriv vool	Galvaaniline vool
Kaudne ärritus (närv)	Kontraktsioon puudub	Kontraktsioon puudub
Otsene ärritus (lihas)	Kontraktsioon puudub	Lihaskontraheerub loiult, väänlevalt. Võib esineda $KSK < ASK$ või $KSK = ASK$

Degeneratsioonireaktsioonid tekivad perifeerse motoorse neuronid raskete kahjustuste korral, kujunedes välja alles

2 - 3 nädalat pärast kahjustuse teket. Täieliku elektrilise degeneratsioonini reaktsioon viitab, võrreldes osalise degeneratsiooniga, veelgi raskemale kahjustusele. Regeneratsiooninähtude puudumisel närvikoes kujuneb 6 - 7 nädalat pärast kahjustuse teket lihaste degeneratiivne atroofia ning elektriline erutatavus kustub järk-järgult.

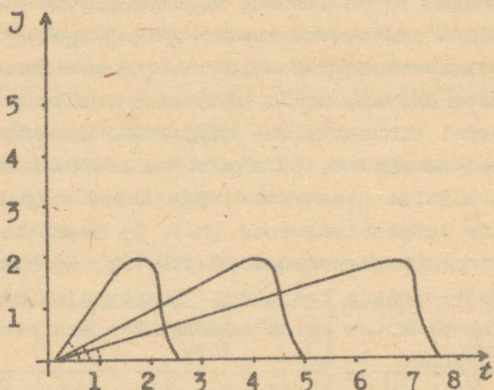
Degeneratsioonireaktsioonid tekivad perifeersete lõtvade halvataste korral, mille põhjuseks on: 1) perifeerse motoorse neuroni traumaatiline kahjustus, 2) toksilised ja infektsioossed neuriidid, 3) närvitüve kestev kompressioon, 4) seljaaju hallaine eessarvede kahjustus (poliomüeliit, amüotroofiline lateraalsklerooos jt.), 5) eesmistest närvijuurte kompressioon või raskekujuline põletik, 6) kraniaalnärvide motoorsete tuumade kahjustus. Tsentraalse motoorse neuroni kahjustus ei kutsu esile elektrilise erutatavuse kvalitatiivseid muutusi.

Müasteenia korral täheldatakse lihase kiiret väsimist närvi või lihase rütmilisel ärritamisel tetaniseeriva vooluga, nn. müasteenilist reaktsiooni. Kontraktsioon nõrgeneb järk-järgult ning lõppeks ei vallandu hoopis. Mõneminutilise puhkuse järel kontraheerub sama lihas endise jõuga. Müotooniale on iseloomulik müotooniline reaktsioon - normaalselt kontraheerunud lihas lõõgastub aeglaselt. Seega aitab vasta-va elektrodiagnostilise sündroomi sedastamine neid haigusi diagnoosida.

#### Elektrostimulatsiooni füsioloogilised alused.

Elektrostimulatsiooniks kasutatakse üleläävise tugevusega impulssvoolusid sagedusega, mis kutsub esile lihase tetaanilise kontraktsiooni. Rütmiliste tetaaniliste lihaskontraktsioonide tekitamist peetakse kõige füsioloogilisemaks elektrostimulatsiooni viisiks, kuna lihaskonna normaalne töö baseerub lühematel või kestmamatel tetaanilistel kontraktsioonidel. Impulsi ja impulssidevahelise pausi (katkestuse) kestus on oluline, arvestades motoorse närvi refraktaarsust ja

koelabiilsust, mis omandab erilise tähenduse patoloogia tingimustes. Samuti on lihaskontraktsiooni aspektist oluline üksikimpulsi eesmise frondi tõusunurk (joon. 15).



Joon. 15. Eesmise frondi erineva tõusunurgaga eksponentsiaalimpulsid.

Täisnurkimpulsi korral on normaalse lihase eritustlävi madalam kui laugja eesmise frondiga eksponentsiaalimpulsi korral. Mida aeglasemalt suureneb voolutugevus, s. t. mida laugjam on üksikimpulsi eesmine front, seda kõrgem on eritustlävi, kuna lihas akommodeerub elektrilise ärritusega. Väga lameda eesmise frondiga impulssvool ei kutsu normaalsel lihasel ka suure voolutugevuse rakendamisel esile lihaskontraktsiooni. Seevastu aga võib patoloogia tingimustes eritustlävi eksponentsiaalimpulsi korral olla madalam kui täisnurkimpulsi puhul. Neuromuskulaarse aparadi funktsionaalse seisundi ja konkreetset haigusjuhul elektrostimulatsiooni rakendamise prognostilise perspektiivi hindamiseks võib kasutada nn. akommodatsioonikoefitsiendi määramist. Akommodatsioonikoefitsient  $Q$  määrab eksponentsiaalimpulssvoolu ja täis-

nurkse impulssvoolu (üksikimpulsi kestus 1000 msec, pausi kestus 2000 msec) erutuslävete suhte, mille normiväärtused on 3/- 6:

$$Q = \frac{t}{T} = 3 - 6 .$$

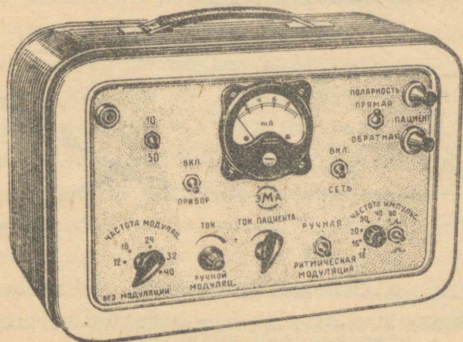
Mida suurem on akommodatsioonikoefitsient, seda kõrgem on lihase akommodatsioonivõime ja vastupidi. Akommodatsioonikoefitsiendi väärtused 3 ja vähem viitavad algavale elektrilisele degeneratsioonile, akommodatsioonikoefitsient 1 esineb ülliraske kahjustuse korral. Viimasel juhul jääb elektrostimulatsioonravi praktiliselt tulemusteta.

### Aparatuur.

Käesoleval ajal toodab kodumaine tööstus kahte elektrostimulatsiooni-aparaadi tüüpi - ACM-2 ja ACM-3.

Aparaat ACM-2 annab järgmisi vooluliike: 1) galvaanilist, 2) 8 erinevat eksponentsiaalimpulssvoolu sagedusega 8 - 80 Hz (üksikimpulsi kestusega 60 - 3 msec) ja 3) tetaniseerivat impulssvoolu (faraadilist) sagedusega 100 Hz. Kuna ACM-2 annab nii tetaniseerivat (faraadilist) kui galvaanilist voolu, saab siin teostada ka klassikalist elektrodiagnostikat.

Aparaat ACM-3 (joon. 16) annab 1) galvaanilist voolu, 2) 9 erinevat eksponentsiaal- ja täisnurkimpulssvoolu sage-

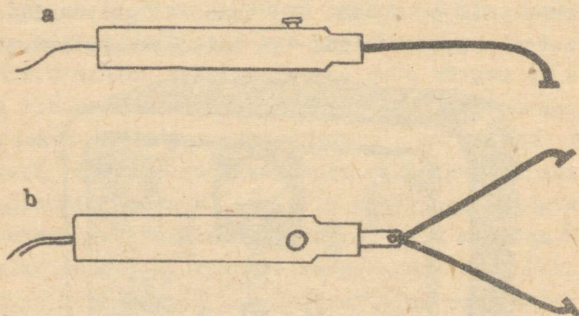


Joon. 16. Elektrostimulatsiooni-aparaat ACM-3.

dusega 8 - 100 Hz (üksikimpulsi kestusega 60 - 2 msec).

### Elektroodid.

Elektrostimulatsiooni elektroode liigitatakse 1) aktiivseteks e. diferentseteks, mis fikseeritakse vastava närvi või lihase mootorsetel punktidel, ning 2) passiivseteks e. indiferentseks elektroodiks. Passiivne elektrood on vahetükiga pliiplaat (vt. galvanisatsioon) suurusega 150 - 200 cm<sup>2</sup>. Passiivne elektrood on aktiivse suhtes vastasmärgiga ning ta fikseeritakse abaluudevahelisele alale elektrostimulatsiooni teostamisel ülakeha piirkonda või ülajäsemetele ja nimmeristлуу piirkonda alajäsemete lihaste elektrostimulatsiooni korral. Aktiivsed elektroodid on tavaliselt väikese pindalaga elektroodid, kusjuures kasutatakse järgmisi elektroodiliike (joon. 17): a) käsikatkestiga nuppelektrood 1 - 3-cm<sup>2</sup>-se pindalaga, b) käsikatkestiga kaheharuline nuppelektrood, c) väikese pindalaga (1 - 4 cm<sup>2</sup>) vahetükiga plaatelektrood. Vahetükid niisutatakse sooja kraaniveega või füsioloogilise lahusega.



Joon. 17. Elektrostimulatsiooni elektroodid:  
a - ühepooluseline ja b - kahepooluseline käsikatkestiga nuppelektrood.

2) Lihaste elektrostimulatsioon tehakse kas) rütmilise või aktiivse elektrostimulatsiooni näol.

Rütmilise elektrostimulatsiooni ühepooluselise meetodika korral fikseeritakse nuppelektrood või väike plaatelektrood närvi või lihase motoorsele punktile, kahepooluselise meetodika rakendamisel fikseeritakse kaheharuline nuppelektrood või kaks väikest plaatelektroodi lihase äärmises proksimaalses ja distaalses otsas.

Aktiivne elektrostimulatsioon toimub haige enda aktiivsel kaasabil. Aktiivset elektrostimulatsiooni saab läbi viia ainult siis, kui on säilinud kasvõi minimaalne lihase aktiivne kontraktsioon. Elektrilise ärritusega samaaegselt püüab haige vastavat lihast tahtlikult kontraheerida.

Elektrostimulatsiooniks sobiva voolu leidmiseks lähtutakse igal konkreetsel juhul klassikalise elektrodiagnostika andmetest, ühtlasi teostatakse laiendatud elektrodiagnostika. Laiendatud elektrodiagnostika eesmärgiks on leida sobiv impulssvool elektrostimulatsiooniks (nn. optimaalne vool), mis annab suhteliselt vähema voolutugevuse rakendamisel jõulise tetaanilise kontraktsiooni ega kutsu haigel esile valuaistingut. Selleks määratakse kõigi eksponentsiaalvoolude (ACM-3 kasutamisel ka täisnurkvoolude) erutusläve väärtused, alustades madalama sagedusega impulssvooludest, kuni jõutakse sageduseni, mis annab lihase tetaanilise kontraktsiooni. Elektrostimulatsioonikuuri alustatakse voolutugevusega, mis ületab 10 % võrra erutusläve. Edaspidi võib tõsta voolutugevust üleläviseks kuni 50 % võrra.

Tuginedes klassikalise elektrodiagnostika andmetele alustatakse perifeerse motoorse neuroni raske kahjustuse korral elektrostimulatsioonikuuri) rütmilise galvanisatsiooni abil (tetaniseerivale voolule lihas ei reageeri) ning minnakse edaspidi üle pikema impulskestusega) impulssvoolule (60 - 40 msec). Kuuri alguses valitakse väike modulatsioonisagedus (8 - 10 - 12 korda minutis), mis lihast liialt

ei väsita. Kerge kahjustuse korral alustatakse kuuri (tetaniseeriva vooluga, minnes üle tetaniseerivale voolule lähedase lühikese) impulsiga impulssvoolule (3 - 5 msec), ning kasutatakse suuremat modulatsioonisagedust. Protseduuri kestus on 15 - 20 minutit. Raskete kahjustuste korral katkestatakse protseduur 4 - 5 korda, lastes lihast mõni minut puhata. Ravikuuriks on 20 - 30 protseduuri, mis viiakse läbi iga päev või ülepäeviti. Kuuri võib ühe kuni poolteise kuu pärast korrata.

Sooleperistaltika stimuleerimiseks kasutatakse pikema kestusega impulsse ning kahte suure pindalaga vahetükiga plaatelektroodi, mis fikseeritakse kõhu eesseinale ja nimmepiirkonda.

#### Näidustused ja vastunäidustused.

Näidustused elektrostimulatsiooniks:

1. Lõdvad halvatused taastumisjärgus, s. t. 1 - 2 kuud pärast halvatusete teket (poliomüeliit, polüneuriidid, perifeersetes närvides trauma, neuriidid jt.).
2. Krooniline obstipatsioon.
3. Kusepõie ja sfinkteri atoonia, enurees.

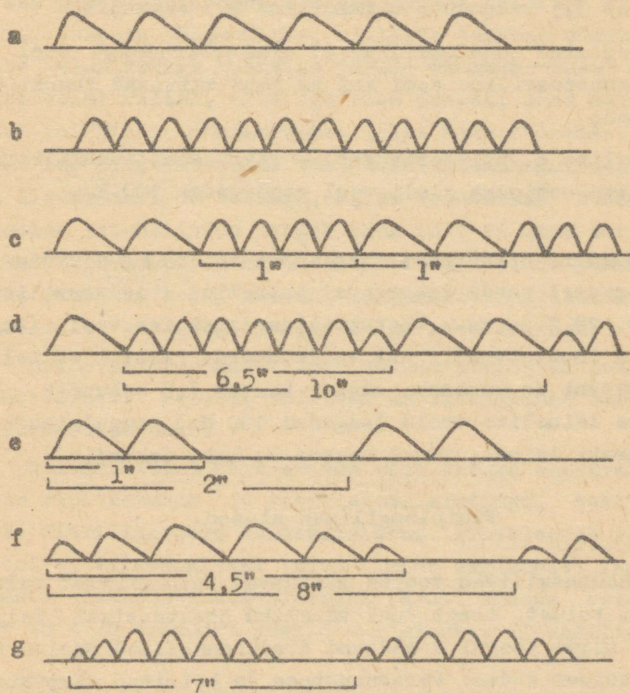
Vastunäidustused:

1. Spastiline halvatus.
2. Algav või väljakujunenud lihase kontraktuur.
3. Lihas ja närv ei reageeri elektrilisele ärritusele.

#### DIADÜNAMOTERAAPIA.

Diadünamoteraapiaks kasutatakse madalsageduslikke sinusoidaalseid impulssalalisvoolusid (sagedusega 50 - 100 Hz). Käesoleva sajandi 30. aastatel esitas prantsuse arst Pierre

Bernard rea diadünaamilise voolu liike (joon. 18) (esimesed kaks on põhivoolud ja ülejäänud nende modulatsioonid), mida rakendatakse ka kaasaegses diadünamoteraapia aparatuuris:



Joon. 18. Diadünaamilise voolu liikide graafik:

a - monofaasiline fikseeritud vool, b - difaasiline fikseeritud vool, c - vool, moduleeritud lühikeste perioodidega, d - vool, moduleeritud pikade perioodidega, e - süngoobirütmiga vool, f - ühetaktiline laineline vool, g - kahetaktiline laineline vool.

- ① monofaasiline e. ühetaktiline fikseeritud vool, sagedus 50 Hz;
- ② difaasiline e. kahetaktiline fikseeritud vool, sagedus 100 Hz;

- 3) vool, moduleeritud lühikeste perioodidega - mono- ja difaasiline vool vaheldub, kestes kumbki üks sekund;
- 4) vool, moduleeritud pikkade perioodidega - mono- ja difaasiline vool vaheldub, kusjuures monofaasiline vool kestab 3,5 sekundit, difaasiline 6,5 sekundit;
- 5) katkestatud monofaasiline e. süngoobirütmiga vool - nii monofaasiline vool kui ka paus kestavad kumbki üks sekund;
- 6) laineline e. pulseeriv vool - väikeseamplituudiliste pulsatsioonidega alalisvool sagedusega 100 Hz.

Kodumaine diadünamoteraapiaaparaat CHMM-1 võimaldab viimase asemel saada kahesugust lainelist diadünaamilist voolu (joon. 18 f ja g). Ühetaktiline laineline vool (sagedus 50 Hz) on impulssvool, kus voolutugevus impulsi vältel aeglaselt kasvab ja kahaneb. Pausi kestus 3,5 sekundit. Kahe-taktilise lainelise voolu (sagedus 100 Hz) impulssikuju meenutab samuti lainet, pausi kestus on kaks sekundit.

#### Füsioloogilised alused.

Diadünaamilised voolud avaldavad intensiivset valuvaigistavat toimet, isegi kuni täieliku anesteesiaani. Valuvaigistava toime kõrval avaldavad diadünaamilised voolud troofilist toimet kudede verevarustuse ja häiritud ainevahetusprotsesside normaliseerimise teel, vähendavad kudede turset. Bernard toob esile, et diadünaamiliste voolude ning madalsageduslike impulssalalisvoolude toime üldse sõltub impulsi kujust, sagedusest; protseduuri kestusest ja läbiviimise meetodikast. Bernardi järgi avaldavad diadünaamilised voolud kahte põhilist toimet: 1) dünamogeenset ja 2) pidurdavat.

4) Esmane e. momentaanne dünamogeenne toime väljendub erutusnähtude tekkes - naharetseptorite ärritus kutsub esile vibratsiooni- ja kipitusaistingu, tekivad sile- ja vöötli-

haste fastsikulaarsed kontraktsioonid. Esmane pidurdav toime väljendub erutusläve tõusus valuärrituse puhul, põhjustades valuaistingu kiiret kadumist. (1)

Teisene e. hiline dünamogeenne toime tekib mõni tund pärast protseduuri ning avaldub kudede troofika stimulatsioonis, tursete vähenemises, lihaste toonuse tõusus. Esmase kiire valuaistingu kadumise järel taastub valu aeglaselt paari tunni vältel, siis aga kaob uuesti, mida Bernard seletab kui hilise dünamogeenne toime ühte tulemust. Teisene e. hiline pidurdav toime väljendub järkjärgulises harjumuses diadünaamilise vooluga, mille tulemusena kudede reaktsioonide intensiivsus langeb ning ravi ei anna soovitud tulemusi. Moduleeritud diadünaamiliste voolude puhul, kus sagedus perioodiliselt muutub, harjumist praktiliselt ei teki, fikseeritud vooludega harjuvad aga koed kiiresti. (2)

Erinevad diadünaamilised voolud avaldavad kudedele erinevat toimet, millest sõltuvad ka näidustused ühe või teise voolu kasutamiseks.

Monofaasiline fikseeritud vool kutsub elektroodide all esile kipitustunde ja vibratsiooniaistingu, tekitades lihaste fibrillaarseid kontraktsioone. Prevaleerib dünamogeenne toime, valuvaigistav toime ilmneb aeglaselt. Kasutatakse lihaste elektrostimulatsiooniks pärast kudede ettevalmistamist 10 - 20 sekundit kuni 1 - 2 minutit difaasilise vooluga. D.

Difaasiline fikseeritud vool tekitab nahal kipitustunde ning vibratsiooniaistingu. Rakendades suuremat voolutugevust (haige taluvuse piirini) tekib tugeva vibratsiooniaistingu foonil kiirelt analgeesia, paraneb kudede elektrijuhitus. Kasutatakse kui ettevalmistavat menetlust enne teiste diadünaamiliste voolude rakendamist. A

Lühikeste perioodidega ("lühike periood"), moduleeritud voolu puhul prevaleerib dünamogeenne toime, toimub lihaste rütmiline massaaž. Vereringe paraneb, kudede temperatuur D

toime piirkonnas tõuseb. Lühike periood stimuleerib kudede ainevahetus- ja resorptsiooniprotsesse. Valuvaigistav toime tekib aeglaselt 2 - 3 minuti pärast.

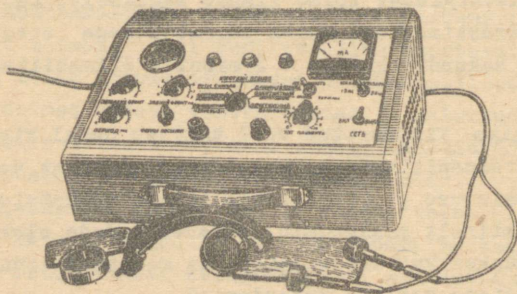
IV Pikkade perioodidega ("pikk periood"), moduleeritud voolu puhul prevaleerib valuvaigistav toime. Kasutatakse valuga seotud protsesside, neuralgiate, müalgiate jt. korral.

V Sünkoobirütmiga voolu toimel tekib lihaste rütmiline kontraktsioon. Ühefaasilise voolu lühikese kestuse ning pauside tõttu ei kujune välja harjumist vooluga, mistõttu kontraktsioonid püsivad intensiivsetena. Kasutatakse lihaste elektrostimulatsiooniks.

VI Laineline diadünaamiline vool kutsub elektroodide all esile nõrga kipitus- ja vibratsioonitunde. Rakendatakse elektroforeesi puhul, tavaliselt novokainiga.

#### Aparatuur.

Kodumaised diadünamoteraapia-aparaadid on CHM-1 ja portatiivne diadünamoteraapia aparaat - mudel 717.



Joon. 19. Diadünamoteraapia-aparaat CHM-1.

Aparaat CHM-1 annab nii Bernardi poolt kasutuselevõetud diadünaamilise voolu liike kui ka ühe- ja kahetakti-

list lainelist voolu. Viimase kahe voolu impulsiperioodi kestus ning impulsi eesmise (tõusu) ja tagumise (languse) frondi kestus on reguleeritavad. Portatiivne diadünamoteraapiaaparaat mudel 717 annab samasuguseid diadünaamilise voolu liike nagu CH MM-1.

### Elektroodid.

Diadünamoteraapia läbiviimiseks kasutatakse kolmesuguseid elektroode:

- 1) kaks väikese pinnaga ümmargust vahetükiga elektroodi (anood ja katood) on fikseeritud ühise käepideme külge. Anoodi ja katoodi vaheline kaugus on reguleeritav ainult mõnesentimeetrises ulatuses;
- 2) kaks keskmise suurusega ümmargust elektroodi ühise käepidemega, siin aga on anoodi ja katoodi vaheline kaugus reguleeritav suuremas ulatuses;
- 3) vahetükkidega plaatelektroodid pindalaga 10 - 100 cm<sup>2</sup>. Vahetükid niisutatakse kas sooja kraanivee või füsioloogilise lahusega.

### Tehnika, meetodika ja doseerimine.

Enamikus kasutatakse käepidemega, nn. lokaalseid elektroode, mis asetatakse tihedalt vastu nahka. Palpeerides välja valupunkti, lokaliseeritakse sellele katood, kahe valupunkti korral aga ühele katood ja teisele anood, kusjuures protseduuri keskel võib pooluseid vahetada. Diadünamoteraapia protseduur on lühiajaline - 4 - 5 minutit, seda eriti akuutsete protsesside korral. Viimasel ajal soovitatakse krooniliste valuga seotud protsesside korral 8 - 12-minutilise kestusega protseduure. Kui valupunkte on rohkem kui kaks, tehakse samal seansil igale järgmisele punktipaarile ühe minuti võrra lühem protseduur. Protседuuride arv ravikuuris on

varieeruv: 1 - 10 protseduuri, tavaliselt aga 6 - 8 protseduuri.

Peab märkima, et standardset diadünamoteraapia metoodikat ei eksisteeri. Enamikus kasutatakse akuutsete valusündroomide korral protseduuri algul 15 sekundit - 2 minutit difaasilist voolu, seejärel 2 - 3 minutit "lühikest perioodi". Krooniliste valusündroomide korral kasutatakse  $\sqrt{2}$ -1-minutise difaasilise voolu järel "lühikest perioodi" 2 - 3 minutit ning seejärel "pikka perioodi" samuti 2 - 3 minutit.

Elektroforeesiks kasutatakse lainelist diadünaamilist voolu või difaasilist voolu 10-15 minuti vältel. Enamikus teostatakse novokainelektroforeesi. Kasutatakse vahetükiga plaatelektroode, mis fikseeritakse sidemete või liivakotikestega.

Voolutugevuse määramisel lähtutakse patsiendi aistingust: patsient peab tundma kipitustunnet ja difaasilise voolu korral tugevat vibratsiooni, mitte aga valu.

#### Näidustused ja vastunäidustused.

Diadünamoteraapiat rakendatakse järgmistel näidustustel:

1. Perifeersetes närvides haigused, millega kaasneb valusündroom (neuralgiad, neuriidid, neuromüosiidid, radikuliidid jt.).
2. Ligamentide ja lihaste traumaatilised rebendid ja venitused, liigeste ja lihaste kontusioonid.
3. Deformeeruvad artroosid, spondüloos, periartriidid, epikondüliidid.
4. Periodontiidid, parodontoos.
5. Sapipõie düskineesia, soolestiku atoonia ja spastilised seisundid.

6. Neurovegetatiivsed sündroomid (migreen, solariidid, Raynaud' tõbi).

Vastunäidustused:

1. Valusündroomid, mille põhjuseks on luumurrud või hematoomid.
2. Mädapõletikud.
3. Pahaloomulised kasvajaad.
4. Tromboflebiit.
5. Nefro- ja kolelitiaas.
6. Individuaalne diadünaamiliste voolude talumatus.

#### ELEKTERUNIRAVI.

Elekteruniraviks kasutatakse madalsageduslikku, väikese voolutugevusega täisnurkset impulssalalisvoolu (joon. 3).

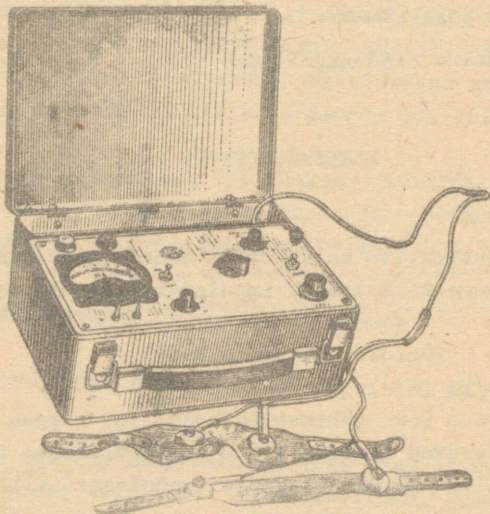
#### Füsioloogilised alused.

Elekterune teke põhineb asjaolul, et nõrgad rütmilised ärritajad kutsuvad kudedes esile pidurdusnähte. Selliseks nõrgaks rütmiliseks ärritajaks on madalsageduslik väga väikese voolutugevusega impulssvool, mis, läbides aju basaalsed osad, kutsub esile pidurdusnähtude teket kesknärvisüsteemis. On tehtud kindlaks, et elekteruni läheneb oma olemuselt füsioloogilisele unele. Ka on elektroentsefalogramm elekterune ajal väga sarnane tavalise une elektroentsefalogrammiga.

Kõigi haigete puhul ei õnnestu esile kutsuda sügavat und, vaid mõnda une ja ärkveloleku vahepealset faasi. Kartlikud, kergesti ärrituvad haiged võivad uniravile mitte reageerida une tekkega.

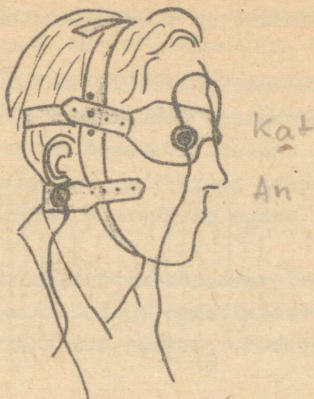
## Aparatuur ja elektroodid.

Kasutatakse kodumaist portatiivset elekteruniravi-aparaati ЭС-1П (joon. 20), mis annab täisnurkset impulss-alalisvoolu sagedusega 2 - 130 Hz, üksikimpulsi kestusega 0,4 - 2,0 msec, voolutugevusega kuni 1 mA.



Joon. 20. Elekteruniravi-aparaat ЭС-1П .

Elektroode on 4: kaks elektroodi (katood) asetatakse suletud silmadele ning kaks (anood) - nibujätketele. Elektroodid kinnitatakse spetsiaalse kummist elektroodihoidja külge, mis fikseeritakse haigele ümber pea (joon. 21). Vahe-tükkideks on füsioloogilise lahusega niisutatud vatitükikesed.



Joon. 21. Elektroodide fikseerimine suletud silmadele ja nibujätkele elekteruniravi korral.

Protseduuri tehnika, metoodika ja doseerimine.

Elekteruniravi viiakse läbi vaikes ja hämaras ruumis. Patsient lamab mugavas asendis. Eelnevalt tuleb haigele kirjeldada aistingute iseloomu, mida ta protseduuri alguses tunneb. Esmalt tekib elektroodide all kerge kipitustunne, millele järgneb vibratsiooni- või koputustunne. Mingi teistsuguse aistingu tekkimisel peab haige sellest kohe teatama.

Igal konkreetset juhul tehakse esimese paari-kolme protseduuri vältel kindlaks optimaalne voolusagedus, mis kutsub antud haigel esile une. Enamikus on see 5 - 25 Hz piires. Voolutugevus on tavaliselt 0,2 - 0,8 mA piires, kusjuures ravikuuri alustatakse väiksema voolutugevusega ning järgmiste protseduuride ajal voolutugevust suurendatakse, kuid mitte üle 0,8 mA.

Protseduuri kestus on 1 - 2 tundi. Ravikuur koosneb 15 - 20 protseduurist, mida tehakse iga päev. Protseduuri lõppedes elektroode ei eemaldata, vaid lastakse haiget magada edasi kuni spontaanse ärkamiseni.

## Näidustused ja vastunäidustused.

Näidustused elekteruniraviks on laialdased ning langetavad kokku näidustustega uniraviks üldse. Siinjuures ei tule arvesse need vastunäidustused uniraviks, mis on seotud medikamentoosseks uniraviks manustatavate uinutite suurte annustega (maksa ja neerude parenhüümatoossed kahjustused jt.).

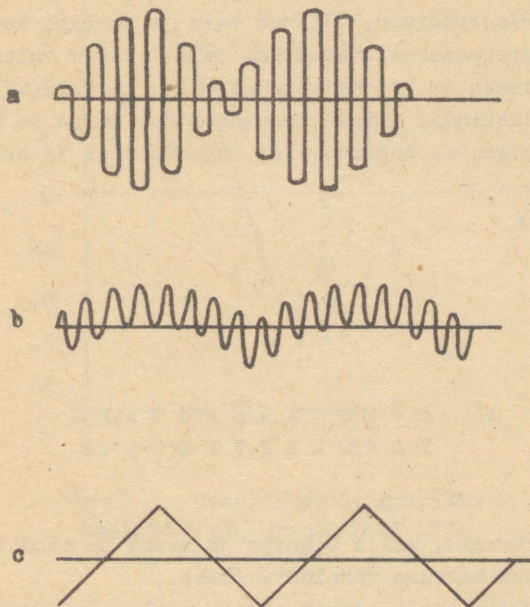
Elekteruniravi vastunäidustusteks on ülierutusseisundid, raske kardiovaskulaarne puudulikkus, silmade ja laugude lokaalsed põletikud, protseduuri individuaalne talumatus.

## INTERFERENTSVOOLUD.

Toimitakse kahe sõltumatu keskmise sagedusega üksteise suhtes perpendikulaarse vooluringi abil, mille interfereerumisel tekivad sügaval asetsevates kudedes uued madalsageduslikud impulssvoolud. Biovooludele lähedaste madalsageduslike voolude toime on füsioloogilisem ning võimaldab kudedes taastada patoloogiliste protsesside tagajärjel häiritud biopotentsiaalide füsioloogilist võnkerütmi.

Ravi otstarbel rakendas interferentsvoolusid austria teadlane Nemeč, kes kasutas samaaegselt kahte sõltumatut vooluringi sagedusega 4000 Hz, kusjuures neist ühe sagedus on muudetav 3900 - 4000 Hz ja teise sagedus 3990 - 4000 Hz piires. Kahe voolu ristumisel kudede sügavuses tekivad uued oma parameetritelt biovooludele lähedased impulssvoolud. Kuna interferentsinähtuse põhjustavad sageduselt 10 - 100 Hz piires erinevad põhivoolud, siis varieerub ka uute tekkinud voolude sagedus sama madala sageduse piires. Interferentsvooluteraapiat nimetatakse ka ioonmodulatsiooni meetodiks, kuna ioonide liikumine kudedes moduleeritakse vastavalt põhivoolude sagedusmodulatsioonile.

Kaasaegne interferentsvooluteraapia aparatuur võimal-  
dab saada kolmesugust interferentsvoolu (joon. 22). Inter-  
ferentsvooluteraapia aparatuuri Nõukogude Liidus ei toode-  
ta (kasutusel on välismaine aparaat "Nemetrodyn"). Neli



Joon. 22. Interferentsvoolu liikide graafik:

a - tegelik interferentsvool, b - muutorvool,  
c - rootorvool.

vahetükiga elektroodi, kummagi vooluringi jaoks kaks, lo-  
kaliseeritakse selliselt, et mõlema voolu ristumine tekiks  
piirkonnas, mida tahetakse mõjutada. Protseduuri kestus on  
15 - 20 minutit voolutugevusega 20 - 40 mA, kuuriks 10 - 20  
protseduuri.

Interferentsvoolude ravitoime mehhanism pole senini veel päris selge. Peetakse tõenäoliseks, et ravitoime aluseks on afferentse patoloogilise impulsatsiooni blokeerimine, kusjuures interferentsvoolude sageduse muutumine teatud piirides väldib harjumuse teket nende voolude suhtes. Toime piirkonnas tekib kudede hüperemia, kiireneb põletikukollete resorptsioon, väheneb valu ja paraneb kudede troofika. Interferentsvooluteraapiat rakendatakse valusündroomiga subakuutsete ja krooniliste põletike korral (välja arvatud mädapõletikud), kudede traumaatilise turse ja hematoomide, sümptalgiate, endarteriidi, spondüloosi ja artrooside korral.

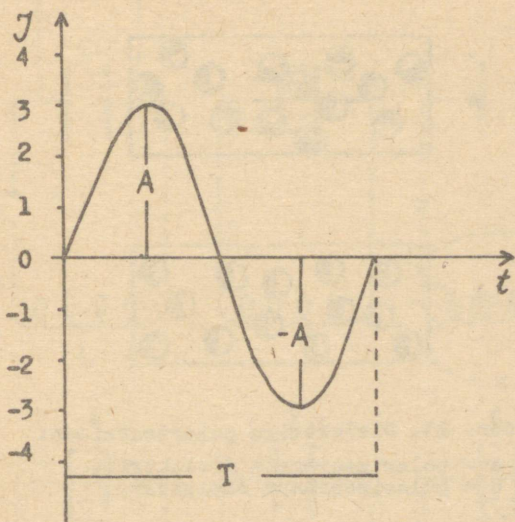
## II. KÕRGSAGEDUSLIK VAHELDUVVOOL.

Elektrivoolu, mille tugevus ja suund perioodiliselt muutuvad, nimetatakse vahelduvvooluks.

### Füüsikalised alused.

Vahelduvvoolu iseloomustab kolm põhisuurust: amplituud, periood ja sagedus (joon. 23). Vahelduvvoolu või -pinge amplituud on voolutugevuse või pinge maksimaalne väärtus. Vahelduvvoolu ja -pinge periood  $T$  on aeg, mille vältel vool või pinge kasvab ühes suunas maksimaalväärtuseni, kahaneb nullini, muudab suunda, kasvab teisesuunalise maksimaalväärtuseni ja langeb taas nullini. Sagedus  $f$  on võnkumise perioodide arv sekundis ning sageduse mõõtühikuks on herts (Hz).

Kõrgete sageduste mõõtmiseks kasutatakse hertsist tuhat korda suuremat ühikut - kilohertsi (kHz) ja miljon korda suuremat ühikut - megahertsi (MHz). Lainepikkuseks  $\lambda$

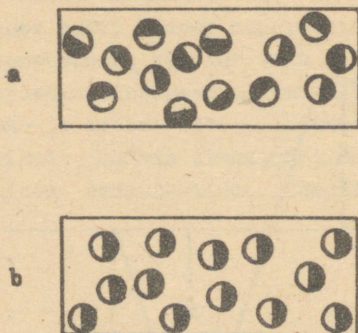


Joon. 23. Vahelduvvoolu graafik:  
amplituud (A) ja periood (T).

nimetatakse kahe lähima samas faasis oleva punkti vahelist kaugust e. vahemaad, mille läbib mingi fikseeritud laine-punkt ühe perioodi vältel.

Iga elektrilaengut ümbritseb elektriväli, mis avaldub mehaaniliste jõudude olemasolus laetud osiste vahel. Nähtust, kus kõrvaline elektriväli tekitab neutraalses kehas elektrilaenguid, nimetatakse elektrostaatiliseks induktsiooniks. Juhtiva keha elektriseerimisel kandub laeng laiali üle keha pinna ning laetud elektrijuht omandab võrreldes neutraalsega mingi potentsiaali. Elektrivälja asetatud dielektrikus elektrilist induktsiooni ei teki (pole küllalda-

selt vabu elektrone). Siin tekib induktsioonitaoline nähtus, dielektriku polarisatsioon, mis väljendub molekulide-siseses laengute ümberpaigutumises (joon. 24). Dielektriku polarisatsioonil muutub teatav hulk energiat soojuseks.



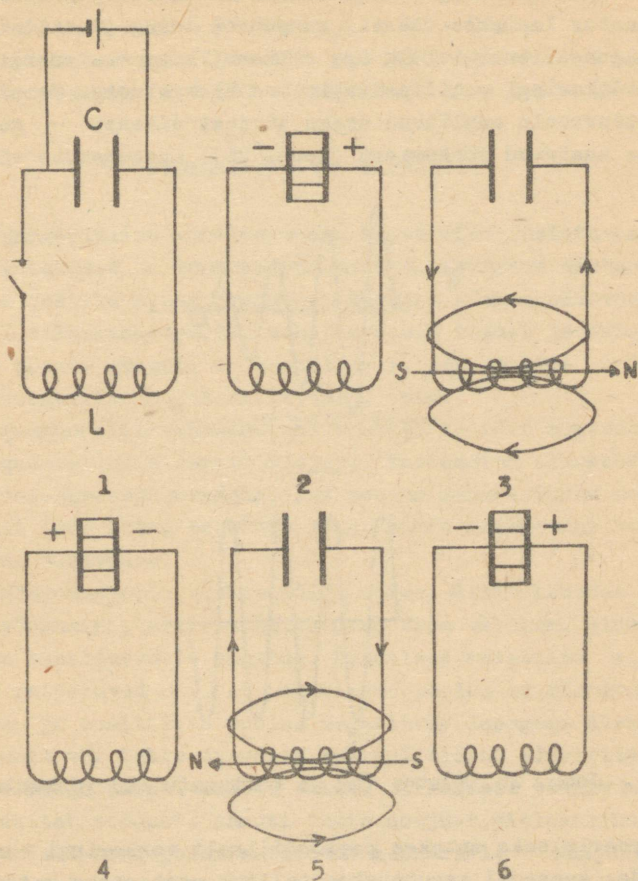
Joon. 24. Dielektriku polarisatsioon:

- a - polariseerumata dielektrik,
- b - polariseerunud dielektrik.

Iga liikuvat elektrilaengut ümbritseb magnetväli. Elektrilised ja magnetilised nähtused on vastastilised: elektrivool kutsub esile magnetvälja, kuid ka muutuv magnetväli tekitab elektrivoolu, mistõttu kogu nähtust nimetatakse elektromagnetiliseks induktsiooniks (induktsiooninähtuse kohta lähemalt vt. füüsika kursus).

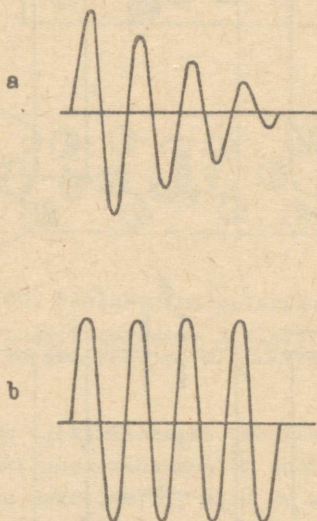
Meditiinilises elekteraparatuuris genereeritakse kõrgsageduslikku vahelduvvoolu\* võnkeringi abil, mis koosneb kondensaatorist ja eneseinduktsioonipoolist (joon. 25). Laetud kondensaatori tühjenemisel tekib kinnises võnkeringis vool ning induktiivpooli ümber magnetväli. Vastavalt voolutugevuse vähenemisele võnkeringis indutseerub sama vooluringi läbivale voolule samasuunaline elektromotoorne jõud ning kondensaatori plaadid laetakse eelnevale vastupidiselt. Konden-

\* Kõrgsageduslikuks nimetatakse vahelduvvoolu sagedusega üle 20 000 Hz.



Joon. 25. Kinnine vönkering. Omavahel järjestikku ühendatud kondensaator C ja induktiivpool L moodustavad kinnise vönkeringi, kus elektromagnetiliste vönkumiste teke on seotud elektrostaatilise energia perioodilise muundumisega magnetiliseks energiaks ja ümberpöördult.

saator tühjeneb uuesti, võnkeringis tekib eelnevale vastasuunaline vool ning eneseinduktsioon induktiivpoolis. Kondensaator laetakse uuesti, kusjuures laeng plaatidel on nagu alguses, energiahulk aga väiksem, kuna osa energiat kulus võnkeringi oomilise takistuse ületamiseks. Genereeritud vahelduvvoolu amplituud seega järjest väheneb - genereeritakse kustuvad võnkumised (joon. 26). Kustumatute võnkumiste



Joon. 26. Kustuv (a) ja kustumatu (b) võnkumine.

genereerimiseks antakse perioodiliselt võnkeringis energiat juurde; kaasajal kasutatakse selleks otstarbeks katoodlampe.

Meditiinilises kõrgsageduslikus elekteraparatuuris on patsient lülitatud nn. terapeutilisse vooluringi, mis on tehnilise vooluringiga, kus genereeritakse kõrgsagedusvahelduvvool, induktiivselt seotud.

Füsioteraapias kasutatakse järgmisi kõrgsagedusvoolu protseduure:

darsonvalisatsioon ( $f = 100 - 300 \text{ kHz}$ ;  $\lambda = 3000 - 1000 \text{ m}$ ),  
diatermia ( $f = 300 \text{ kHz} - 1 \text{ MHz}$ ;  $\lambda = 1000 - 3000 \text{ m}$ ),  
induktoterapia ( $f = 10 - 50 \text{ MHz}$ ;  $\lambda = 30 - 6 \text{ m}$ ),  
ultralühilaineteraapia ( $f = 15 - 300 \text{ MHz}$ ;  $\lambda = 20 - 1 \text{ m}$ ),  
mikrolaineteraapia ( $f = 300 - 3000 \text{ MHz}$ ;  $\lambda = 1 \text{ m} - 10 \text{ cm}$ ).

### Biofüüsikalised alused.

Kõrgsagedusliku vahelduvvoolu kasutamine füsioteraapias, näidustused ja vastunäidustused on määratud nähtustega, mis tekivad elusa organismi kudedes kõrgsagedusvoolu toimel.\* Kõrgsagedusliku vahelduvvoolu toimet jaotatakse kahte suurde gruppi: 1) termiline e. soojustoime ja 2) ekstratermiline e. otsillatoorne toime.

Kõrgsageduslik vahelduvvool tekitab kudedes sügavat, nn. endogeenset e. sisemist soojust. Vastandina eksogeensetele soojusprotseduuridele, kus soojus manustatakse naha pinnalt (soe kott, parafiin jt.), tekib endogeenne soojus kudede sügavuses.

Kõrgsagedusvoolu elektrivälja toimel tekib kudedes loonide võnkumine, mille amplituud on seda väiksem, mida suurem on vahelduvvoolu sagedus. Dipoolsed molekulid e. dipoolid roteeruvad nii, et negatiivne poolus on pööratud positiivse ja positiivne poolus negatiivse laenguga elektroodi suunas või tekib dipoolis molekulis sisene elektrilaengute ümberpaigutumine. Laetud osiste liikumisel tekkiv hõõrdumine tekitab soojust, samuti tekib soojust dielektriku polariseerumisel ning polarisatsiooni kadumisel, kusjuures energia võetakse elektrivälja põhjustanud energiaallikalt. Kogu dielektrikus soojuseks muunduvat energiat nimetatakse dielektrikuskaoks.

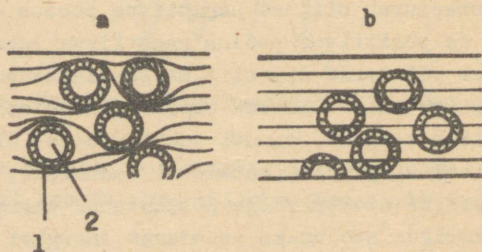
\* Didaktilistel kaalutlustel käsitleme siinkohal diatermia, induktoterapia, ultralühilaine- ja mikrolaineteraapia toimet; darsonvalisatsioonil kui mitmes suhtes erineval protseduuril peatume lähemalt vastavas peatükis (vt. darsonvalisatsioon).

Elektrivoolu, mille korral tekib laetud osiste liikumine, nimetatakse juhtevooluks. Nihkevooluks nimetatakse muutuva elektrivälja toimel indutseeritud magnetvälja, mille pinge on võrdeline elektrivälja muutumise kiirusega. See-  
ga pole nihkevool oma olemuselt otseselt elektrivool. Nihkevoolu tihedus on vaakuumiga võrreldes dielektrikus suurem, kuna dielektriku polarisatsioonil tekivad polarisatsioonivool omakorda tekitab magnetvälja.

Inimkeha kudedel on oomiline ja mahtuvuslik elektrijuhtivus (juhtivus on takistuse pöördväärtus). Mahtuvusjuhtivuse tingib asjaolu, et rakumembraanid on dielektrikud, rakkudevaheline vedelik ja protoplasma aga kuuluvad ioonsete elektrijuhtide hulka.

Suhteliselt madalamate sageduste korral (mõne miljoni hertsini) prevaleerib ioonne elektrijuhtivus ning seega juhtevool. Suhteliselt kõrgemate sageduste korral (mõnikümmend miljonit hertsi) tõuseb mahtuvusjuhtivuse osatähtsus, mistõttu hakkab prevaleerima nihkevool.

Ülikõrgete sageduste korral kasvab nihkevool veelgi, mille järel toime koe kõikides elementides ühtlustub (joon. 27). Elekterravi aspektist kasutatakse kõrgsagedusprotse-



Joon. 27. Rakud kõrgsagedusvoolu väljas:  
a - diatermia ja b - ultralühilaine korral;  
1 - raku kest, 2 - raku sisu.

duuride korral soojusjaotumuse näitajana kudedes vahetada rasv- ja lihaskoe soojenemise vahel. Rasvkude kui orga-

nismi füsioloogiline soojusbarjäär on, võrreldes lihaskoe-  
ga, madala erijuhtivuse  $\sigma$  ja madala dielektrilise läbita-  
vusega  $\epsilon$  ning soojeneb suhteliselt madalamate sageduste  
korral tunduvalt rohkem, mistõttu sügavamal asetsevad koed  
soojenevad vähe.

Voolusageduse suurenedes suureneb dielektriline läbi-  
tavus ja suureneb tunduvalt mahtuvusjuhtivus, mistõttu ilm-  
neb nivelleerumistendents rasv- ja lihaskoe soojenemise vahel.  
Kui diatermia korral ( $f = 300 \text{ kHz} - 1 \text{ MHz}$ ) soojeneb rasv-  
kude  $\sim 9 \times$  rohkem kui lihaskude, siis mikrolaineteraapia  
korral ( $f = 300 \text{ MHz} - 3000 \text{ MHz}$ ) on vahakord rasv- ja lihas-  
koe soojenemise vahel  $\sim 1 : 1$  (joon. 28).

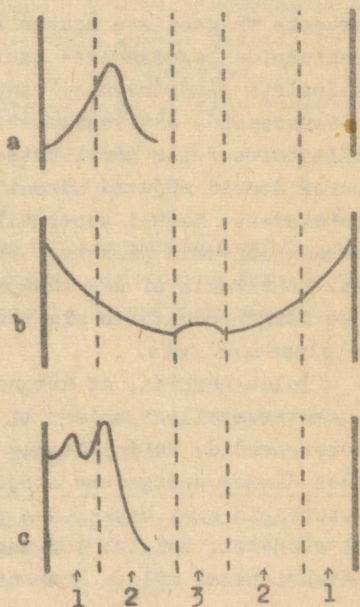
Endogeense soojuse poolt põhjustatud nähtustest kudedes on olulisemad järgmised:

1. Tekib veresoonte kahefaasiline reaktsioon, kusjuures lühiajaline isheemiline faas asendub kestva arteriaalse hüperreemiaga, mis kestab veel mõni aeg pärast protseduuri lõppemist.

2. Vereringe lokaalse paranemise tulemusena intensiivistub kudede ainevahetus, kiirenevad resorptsiooni- ja regeneratsiooniprotsessid.

3. Soojus avaldab vööt- ja silelihastele spasmolüütilist toimet.

4. Avaldab mõõdukat valuvaigistavat toimet.



Joon. 28. Erinevate kudede soojenemine. a - induktoter-  
mia, b - ultralühilainete-  
raapia ja c - mikrolainete-  
raapia korral; 1 - rasvkude,  
2 - lihased, 3 - luu.

5. Muutub veresoonte permeaablus, mistõttu paraneb ravigainete migratsioon.

Esitatud reaktsioonid, olles kõige intensiivsemad lokaalselt toime piirkonnas, tekivad reflektorse mehhanismi teel sama segmenti piires ka kaugemal asetsevates kudedes ja elundites.

2  
Kõrgsagedusvoolu ekstratermiline e. ostsillatoorne toime suureneb voolusageduse tõustes. Sageduse korral üle 500 kHz kaob erutuslätte tõhusust tingitult vahelduvvoolu ärritav toime kudedele, asendudes valuvaigistava toimega. Mida suurem on sagedus, seda intensiivsem on kõrgsagedusvoolu valuvaigistav toime. Ostsillatoorse toimega seostatakse koevalkude elektriliste omaduste muutust, jämedisperssete valguosiste muutumist peendisperseemateks, rakumembraanide permeaabluse suurenemist vesinikioonile, kolloidosiste pindpinevuse, samuti viskoossuse nihkeid, fermentüsteemide aktiveerumist. Peamiselt realiseerub ostsillatoorne toime närvisüsteemi elementidel, kusjuures suured doosid mõjuvad pärssivalt, väikesed aga tõstavad erutatavust. Samuti seostatakse ostsillatoorse toimega kõrgsagedusvoolu pärssivat toimet põletikunähtude suhtes. Kahtlemata ei saa tänapäeval veel lugeda selgitatuks kõrgsagedusvoolu ekstratermilise toime kõiki avaldusi elusorganismis.

Tuleb märkida, et kõrgsagedusvoolu ostsillatoorset e. ekstratermilist toimet ei tunnusta kaugeltki kõik füsioterapeudid, vaid püütakse seletada kõiki nihkeid kudedes üksnes endogeense soojuse toimega. Nõukogude füsioteraapia aga, baseerudes praktika ja teooria veenvatel andmetel, seletab kõrgsagedusvooluprotseduuride raviefekti nende mõlema komponendi kombineeritud toimega.

## DIATERMIA.

( $f = 300 \text{ kHz} - 1 \text{ MHz}$ ;  $\lambda = 1000 - 300 \text{ m}$ )

Diatermia on põhiliselt soojusprotseduur, kõrgsagedusvoolu ostsillatoorne toime puudub peaaegu täiesti. Diatermia puhul soojeneb peamiselt nahk ja nahaalune rasvkude, sügavamal asuvad koed soojenevad vähe või üldse mitte. Tegemist on juhtevooluga ning koelemente võib siinjuures vaadelda kui vooluringi lülitatud oomilisi takistusi, kus soojus tekib Joule-Lenzi seaduse järgi:

$$Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t,$$

kus  $Q$  on soojushulk kalorites,  $I$  - voolutugevus amprites,  $R$  - takistus oomides ja  $t$  - voolu kestus sekundites. Tuues valemisse voolutiheduse  $\delta$ , erijuhtivuse  $\sigma$  ja toimipiirkonna voluumeni  $V$  mõisted ning valemit vastavalt teisendades, saame:

$$\frac{Q}{t} = \frac{\delta^2}{\sigma} \cdot V,$$

kus suhe  $\frac{Q}{t}$  tähistab tekkivat soojushulka sekundis. Diatermia puhul sõltub kudede soojenemine seega avaldisest  $\frac{\delta^2}{\sigma}$ . Kudede erijuhtivus  $\sigma$  diatermia sagedusdiapasoonis on esitatud tabelis 4.

T a b e l 4  
Kudede erijuhtivus  $\sigma$  sagedusdiapasoonis  
300 kHz - 1 MHz.

K u d e	Erijuhtivus, väljendatuna $\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$
Lihas	$6 \cdot 10^{-1}$
Aju	$1,3 \cdot 10^{-1}$
Neer	$3,8 \cdot 10^{-1}$
Põrn	$2,5 \cdot 10^{-1}$
Rasv	$0,3 \cdot 10^{-1}$

Diatermia puhul soojenevad seega enam suurema takistusega, s. t. väiksema juhtivusega koed, seda eriti elektrootidide ristiasetuse korral. Elektrootidide pikiasetuse (järjestikku lülituse) korral viib voolu kontsentreerumine väiksema takistusega aladel ka hea juhtivusega kudede mõningale soojenemisele. Kokku võttes aga on diatermia korral kudede soojenemine ebaühtlane. Suure takistusega rakukestad ei juhi diatermilist voolu ning raku sisekeskkond ei soojene. Samuti ei soojene halvasti juhtiva koekihiga ümbritsetud elundid.

Aktiivne hüperemia ja vereringe paranemine diatermia toimepiirkonnas väldib lokaalseid ülekuumenemisnähte. Kui- gi hüperemia on kõige intensiivsem vahetult toimepiirkonnas, tekib reflektorne hüperemia ka teistes sama segmen- taarse innervatsiooniga elundites ja kudedes. Nii näiteks diatermia korral neerude piirkonda vahetu toime neerude sü- gava asetuse tõttu elundini ei küüni, küll aga laienevad ve- resooned reflektorselt ning neerude funktsioon paraneb. Toi- mides maksa piirkonda intensiivistub sapi moodustumine, sapp muutub vähem viskoosseks ning kaob sapipais. Manustatuna si- nokarotiitsoonidele või plexus solaris'ele avaldab diater- mia mõõdukat vererõhku langetavat toimet.

Diatermia toimel kiireneb krooniliste põletikukollete resorptsioon, lekaalselt intensiivistuvad kudede ainevahe- tusprotsessid, aktiveerub troofika. Diatermia avaldab side- koe vohamist pärssivat, samuti spasmolüütilist toimet ja tõstab veresoonte seinte permeaablust. Väikesed diatermia doosid avaldavad valuvaigistavat toimet, suured doosid aga, vastupidi, võivad valu süvendada tugeva hüperemia ja in- tensiivse eksudatsiooni tõttu. Veresoonte valendikku ahen- davate protsesside (endarteriit jt.) korral võib diatermia suurem doos kutsuda esile valu. Viimane on neil juhtudel tingitud muutunud seinaga veresoonte mitteadekvaatsest reakt- sioonist soojusärritusele, kus isheemiline faas on tavali- sest tugevam ja kestvam.

Mis puutub diatermia bakteriostaatilisesse toimesse,

siis tegelikult taandub see endogeense soojuse bakterio-  
staatilisele toimele. Raviks kasutatavates doosides pär-  
sib diatermia soojuse suhtes tundlike mikroobide elutege-  
vust. Leukotsüütide fagotsütaarne funktsioon aktiveerub.

Suure tihedusega diatermilist voolu kasutatakse ki-  
rurgias elektrotoomiaks ja -koagulatsiooniks.

Meie päevil asendub diatermia üha suuremas ulatuses  
induktoteriaga. See on tingitud induktoterapia eelistest  
võrreldes diatermiaga: erinevad koed soojenevad ühtlase-  
malt ning põletusohut praktiliselt puudub. Kuigi diater-  
miaaparaatide tootmine on lõpetatud, ekspuuteeritakse  
raviasutustes olemasolevat aparatuuri üsna laialdaselt  
ning diatermia kui seni populaarse ravimeetodi kasuta-  
mine praktilises füsioterapias kestab kahtlemata veel  
mõni aeg.

#### Aparatuur.

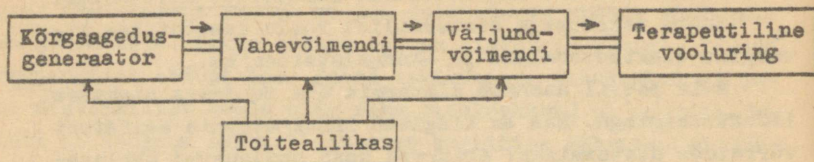
Raviasutustes on peamiselt kasutusel meie tööstuse  
poolt viimastel aastatel toodetud diatermiaaparaadid -  
statsionaarne aparaat УДЛ-350 М ja portatiivne УДЛ-200 М  
võimsusega vastavalt 350 W ja 200 W (joon. 29). Kodumai-



Joon. 29. Diatermiaaparaat УДЛ-200 М.

sed diatermiaaparaadid töötavad sagedusega 1,733 MHz.

Diatermiaaparaatide printsiipaalne plokk skeem on järgmine:

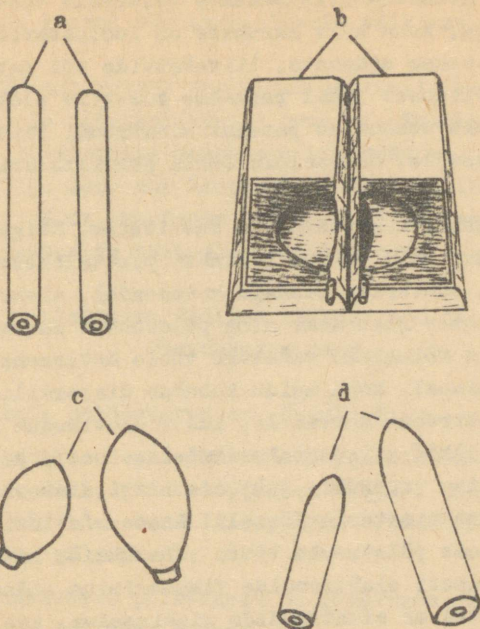


Kõrgsagedusgeneraator on vahevõimendiga induktiivselt sidestatud, viimane on häälestatud samale sagedusele (1,733 MHz). Väljundvõimendi ja terapeutiline vooluring on samuti induktiivselt sidestatud. Protseduuri käigus lülitatakse patsient vahetult terapeutilisse vooluringi.

#### Elektroodid.

Diatermiaks kasutatakse kolmesuguseid elektroode:

1) plaatelektroodid, 2) spetsiaalsed elektroodid ja 3) vann-elektroodid. Plaatelektroodid on tavaliselt ümarate nurkadega ristkülikukujulised mitmesuguse suurusega 0,3–1 mm paksud pliiplaadid, mis lõigatakse välja lehtpliiist. Sõltuvalt kehaosast kasutatakse ristkülikukujuliste plaatelektroodide kõrval erikujulisi plaatelektroode, nagu krae-, kõrva- ja rinnaelektroodid, poolmaskelektroodid jt. Spetsiaalsete elektroodide hulka kuuluvad õõnteelektroodid (vaginaal-, rektaalelektroodid), käte ja taldade elektroodid (joon. 30). Vannelektroodid on isoleerivast ainest vannikesed, mis täidetakse 10%-lise sooja keedusoolalahusega. Kuigi meetodit nimetatakse diatermiaks "läbi vee", ei kasutata siiski tavalist kraanivett tema kuumenemise tõttu protseduuri vältel; 10%-line keedusoolalahus juhib aga hästi diatermilist voolu ega kuumene. Diatermiat läbi vee kasutatakse labakäte ja -jalgade liigestele, kuna ta võimaldab toimida ühtlaselt väikeste liigeste ebaühtlasele pinnale.



Joon. 30. Spetsiaalsed diatermiaelektroodid:

a - käte, b - taldade, c - vaginaal-  
ja d - rektaalelektroodid.

#### Metoodika ja doseerimine.

Diatermia teostatakse vähemalt kahe elektroodi abil, millest kumbki on ühendatud aparadi eri klemmiga. Suurema elektroodide arvu korral ühendatakse aparadi ühe klemmiga mitu elektroodi voolujagaja abil. Enne nahale fikseerimist metallelektrood soojendatakse.

Elektroodid peavad kogu pinnaga liibuma tihedalt nahale. Ebaühtlaselt ja mitte tihedalt vastu nahka asetatud elektroodi all võib kergesti tekkida naha põletus. Tihedama

karvkattega kehaosad niisutatakse eelnevalt 10%-lise keedusoolalahusega, kuna kuiv karvkate on isolaatoriks. Elektroodid fikseeritakse sidemete, liivakottide või patsiendi keharaakusega. Viimasel juhul pannakse kušetile elektroodi alla lame padi, mis soodustab paremat elektroodi liibumist kehapiina kumerustele. Õõntelektroodid steriliseeritakse keetmise teel.

Vahetükkide kasutamine on soovitatav. Kõigepealt saab märja vahetüki abil parema kontakti plaatelektroodi ja naha vahel, eriti ebatasase pinnaga kehaosadel, elektrood ei ole hõlpsasti kohalt nihutatav ning põletusohut muutub minimaalseks. Teiseks võimaldab vahetükk voolu ühtlasemat jaotumist elektroodi pinnal, kuna muidu koondub diatermiline vool rohkem plaatelektroodi servadele, kus voolutihedus on seega suurem. Vahetükid niisutatakse 10%-lise sooja keedusoolalahusega. Selline vahetükk, juhtides hästi diatermilist voolu, ei kuumene nimetamisväärselt. Diatermia läbiviimisel lastele on suurema põletusohu tõttu vahetükkide kasutamine kohustuslik, samuti elektroodide fikseerimine sidemetega.

Helistatud on elektroodide ristiasetus, kus kahjustatud kehaosa või elund jääb kahe elektroodi vahele; pikiasetust kasutatakse harvem. Laialdaselt vigastatud kehapiinnale elektroode ei asetata, väiksemad defektid (marrastused, krõmustused jt.) isoleeritakse kummiriide tükikeste abil elektroodist.

Patsient ei tohi protseduuri ajal saada mingit muud aistingut peale soojuse. Elektroodide kohendamine või haige asendi muutmine protseduuri ajal, kui aparaat on sisse lülitatud, on põletusohu tõttu keelatud. Elektroode ja aparaati ühendavad juhtmed ei tohi puudutada üksteist ning peavad olema haige kehapiinnast isoleeritud.

Diatermiaks kasutatakse voolutihedust  $3 - 10 \text{ mA/cm}^2$ , kusjuures voolutihedus  $3 - 6 \text{ mA/cm}^2$  on oligotermiline ning  $7 - 10 \text{ mA/cm}^2$  termiline doos. Üksikutel juhtudel, näiteks südamediaatermia puhul, kasutatakse atermilisi doose, s. t. voolutihedust  $< 3 \text{ mA/cm}^2$ . Protседuuri voolutugevuse määra-

misel lähtutakse elektrootidide pindalast; erineva pindalaga elektrootidide korral võetakse aluseks väiksema elektrootidi pindala.

Protseduuri kestus varieerub sõltuvalt konkreetsest meetodikast 15 minutist kuni 1 tunnini. Enamikus kasutatakse 20 - 30-minutise kestusega protseduure. Protseduure tehakse iga päev või ülepäeviti; ravikuuriks 10 - 20 protseduuri. Mida akuutsema protsessiga on tegemist, seda lühema kestusega peab olema protseduur.

### Diatermia üldised näidustused ja vastunäidustused.

Diatermia näidustused on järgmised:

1. Kroonilised ja subakuutsed põletikulised protsessid (siseelundite, günekoloogilise sfääri, liigeste, perifeersete närvide, tonsillide, nina kõrvalkoobaste, lümfisõlmede jt. põletikud).

2. Akuutsetest põletikest on diatermia näidustatud pneumoonia ja nefriidi korral.

3. Veresoonte valendikku ahendavad protsessid (endarteriit, Raynaud' tõbi).

4. Armid ja liitelised protsessid, samuti perifeersete närvide ja liigeste traumade järgsed seisundid.

5. Mao ja kaksteistsõrmiksoole haavandtõbi (kui haavandid ei veritse).

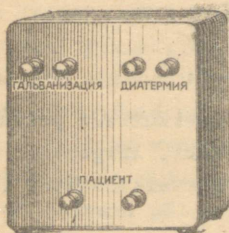
Vastunäidustused:

1. Pahaloomulised kasvaja.
2. Mädapõletikud.
3. Aktiivne kopsutuberkuloos, neerutuberkuloos.
4. Temperatuuritundlikkuse häired (põletusoh!).
5. Raske kardiovaskulaarne dekomptsatsioon.
6. Veritsusoh.

## GALVANODIATERMIA.

Galvaanilise ja diatermilise voolu samaaegset rakendamist nimetatakse galvanodiatermiaks. Siinjuures kasutatakse galvaanilist voolu enamikus elektroforeesi näol. See- ga võimaldab galvanodiatermia saada diatermilise voolu, galvaanilise voolu ja ravimioonide kombineeritud toimet.

Galvanisatsiooni ja diatermia aparaadid ühendatakse spetsiaalse galvanodiatermia seadmega СИД (joon. 31), mis



Joon. 31. Galvanodiatermia-  
aparaat СИД.

takistab galvaanilise voolu sattumist diatermiaaparaati ja diatermilise voolu sattumist galvanisatsiooniaparaati. Elektroodideks on pliiplaadid vahetükiga - samasugused nagu kasutatakse galvanisatsiooniks resp. elektroforeesiks, kuid vahetükk niisutatakse 10%-lise keedusoolalahusega. Elektroodid

ühendatakse juhtmete abil seadme СИД vastav kahe klemmiga. Esimesena lülitatakse sisse diatermiaaparaat ning alles kahe minuti pärast galvanisatsiooniaparaat, väljalülitamine toimub vastupidises järjekorras.

Diatermiline vool langetab kudede takistust galvaanilisele voolule ning soodustab ravimi ionide tungimist sügavamale kudedesse. Protseduuri kestus on 20 - 30 minutit, ravikuuriks 15 - 20 protseduuri.

Näidustuste ja vastunäidustuste kohta vt. diatermia ja galvanisatsioon, resp. elektroforees.

## INDUKTOTERMIA.

(f = 10 - 50 MHz;    λ = 30 - 6 m)

Induktoterminia on nagu diatermiagi soojusprotseduur, kõrgsagedusvoolu ostsillatoorne toime on aga suurema voolusageduse tõttu märksa tugevam. Induktoterminia kannab ka lühilainediaterminia nimetust.

Induktoterial allutatakse organismi koed kõrgsagedusliku magnetvälja toimele, kusjuures magnetvälja tekitamisel kasutatakse elektrootina solenoidi, mille mähi-seid läbib kõrgsageduslik elektrivool. Induktoterminia kasutatakse kas 1) solenoidi sisemuses kontsentreeritud magnetvälja (kaabelelektroodi kasutamisel) või 2) lähendatakse solenoidi kehapiinnale (peamiselt diskelektroodi kasutamisel), kusjuures kehaosale toimib väline hajuv magnetväli. Mida pikem on solenoid ja mida tihedamalt asetsevad keerud, seda homogeensem on väli solenoidi sees ja seda nõrgem on väli väljaspool solenoidi tema kehaosas.

Inimkehas tekivad elektromagnetilise induksiooni tagajärjel indutseeritud pöörisvoolud, nn. Foucault' voolud, millega kaasneb märgatav soojuse eraldumine. Soojuse hulk ühes ajaühikus  $\frac{Q}{t}$  vastab avaldisele:

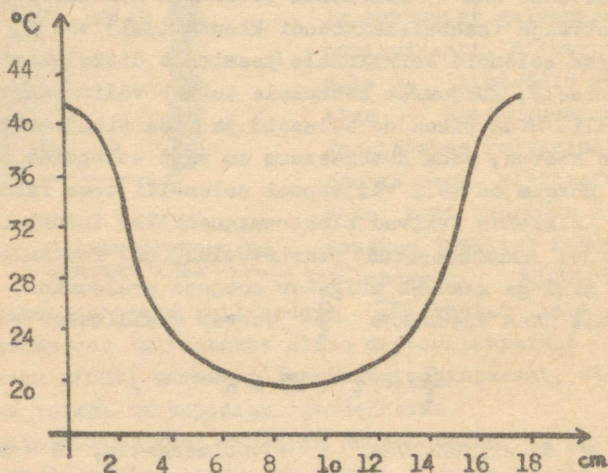
$$\frac{Q}{t} \sim \sigma \cdot f^2 \cdot H^2 \cdot V,$$

kus  $\sigma$  on erijuhtivus, f - voolusagedus, H - magnetvälja tugevus ja V - toimepiirkonna voluumen.

Magnetvälja tugevuse lineaarne langus vaadeldavas ruumis V põhjustab soojushulga vähenemise ruudus. Elektroot (solenoid) distantseeritakse kehapiinnast, et kasutada ära väljatugevuse vähem järsult langevat osa, millest hoolimata t° koe sügavuses siiski kiirelt langeb (joon. 32). Nagu eespool esitatud avaldisest nähtub, soojenevad rohkem koed, kus  $\sigma \cdot H^2$  on suurem, seega paremad elektrijuhid piirkondades, kus magnetvälja tugevus on suurem.

Induktotermia puhul soojenevad nahk ja nahaalune rasvkude suhteliselt vähem kui hästi voolu juhtiv lihaskude. Temperatuurilang lihaskoes on aga küllaltki järsk, mistõttu lihaskoest sügavamal asetsevad koed praktiliselt ei soojene. Induktotermia võimaldab toimida kudedele 5 - 8 cm sügavuses.

Induktotermia abil saavutatakse kudede sügavam ja ühtlasem soojenemine kui diatermiaga. Kuigi head elektrijuhid soojenevad rohkem, ei ole siiski diatermiaga võrreldes nii suurt erinevust erinevate kudede soojenemise vahel. Suurema voolusageduse tõttu on induktotermia puhul kõrgsagedus-

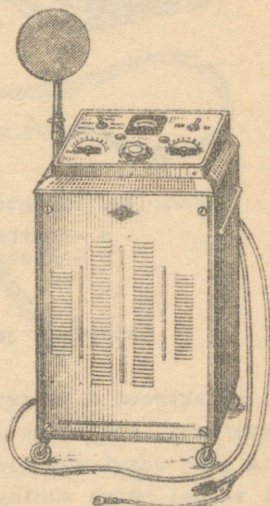


Joon. 32. Makroskoopiliselt homogeense koefantoomi soojenemine induktotermia korral (ordinaatteljel fantoomi diameeter).

voolu ostsillatoorne toime intensiivsem, kuigi põhiliselt on induktotermia nagu diatermiagi soojusprotseduur.

Kodumaised induktotermiaaparaadid  $\Delta$ KB-1 ja  $\Delta$ KB-2 (võimsusega vastavalt 350 W ja 250 W) töötavad sagedusega 13,56 MHz (joon. 33). Induktotermiaaparaatide plokk-skeem vastab põhijoontes diatermiaaparaadi plokk-skeemile. Erinevalt diatermiast ei ole patsient induktotermia korral vahetult lülitatud terapeutilisse vooluringi. Protseduuri läbiviimisel häälestatakse terapeutiline vooluring spetsiaalse kondensaatori abil, mille napp asub aparaadi paneelil.

Elektroodid on kahe-sugused: 1) ketas- e. disk-elektrood ja 2) kaabel-elektrood (joon. 34). Protseduuriks kasutatakse ühte elektroodi. Diskelektrood on 3 1/2-keermeline lame solenoid, mis asub lamedas kettakujulises

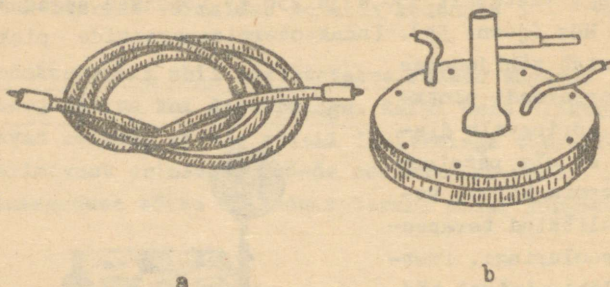


Joon. 33. Induktotermiaaparaat  $\Delta$  KB-2.

plastmasskarbis. Diskelektroodid on 20 ja 30 cm läbimõõduga; vastavalt kehaosale valitakse neist väiksem või suurem. Kaabelelektrood on kummiümbrisega  $\sim$  3 1/2 meetri pikune kaablikujuline elektrood, millest protseduuri jaoks formeeritakse lame või silindriline solenoid. Induktotermiaks suurematele tasastele kehapindadele kasutatakse diskelektroodi, jäsemetele ja selgroole - kaabelelektroodi.

Viimasel ajal on saksa autorid võtnud kasutusele nn. monood-elektroodi, mis on mõõtmelalt väiksem ja seega mugavam kasutada. Elektrood koosneb plastmasskarbist, milles

on lame solenoid ja õhkkondensaator. Rakendatakse sageduse juures 27 MHz. Monoodi kasutamisel soojeneb lihaskude rohkem, mistõttu toime läheneb mikrolaineteraapiale.



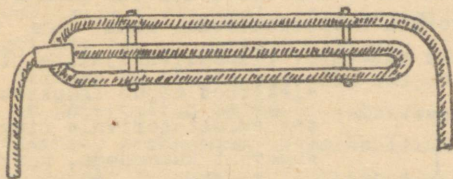
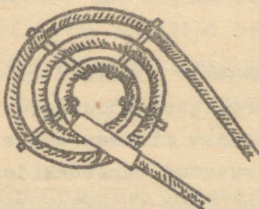
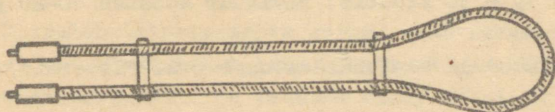
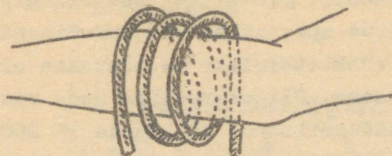
Joon. 34. Induktoterapia elektroodid:

- a - kaabelelektrood,
- b - diskelektrood.

#### Metoodika ja doseerimine.

Diskelektrood fikseeritakse statiivi abil 1 cm kaugusele kehaosast, kusjuures patsient täielikult lahti ei riie-  
tu, vaid jääb särgi või pidžaamaga. Kuna induktoterapis protseduuri vältel haige vähimgi liigutus võib õhkdistsantsi suurus muuta, soovitatakse konstantse distantsi säilitamiseks asetada kehaosale diskelektroodi alla 1 cm paksune riidekiht kas mitmekordselt kokkupandud kuiva froteeräti, teki või spetsiaalse perforatsiooniga viltvahetüki näol (peab võimaldama high aurustumist). Kaabelelektroodist formeeritakse kas lame spiraal (mitte üle 3 1/2 keerme), ling, kooniline või silindriline spiraal, mille üksikud keermes hoi-  
takse koos isoleerivast materjalist jaotusharjakestega (joon. 35). Peale keermete kinnitamise reguleerivad jaotusharjakased ka vahet üksikute kaablikeermete vahel, mis peab olema 1 cm. Distants kaabelelektroodi ja kehaosa vahel saavutatakse samuti elektroodialuse 1 cm paksuse riide-

kihi või nahapinnale asetatud jaotusharjakeste "selgade" abil siis, kui harjakesed on asetatud küllalt tihedalt.



Joon. 35. Induktotermia kaabelelektroodi asetuse variandid.

Protseduuri ajal peab patsient tundma ühtlast soojust. Metalleseed tuleb elektroodi lähedusest eemaldada. Elekt-

roodialune pind peab põletuse vältimiseks olema kuiv.

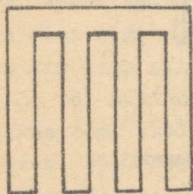
Doseerimisel lähtutakse põhiliselt patsiendi soojus-  
aistingu intensiivsusest, samuti aparaadil ДКВ-1 milli-  
ampermeetri ja aparaadil ДКВ-2 voltmeetri näitudest (mõõ-  
teriistad on lülitatud aparaatide väljundvõimendi lampide  
toitevooluringi). Induktotermiaks kasutatakse oligotermi-  
lisi ja termilisi doose. Oligotermiline doos vastab apa-  
raatide vastavate mõõteriistade näitudele  $< 200 \text{ mA}$  ja  
 $< 20 \text{ V}$ , termiline doos  $200 - 300 \text{ mA}$  ja  $20 - 30 \text{ V}$ . Protse-  
duur kestab  $15 - 30$  minutit; ravikuur koosneb  $10-20$  prot-  
seduurist.

Näidustused ja vastunäidustused (vt. diatermia).

### GALVANOINDUKTOTERMIA.

Rakendatakse samaaegselt alalisvoolu galvanisatsioo-  
ni või elektroforeesi näol koos kõrgsagedusliku magnetväl-  
jaga induktotermiana. Esmalt fikseeritakse kehaosale ta-  
valised kraaniveega niisutatud vahetükkidega galvanisatsi-  
oonielektroodid (elektroforees-induktoterma korral elekt-  
roodi vahetüki ja patsiendi naha vahel ravimilahusega nii-  
sutatud filterpaberi või marlikiht nagu tavalise elektro-  
foreesi puhul). Galvanisatsioonielektroodi kohale fiksee-  
ritakse induktoterma ketaselektrood. Kuna aga tavaline  
galvanisatsiooniks kasutatav ristkülikukujuline pliiist plast-

elektrood mõjub induktoterma suhtes ekraniseerivalt ning võib ka tugevalt kuumeneda, kasutatakse galvanoinduktotermaiks spetsiaalset haralist plieelektroodi (joon. 36). Protseduuri algul lülitatakse sisse induktotermaaparaat ning 1 - 2 minuti pärast galvanisatsiooniaparaat. Protseduuri lõpul



Joon. 36. Galvanoinduk-  
toterma elektrood.

toimub aparaatide väljalülitamine vastupidises järjekorras.

Doseerimine toimub nagu galvanisatsiooni ja induktotermia puhul eraldi. Protseduuri kestus 10 - 20 minutit; ravi-kuuriks 10 - 20 protseduuri.

#### ULTRALÜHILAINETERAAPIA.

$$(f = 15 - 300 \text{ MHz}; \quad \lambda = 20 - 1 \text{ m})$$

Ultralühilaineteraapia korral asub kehaosa elektroodide vahelises kõrgsageduslikus elektriväljas. Elektroodid on kondensaatoriplaadid ja kehaosa nende vahel on vaadeldav kaduerohke dielektrikuna.

Inimkeha kudesid võib kondensaatoriväljas vaadelda kui paralleelselt lülitatud oomilisi ja mahtuvustakistusi. Mida kõrgem on volusagedus, seda väiksem on mahtuvustakistus  $x_c$ :

$$x_c = \frac{1}{2\pi fC},$$

kusjuures  $C$  tähistab kondensaatori mahtuvust. Kuna mahtuvustakistus on mahtuvusjuhtivuse pöördväärtus, siis sageduse kasvades mahtuvusjuhtivus suureneb. Seega suureneb kudedes juhtevoolu kõrval nihkevoolu osatähtsus, mis viib erinevate koeliikide ühtlasemale soojenemisele, kusjuures halvasti juhtivate kudede mahtuvustakistus ületatakse nihkevoolu abil. Viimane on põhjuseks, miks soojenevad ka koeelemendid, mis on ümbritsetud halvasti juhtivate kudede kihiga.

Homogeenses keskkonnas ultralühilaineteraapia korral sõltub soojusteke voluumenis  $V$  ainult elektrivälja tugevuse  $E$  ruudust, kuna erijuhtivus  $\sigma$  on sel juhul konstantne:

$$\frac{Q}{t} = E^2 \cdot \sigma \cdot V.$$

Väljatugevus on suurim vahetult elektroodide all. Õhkdistsants elektroodide ja keha vahel ületatakse nihkevoolu abil, mis kudedes jätkub osalt juhtevooluna.

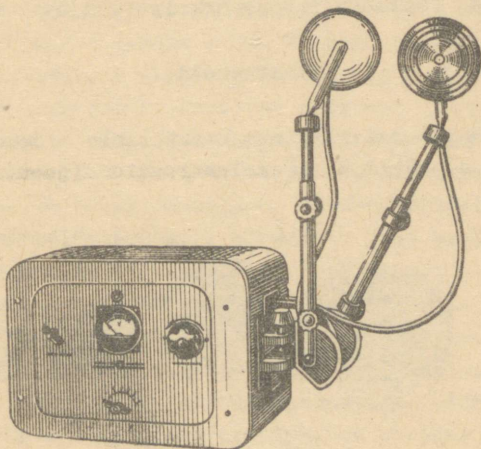
Tegelikult aga on inimkeha koed inhomogeensed, mistõttu erinevate kudede soojenemisel tuleb arvestada dielektrilist läbitavust  $\epsilon$  ja erijuhtivust  $\sigma$ . Praktiliselt tuleb arvesse kaks koekihti: 1) nahaalune rasvkiht väikese  $\sigma$  ja väikese  $\epsilon$ -ga ja 2) lihaskiht suure  $\sigma$  ja suure  $\epsilon$ -ga. Sagedusel 39 MHz on vahekord rasva lihaskoe soojenemise vahel 8 : 1.

Temperatuuridiferents pindmiste ja süvade kudede vahel on seda suurem, mida lähemal on elektrodid kehapiinrale, kuna pindmised koed soojenevad rohkem. Õhkdistantssi suurenemine elektrodide ja naha pinna vahel võimaldab seda diferentsi mõnevõrra nivelleerida, kuigi õhkdistantssi suurendamisel väheneb kudedes tekkiva soojuse koguhulk.

Ultralühilaineteraapia võimaldab diatermia ja induktoteriaga võrreldes sügavamate kudede soojenemist. Suurema voolusageduse tõttu on siinjuures ostsillatoorne toime tunduvalt tugevam, mistõttu ravidoodsidena kasutatakse põhiliselt a- ja oligotermilisi doose. Ultralühilaineteraapia avaldab valuvaigistavat ja põletikku pärssivat toimet ning vähendab kudede turset veresoonte permeaabluse suurendamise teel. A- ja oligotermilised doosid kiirendavad, termilised doosid, vastupidi, aeglustavad kudede regeneratsiooniprotsesse. Sidekoele toimib ultralühilaineteraapia proliferatsiooniprotsesse stimuleerivalt. Hüperemia on nahaga võrreldes intensiivsem sügavamates kudedes ning kestab kaua. Ultralühilaineteraapia aktiveerib retikuloendoteliaalsüsteemi elemente ja stimuleerib fagotsütoosi. Toimub ka jämedisperssete valkude muundumine peendispermateks, väheneb vedelate keskkondade, näiteks sapi, viskoossus. Eriti intensiivne hüperemia tekib protseduuri alguses - esimese kolme minuti jooksul suureneb lihaskoe verevarustus 3 - 6 korda.

## Aparatuur.

Viimastel aastatel lastakse Nõukogude Liidus välja kolm aparaaditüüpi: portatiivsed aparaadid YB4 -62 võimsusega kuni 30 W ja YB4-4 võimsusega kuni 80 W ning statsionaarne aparaat YB4-300 võimsusega kuni 300 W (joon. 37). Aparaadid töötavad sagedusega 40,68 MHz.



Joon. 37. Ultralühilaineteraapia-aparaat YB4-4.

Protseduurid statsionaarse suure võimsusega aparaadiga YB4-300 viiakse läbi ainult spetsiaalses maandatud kabiinis, kuna töötav aparaat segab raadiosaateid ning avaldab tervistkahjustavat toimet kabineti personalile.

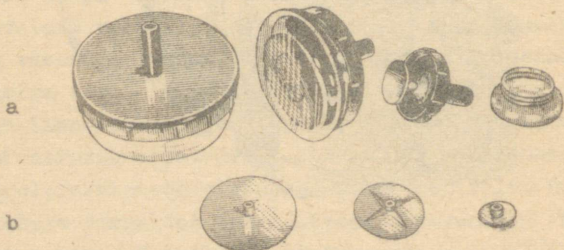
Portatiivseid ultralühilaineteraapia-aparaate on lubatud ekspuaterida ilma ekraniseeriva kabiinita.

Ultralühilaineteraapia protseduuri alustamisel aparaat häälestatakse, s. t. viiakse terapeutiline vooluring reso-

nantsi kõrgsagedusgeneraatoriga vastava kondensaatori abil. Aparaat on häälestatud paneelil asuva häälestajalüli sel-  
lise seisu juures, kus elektroodide juurde asetatud neon-  
lamp maksimaalselt helendab või milliampermeetri osuti kal-  
le paremale on suurim. Protseduuri läbiviimine eelneva hää-  
lestuseta on keelatud, kuna sel juhul ei kontsentreeru elekt-  
riväli elektroodidevahelisele alale ning toimib ruumis vii-  
bivale personalile tervistkahjustavalt. Protseduuri vältel  
kontrollitakse paaril korral häälestust neonlambi abil, ku-  
na kehaosa asendi vähimigi muutus elektroodide suhtes viib  
terapeutilise vooluringi resonantsist välja.

### Elektroodid.

Ultralühilaineteraapiaks kasutatakse kahesuguseid  
elektroode: 1) kõvad e. diskelektroodid (joon. 38) ja



Joon. 38. Ultralühilaineteraapia diskelektroodid:  
a - klaasümbrisega, b - kumümbrisega.

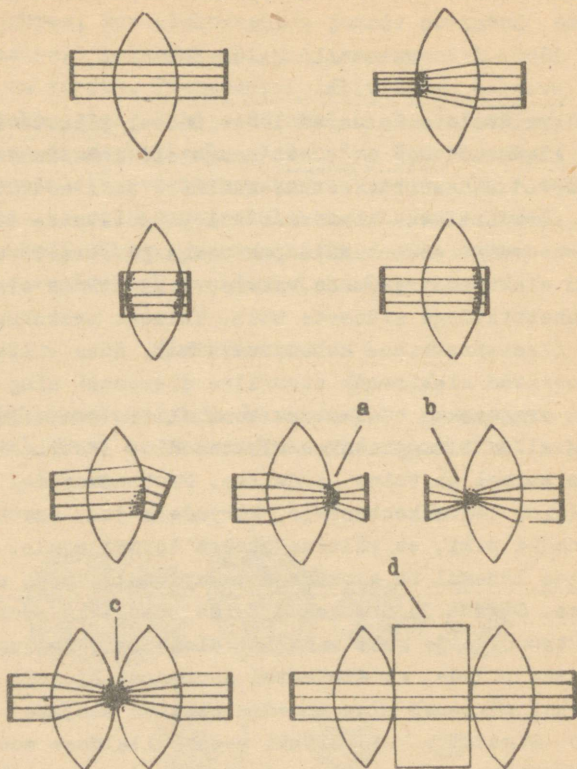
2) pehmed e. plaatelektroodid. Portatiivsetel ultralühi-  
laineteraapia-aparaatidel on diskelektroodid paarilised  
kumümbrisega metallkettad 3,6; 8,0 ja 11,3 cm läbimõõ-  
duga, aparaadil YB4-300 on diskelektroodid klaasümbrisega  
5,6; 11,3 ja 17,0 cm läbimõõduga. Protseduuriks rakenda-  
takse tavaliselt kaks ühesuurust või erineva läbimõõduga  
elektroodi. Aparaaadi YB4-300 elektroodidekomplekti kuulu-

vad peale kolmes suuruses paariliste diskelektroodide veel paarilised plaatelektroodid (metallvõre kummiümbrisega).

### Metoodika ja doseerimine.

Ultralühilaineteraapia läbiviimisel paigutatakse elektroodid ligikaudu  $0,5 - 3,0$  cm kaugusele kehapinnast. Disk-elektroodid fikseeritakse kas statiivi abil soovitavale kaugusele (õhkdistsants) kehaosast või paigutatakse sobiva distantsi saavutamiseks kindla paksusega perforeeritud viltvahetükid elektroodi ja naha vahele, fikseerides elektroodid koos vahetükkidega sidemete abil. Viimast peetakse otstarbekamaks (lastepraksises kohustuslikuks), kuna viltvahetükid garanteerivad elektroodi stabiilse distantsi ning langeb ära vajadus sagedaseks häälestuse kontrolliks protseduuri vältel. Tavaliselt kasutatakse elektroodide ristiasetust, pükiasetuse korral on toime pindmises. Protseduuridel pea piirkonda (nina kõrvalkoobastele, kõrvadele jt.) asetatakse elektroodid piki, et vältida otsest toimet ajule.

Mida lähemal on elektrood nahapinnale, seda pindmises on toime. Sügava ja ühtlasema toime saamiseks suurendatakse elektroodide ja naha vahelist distantsi. Seejuures tuleb silmas pidada, et distantsi suurenemisel väli elektroodide vahel nõrgeneb ning kudedes tekkiva soojuse koguhulk väheneb. Sügavam, kuid siiski veel küllaldase soojuse saamiseks peetakse optimaalseks distantsi  $2 - 3$  cm (kuni  $5$  cm) kummagi elektroodi all. Erineva suurusega elektroodide korral on toime intensiivsem väiksema elektroodi all. Muutes distantsi ja elektroodide suurust on mõnevõrra võimalik toimemaksimumi lokaliseerida soovitavasse piirkonda (joon. 39). Ebatasase kehapiina korral tuleb arvestada, et väli kontsentreerub väljuvustele, mida saab vältida vastava elektroodi suurema distantsiga. Samuti kontsentreerub väli metallesemetele (metallvõrkehad jt.), kusjuures ümbritsevad koed kuumenevad tugevasti. Protseduur viiakse läbi metallosadeta kušetil või toolil.



Joon. 39. Koe maksimaalse soojenemise piirkond (joonisel tumedam) elektroodide erineva distant- si, suuruse ja asendi korral. Pinnaväljuvus (a) ja metallvõrkeha (b) kuumenevad tugevamini. Sa- muti kuumeneb kahe kehaosa kokkupuutepind (c), mistõttu pindade vahele asetatakse hügrokoopne (riidest või vildist) vahetükk (d).

Ultralühilaineteraapia protseduur teostatakse ainult kuivale pinnale. Niiskel või märjal nahapinnal võib kerges-

ti tekkida põletus. Sidemes või kipsmähises kehaosale teostatakse protseduur läbi sideme või kipsmähise tingimusel, et nad on kuivad, läbi salvsideme põletusohu tõttu protseduuri ei teostata. Õhemaid riietusesemeid ei eemaldata, küll aga eemaldatakse elektrootididest alt kapron, nailon jms. riietusesemed, kuna nad takistavad higi aurustumist nahalt ega ole ka hügrooskoopid.

Protseduuri doseerimisel lähtutakse peamiselt patsiendi subjektiivsetest soovustest. Kaasaegne ultralühilaineteraapia-aparaat ei võimalda doseerida objektiivsete näitajate alusel, kuna patsiendile toimiv doos sõltub elektrootididest, aparadi võimsusest, distantsist, kehaosast, kaududest ümbrusest jne. Aparadi paneelil asuv mõõteriist võimaldab ainult orienteerivalt teha järeldusi patsiendile toimivast avaldava välja parameetrite kohta. Nii näitab aparadi YB4-300 milliampermeetri terapeutilise vooluringi anoodvoolu ning annab vaid kaudseid andmeid tegelikult patsiendile toimiva elektrivälja kohta. Raviks rakendatakse a- ja oligotermilisi doose, termilisi doose kasutatakse harva (peamiselt sügaval asuvatele elunditele), samuti elektropürektsiooniks. Arvukad uuringud on tõestanud esimeste märksa suuremat raviväärtust.

Protseduuri kestus on 5 - 20 minutit. Mida akuutsem on protsess, seda lühem peab olema protseduur (5 - 10 minutit) ja nõrgem doos. Krooniliste protsesside korral on otstarbekas pikema kestusega protseduur (10 - 15 minutit) ning doos võib olla suurem. Tuleb arvestada, et liialt pikaajaline protseduur suure doosiga võib tekitada kudedes vastupeetavaid reaktsioone! Protseduuride arv ravikuuris on 5 - 15 ning sõltub haigestumise iseloomust ja kulust.

Ultralühilaineteraapia protseduurid lõpetatakse 3 - 6 päeva enne ning alustatakse mitte varem kui 2 - 3 päeva pärast kirurgilist vahelesegamist.

Ultralühilaineteraapia üldised näidustused  
ja vastunäidustused.

Näidustused ultralühilaineteraapiaks on laialdased:

1. Sõltuvalt doseeringust on ultralühilaineteraapia näidustatud nii akuutsete (peamiselt!) kui ka krooniliste põletike korral (artriidid, osteomüeliit, periostiit, tendovaginiit, naha ja nahaaluse koe mädapõletikud, sinusiidid, otiidid, bronhiit, kopsuabstsess, gastriit, koliit, koletsüstiit, tonsilliit, larüngiit, lümfadeniit, neuroidid, müeliit, prostatiit, epididümiit, orhiit, günekoloogilise sfääri põletikud, nefriit, püeliit jt.). Pneumoonia ja pleuriitide korral alustatakse ravi ägeda perioodi vaibudes; hepatiitide, maksatsirroosi ja apenditsiidi, samuti sklerodermia ja psoriaasi korral on efekt küsitav.

2. Perifeersed vereringehäired (endarteriit, Raynaud' tõbi, akromelalgia jt.), migreen, hüpertooniatõbi,\* külmine.

3. Loiult paranevad luumurrud, haavad.

4. Bronhiaalastma.

Vastunäidustused:

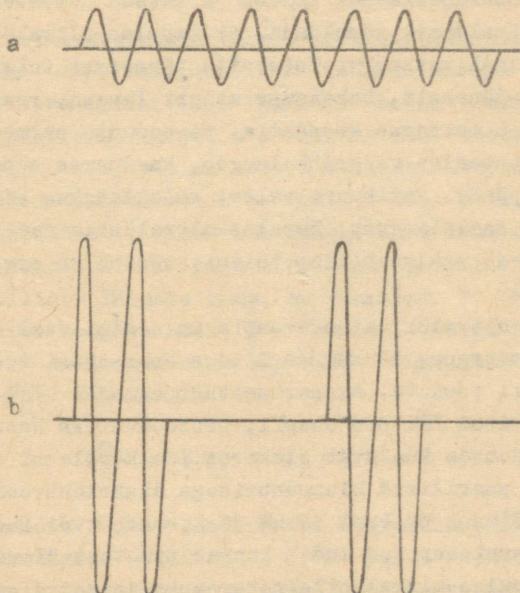
1. Pahaloomulised kasvajad.
2. Aktiivne kopsu- ja liigesetuberkuloos.
3. Verejooksuht.
4. Ossifitseeruv müosiit.
5. Raske kardiovaskulaarne puudulikkus.

---

\* Soovitav reflektorne toime üle sümpaatilise närvisüsteemi.

## IMPULSS-ULTRALÜHILAINETERAAPIA.

Impulss-ultralühilaineteraapial allutatakse organism moduleeritud ultrakõrgsagedusliku elektrivälja toimele (joon. 40). On uus, seni vähetuntud ravimeetod. Impulss-



Joon. 40. Voolukõver pideva (a) ja impulsslühilaine (b) korral.

ultrakõrgsageduselektrivälja raviotstarbelise rakendamise idee kerkis üles seoses nähtudega, mis tekivad pikemat aega radarseadeldistega töötaval personalil, kus organismile toimib kõrgsageduslik impulsselektriväli. Tekkisid peavalud, kiiresti väsimine, kergesti ärritatavus, valud südame piirkonnas, paresteesia jäsemetes. Objektivsetest näh-

tudest täheldati arteriaalsed hüpotooniat, bradükardiat, tremorit jäsemetes, jäsemete tsüanoosi või kahvatust, leukopeeniat, millele järgnes leukotsütoos jt. Nähud kadusid täielikult 5 - 6 nädala pärast, kui selle tööga enam ei tegeeldud.

Impulss-ultralühilaineteraapia avaldab võrreldes tavalise ultralühilaineteraapiaga (pidev väli) erinevat toimet. Soojustoime praktiliselt puudub, ostsillatoorne toime on tugev. Loomeksperimenti andmed ja katsed tervetel vaba-tahtlikel võimaldasid järeldada, et impulss-ultralühilaineteraapia avaldab kesknärvisüsteemile pärssivat toimet. Tekib unisus, adünaamia, kehatemperatuuri langus, real juhtudest pikeneb motoorne kronaksia, veresoonte permeaablus väheneb. Arteriaalne vererõhk langeb, kusjuures hüpotensiivne toime on püsiv. Ravikuuri vältel täheldatakse adipossetel isikutel kaalulangust. Impulss-ultralühilaineteraapia avaldab tugevat analgeetilist toimet, tõstab ka organismi kaitsevõimet.

Impulss-ultralühilaineteraapia on senini veel eksperimenteerimisjärgus, Nõukogude Liidus aparatuuri seeria-viisiliselt ei toodeta. Eksperimentaalne mudel YB4-M-I on konstrueeritud YB4-300 baasil, protseduuriks kasutatakse YB4-300 juurde kuuluvat elektroodide komplekti (kolmes suurusjärgus paarilised klaasümbrisega diskelektroodid). Üksikimpulsi võimsus on kuni 15 kW ja kestus 2 või 8  $\mu$ sek. Aparaaadi moderniseeritud mudel kannab nimetust "Impulss-2".

Kuna impulss-ultralühilaineteraapia toimet organismile ei saa lugeda lõplikult selgitatuks ning kogemused selle ravimeetodi rakendamisel on veel vähesed, ei ole seni lõplikult välja töötatud kindlat meetodikat, samuti näidustusi ja vastunäidustusi. Seniste uurimistulemuste põhjal peetakse impulss-ultralühilaineteraapia põhiliseks näidustuseks hüpertooniatõve algstaadiume, kus diskelektroodid lokaliseeritakse kas sinokarotiitsoonile või solaarpleksusele. Protseduuri kestus 10 minutit, ülepäeviti, kuuriks 10 - 15

protseduuri. Häid tulemusi on täheldatud ka lumbosakraalse radikuliidi, traumaatiliste deformeervate artriitide ja põletikuliste infiltraatide korral.

#### MIKROLAINETERAAPIA.

( $f = 300 - 3000$  MHz;  $\lambda = 1 \text{ m} - 10 \text{ cm}$ )

Mikrolaineteraapia korral asub kehaosa suure intensiivsusega elektromagnetilise suundkiiritaja lähiväljas. Elektromagnetiliste lainete levik ruumis on seotud energiatranspordiga, mis kudedes absorbeerudes tekitab soojust. Soojustoime kõrval avaldab mikrolaineteraapia kudedele intensiivset ostsillatoorset toimet.

Käsitledes inimkeha kui homogeenset keskkonda, millele on suunatud kiiritaja lähiväljas paralleelne elektromagnetiliste lainete kimp, on ruumalas  $V$  ühes ajaühikus tekkiva soojuste hulk  $\frac{Q}{t}$  võrdeline kiirguse intensiivsusega  $I$  ja loonse ning dipoolse juhtivuste summaga  $(\sigma_1 + \sigma_d)$  voluümenis  $V$ :

$$\frac{Q}{t} \sim (\sigma_1 + \sigma_d) \cdot I \cdot V.$$

Seega avaldub kudede soojenemine mikrolaineteraapia korral ligikaudselt avaldise  $(\sigma_1 + \sigma_d) I$  kaudu ning ühendab endas induktotermia ja ultralühilaineteraapia põhihood, s. t. ühelt poolt soojenevad head elektrijuhid (välja magnetilise komponendi toime), teiselt poolt toimub soojenemine dielektriliste kadude arvel halbades juhtides (välja elektrilise komponendi toime). Voolusageduse tõustes kasvavad dielektrikuskaod, mis on seotud dipoolsete molekulide relaksatsioonvõnkumiste tekkega, mikrolaineteraapia sagedusdiapasioonis peamiselt vee molekulide relaksatsioonvõnkumistega, mida kaasajal peetakse mikrolaineteraapia korral peamiseks suurema veesisaldusega kudede

intensiivsema soojenemise põhjuseks. (Relaksatsioonvõnkumine on mittesinuseline võnkumine. Tekib kõrgsagedusvahelduvvoolu sageduste korral, kus elektriväli muutub nii kiirelt, et dipoolsete molekulide polarisatsiooni muutumine jääb maha. Suurte molekulide relaksatsioonisagedus on väiksem kui väikeste, näiteks vee molekulide relaksatsioonisagedus.)

Vaadeldes aga inimkeha kudesid kui inhomogeenset kihelist keskkonda elektromagnetiliste lainete paralleelses kimbus, tuleb arvesse lainete peegeldumine ja murdumine dielektriliselt erinevate kudede piirdepinnal, samuti seisvate lainete teke ja peegeldumine nahapinnalt, mis muudab kudedes tegelikult toimuvate füüsikaliste protsesside vahekorrad keeruliseks.

Elektromagnetilise energia absorptsioonimäär sõltub peamiselt kudede veesisaldusest. Mikrolaineteraapial on koe poolestussügavus (s. t. sügavus, milleni tungides elektromagnetiline kiirgusintensiivsus väheneb poole võrra esialgsest) võrdeline tema veesisaldusega. Nii näiteks on lihaskoe poolestussügavus  $\sim 1$  cm, rasvkoel  $\sim 7$  cm, mistõttu läbides rasvkoekihi langeb kiirgusintensiivsus lihaskoes kiirelt. Viimane on põhjuseks, miks mikrolaineteraapia toimesügavus pole suur (kuni 8 cm), ning kuigi lihaskude soojeneb tugevalt (5 cm sügavuses 5 - 10° võrra), langeb soojuse teke sügavase suunas kiirelt.

Mikrolaineteraapia soojusliku toimekomponendi poolt esilekutsutud muutused kudedes printsipiaalselt ei erine endogeense soojuse poolt üldse esilekutsutud reaktsioonidest ning on käsitletud eespool. Erinevuseks on asjaolu, et mikrolaineteraapial rasv- ja lihaskoe soojenemise vahekorrad on  $\sim 1 : 1$  ning et väike lainepikkus vastavamõõtmeliste kiiritajate kasutamisel võimaldab toimet hästi lokaliseerida. Võrreldes ultralühilaineteraapiaga tekib intensiivsem kudede hüperemia. Kuna eriti tugevalt kuumenevad kehavedelikud, ei rakendata mikrolainet tursete korral ja aeglustunud vereringega ning staasinähtudega piirkondadele ülekuumenemise ohu tõttu.

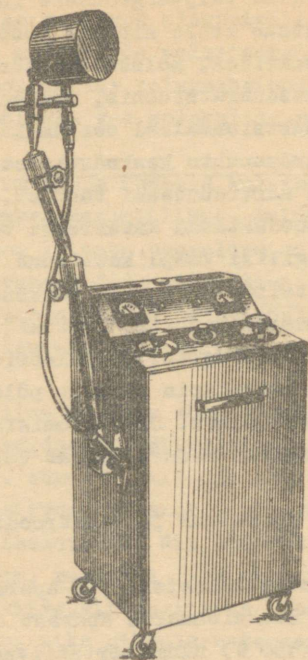
Mikrolaineteraapia ostsillatoorne toimekomponent on sõltuvalt ülikõrgest väljasagedusest intensiivne. Mikrolaineteraapia kutsub esile nihkeid ioonide ja valkude hüdratatsiooniprotsessides, molekulide struktuuris ja ioonide dünaamilises kontsentratsioonis, mis eelkõige kajastub kesknärvisüsteemi funktsionaalsel seisundil. Suured doosid kutsuvad esile pidurdusnähte kesknärvisüsteemi poolt, tõstavad parasümpaatilise närvisüsteemi toonust, samuti pärssivad spermogeneesi, soodustavad katarrakti teket ja võivad põhjustada hemorraagilisi komplikatsioone. Suured doosid avaldavad ka bakteritsiidset toimet. Väikesed doosid põhjustavad kesknärvisüsteemis ajutist erutust, kutsuvad esile leukotsüütide arvu tõusu veres, stimuleerivad kilpnäärme talitlust. Mikrolaineteraapia avaldab põletikunähte pärssivat ja valuvaigistavat toimet. Samuti omistatakse mikrolaineteraapiale kaltsifikaate resorbeerivat toimet.

#### Aparatuur ja elektroodid.

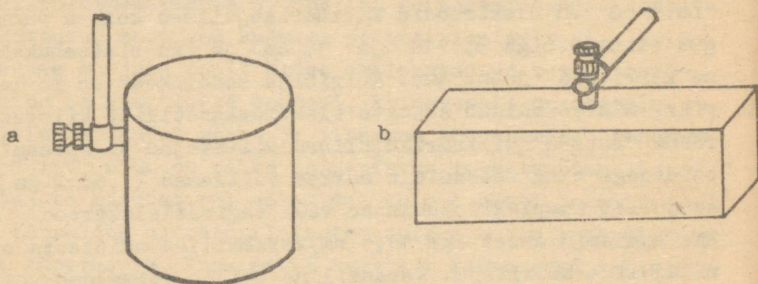
Kodumaised mikrolaineteraapia-aparaadid töötavad sagedusega 2375 MHz. Statsionaarne aparaat on "Lutš-58" (väljundvõimsus kuni 150 W) ning portatiivne "Lutš-2" (kuni 20 W) (joon. 41). Ülikõrge sagedusega võnkumine genereeritakse magnetroni abil.

Protseduur viiakse läbi ühe elektroodi abil. Aparaadil "Lutš-58" on elektroodid silindrikujulised kolmes suurusjärgus (diameetriga 9, 14 ja 18 cm) ja üks risttahukakujuline kiiritaja (joon. 42). Kiiritaja metallkest on reflektori, mis võimaldab suunata elektromagnetilist kiirgust. Aparaadil "Lutš-2" silindrikujulised kiiritajad on keraamilise täidisega ning mõõtmel märke väiksemad (1,5; 2 ja 3,5 cm), kusjuures komplekti kuuluvad veel vaginaalelektrood ning üks suurem (diameetriga 11,5 cm) keraamilise täidiseta silindrikujuline kiiritaja. Keraamiline täidis võimaldab toimet lokaliseerida piiratud alale.

Statsionaarset suure võimsusega aparaati on lubatud ekspuuteerida ainult spetsiaalses ekraniseeritud kabiinis.



Joon. 41. Mikrolaineteraapia-aparaat "Luts -58".



Joon. 42. Mikrolaineteraapia-aparaadi "Luts-58" elektroodid: a - silindrikujuline ja b - risttahukakujuline kiiritaja.

## Metoodika ja doseerimine.

Mikrolaineteraapia protseduur viiakse läbi ühe elektroodi abil. Statsionaarse aparadi "Lutš-58" kiiritaja fikseeritakse statiivi abil 5 - 15 cm kaugusele kehapinnast. Patsiendi õhuke riietus ei ole takistuseks. Toime paremaks kontsentreerimiseks võib kiiritaja ja nahapinna vahele asetada 4 - 7 cm paksuse lameda kuiva liivaga täidetud kotikese. Kiiritaja kuju ja suuruse valik sõltub kehaosast.

Mikrolaineteraapiat doseeritakse aparadi vattmeetri näidu järgi:

nõrk doos	<u>20 - 40 W</u>
keskmise doos	<u>40 - 60 W</u>
tugev doos	<u>60 - 80 W</u>

Mikrolaineteraapia protseduuri kestus on 10 - 30 minutit; ravikuuriks 10 - 15 protseduuri.

Protseduuridel pea läheduses antakse haigele spetsiaalsed kaitseprillid (katarrakti oht), testiste läheduses - kaitsepõll (mikrolaine pärsib spermogeneesi). Teenindav personal peab olema varustatud kaitseprillidega ja meesisikud - kaitsepõllega.

Aparaadiga "Lutš-2" töötamisel pole ülalesitatud ettevaatusabinõud vajalikud, kuna kiiritaja fikseeritakse vahetult kehapinnale ning aparadi võimsus on suhteliselt väike. Väikesemõõtmeliste kontaktkiiritajate tõttu kasutatakse "Lutš-2" peamiselt LOR praksises, günekoloogias ja stomatoloogias - akuutsete põletike korral doosis  $2 \text{ W/cm}^2$  3 - 5 minutit, krooniliste korral doosis  $4 - 8 \text{ W/cm}^2$  10 - 20 minutit, ravikuuris 5 - 15 protseduuri.

Mikrolaineteraapia üldised näidustused  
ja vastunäidustused.

Näidustused:

1. Mikrolaineteraapia on näidustatud järgmiste põletikuliste protsesside korral nii akuutses kui ka kroonilises

staadiumis, kusjuures mida akuutsem on põletik, seda väiksema doosi ja lühema kestusega peab olema mikrolaineteraapia protseduur: paranasaalne sinusiit, larüngiit, otiit, angiin, hidradeniit, panariitsium, mastiit, epikondüliit, periostiit, artriit, periartriit, bursiit, adeneksiit, salpingiit jt.).

2. Deformeeruv spondüloos ja artroosid.
3. Mao ja kaksteistsõrmiksoole haavandid.

Vastunäidustused:

1. Verejooksuohu.
2. Kasvajad.
3. Aktiivne tuberkuloosne protsess.
4. Kudede turse.
5. Metallvõõrkehad.
6. Palavik.
7. Graviidsus.

Mikrolaineteraapiat ei teostata silmadele ja testistele, samuti lastel ja noorukitel luude epifüüsidele.

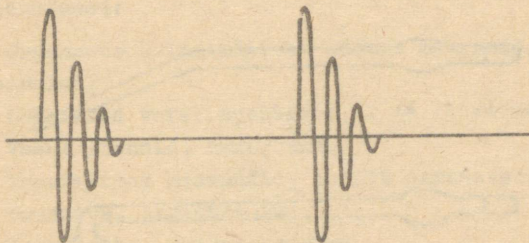
#### DARSONVALISATSIOON.

( $f = 100 - 300 \text{ kHz}$ ;  $\lambda = 3000 - 1000 \text{ m}$ )

Darsonvalisatsiooniks rakendatakse impulss-vahelduvvoolu kõrgsageduslike kustuvate võnkumiste näol (joon. 43). Olulist soojust kudedes ei teki, kuna pauside tõttu on keskmine efektiivne voolutugevus suhteliselt väike.

Ülddarsonvalisatsioonil asub patsient puurikujulises solenoidis, mille mõlemad otsad on ühendatud aparadi kondensaatoriplaatidega ning on seega võnkeringi eneseinduktsioonipooliks. Aparadi töötades moodustub solenoidi sees kõrgsageduslik elektromagnetiline väli, voolupinge on siin kuni 100 kV. Ülddarsonvalisatsiooni toimel suureneb diurees, kusjuures tõuseb lämmastikühendite eritumine. Aval-

dab patsiendile sedatiivset toimet, langetab mõnevõrra ka vererõhku. Protseduur kestab 10 - 20 minutit, ravikuur koosneb 12 - 20 protseduurist. Kuna üldarsonvalisatsiooni kaasajal vähe kasutatakse ning vastava aparatuuri tootmine Nõukogude Liidus lõpetati 1950. a., me sellel raviprotse-duuril lähemalt ei peatu.



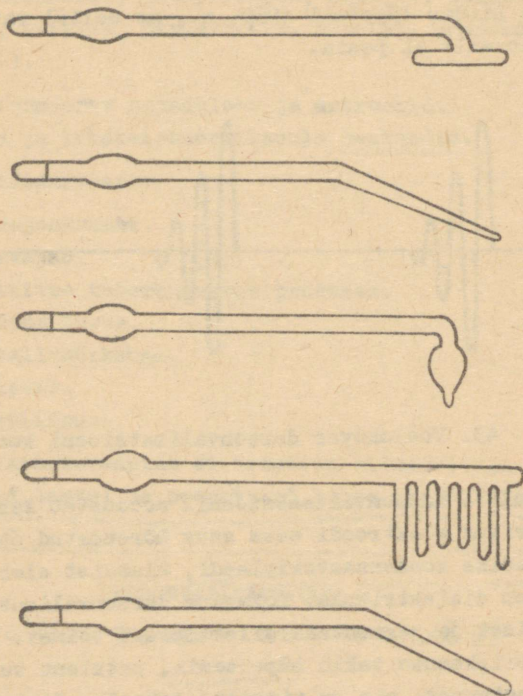
Joon. 43. Voolukõver darsonvalisatsiooni korral.

Lokaalsel darsonvalisatsioonil moodustab kehapinnale lokaliseeritud elektroodi sees asuv hõrendatud õhk ühe ja kehapind teise kondensaatoriplaadi, klaasist elektrood nende vahel on dielektrikuks. Lokaalne darsonvalisatsioon avaldab lokaalset ja segmentaarreflektorset toimet. Elektroodialuses piirkonnas tekib hüperemia, patsient tunneb kerget kipitustunnet, mis on tingitud lokaalse darsonvalisatsiooni naharetseptoreid ärritavast toimest. Elektroodi eemaldamisel nahast paari-kolme millimeetri võrra tekib naha ja elektroodi vahele säde ning kipitustunne muutub eriti tugevaks. Lokaalne darsonvalisatsioon avaldab intensiivset, kude troofikat stimuleerivat, samuti spasmolüütilist ja valuvaigistavat toimet.

#### Aparatuur ja elektroodid.

Kodumaine tööstus toodab portatiivseid darsonvalisatsiooniaparaate "Iskra-1", mis töötavad sagedusega 110 kHz,

maksimaalne väljundvõimsus 80 W. Elektroodid on mitmesuguse kujuga klaasist kondensaatorelektroodid, milles on 0,1-0,5 mm Hg hõrendatud õhk (joon. 44). Protseduuri ajal hõlendab elektrood roosakaslillakalt.



Joon. 44. Lokaalse darsonvalisatsiooni vaakuum-elektroodid.

#### Metoodika ja doseerimine.

Antud protseduuriks sobiva kujuga elektrood kinnitatakse käepidemele ning libistatakse eelnevalt talgiga üle raputatud nahal ringjate liigutustega edasi-tagasi. Aparaa-  
di "Iskra-1" töörežiim ei luba elektroodi nahalt eemaldada,

s. t. toimida sädemega. Õõneelektrood (rektaalne) fikseeritakse rektumis. Doseeritakse patsiendi subjektiivse aistingu (kipitustunde) alusel.

Protseduur kestab 5 - 10 minutit, ravikuuriks 10 - 20 protseduuri iga päev või ülepäeviti.

Lokaalse darsonvalisatsiooni üldised näidustused ja vastunäidustused.

Näidustused:

1. Organneuroosid (näiteks südame neuroos), neurootilised peavalud.
2. Lokaalsed vereringehäired, I ja II astme külmumine.
3. Veenilaiendid, hemorroid.
4. Troofilised haavandid, loiult paranevad haavad.
5. Pruritus, paresteesiad.
6. Neuralgiad, polüneuralgiad.
7. Naha kosmeetilised defektid.

Vastunäidustused lokaalseks darsonvalisatsiooniks on pahaloomulised kasvaja, samuti individuaalne protseduuri talumatus.

### III. STAATILISE ELEKTRI KÕRGEPIINGEVÄLI.

#### FRANKLINISATSIOON.

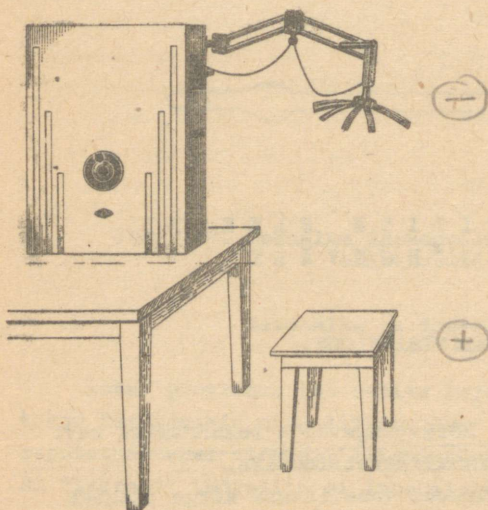
Staatilise elektri kõrgepingevälja rakendamist ravi otstarbel nimetatakse franklinisatsiooniks.

Kahe polaarse elektroodi vahelisesse kõrge pingega elektrivälja asetatud dielektriliste omadustega keha po-

lariseerub. Õhk ioniseerub, tekivad väikesed osoonihulgad. Franklinisatsioonil toimivad inimorganismile peamiselt õhuhioonid naha ja hingamisteede kaudu. Staatilise elektri toimel naha kapillaarid algul lühiajaliselt ahenevad, seejärel laienevad, püsides laienenutena ka pärast protseduuri lõppemist. Franklinisatsioon avaldab üldist sedatiivset ja vegetatiivset närvisüsteemi (peamiselt parasümpaatilist) toniseerivat toimet, stimuleerib hematopoeesi. Õhuhioonide liikumine vastasmärgiga elektroodi suunas tekitab haigel vaevalt tajutava "tuule puhumise" või "õhu liikumise" aistingu. Staatiline elekter koondub väljuvustele ja teravikele. Lähenedes lokaalset elektroodi haige nahale, tekib elektroodi ja nahapinna vahel sädelahendus, mis annab lokaalse tugeva kipitusaistingu ning kutsub esile tugeva hüperemia.

#### Aparatuur.

Kaasajal on kasutusel franklinisatsiooniparaadid A  $\Phi$ -2 ja A  $\Phi$ -3 (joon. 45). Mõlemad võimaldavad teostada nii üld-



Joon. 45. Franklinisatsiooniparaat A  $\Phi$ -3.

kui lokaalset franklinisatsiooni, aparaat AΦ-3 ka aeroionoteraapiat. Mõlema aparaadi maksimaalne tööpinge on 50 kV, kusjuures pinge on astmeliselt reguleeritav 5 kV kaupa.

Elektroodid, meetodika ja doseerimine.

Franklinisatsiooni teostatakse kas üld- või lokaalse franklinisatsioonina.

Üldfranklinisatsioonil patsient istub toolil, üks elektroodidest metallplaadi näol on taldade all, teine, mitmeharuline elektrood, ripub pea kohal umbes 10 - 15 cm kaugusel pealaest. Elektroodide polaarsus on muudetav, tavaliselt on aga ülemine elektrood negatiivne. Patsient tunneb protseduuri vältel vaid kerget õhu liikumise tunnet. Vastasnimeliste laengute tõttu tõusevad patsiendi juuksed aeglaselt ülemise elektroodi suunas. Üldfranklinisatsioon viiakse läbi väljapinge juures 45 - 50 kV 10 - 20 minutit, kuuriks 15-20 protseduuri.

Lokaalseks franklinisatsiooniks kinnitatakse käsielektroodi juhe aparaadi ülemise elektroodi asemele. Lokaalse franklinisatsiooni elektroodid on mitmesuguse kujuga: metallist teravikud, kuulid või harjakesed. Finogenovi poolt konstrueeritud mitmesuguse kujuga teravikega plaatelektroode (krae-elektrood jt.) kasutatakse lokaalseks franklinisatsiooniks refleksogeensetele tsoonidele. Lokaalse franklinisatsiooni terapeutilise rakendamise võimalusi laiendab tunduvalt Finogenovi aeroionoforeesi meetodika. Aeroionoforeesi teostamisel on aluseks asjaolu, et lokaalse franklinisatsiooni elektrood on polaarne ning tekkinud aeroioonide voog elektroodi all on samuti monopolaarne. Seega on võimalik viia nahapinna, haavandi või haavapinna niisutamisel mingi elektroodi lahusega kindlaid (lokaalse franklinisatsiooni elektroodi suhtes sama märgiga) ioone sügavamale kudedesse nagu elektroforeesigi korral. Aeroionoforees omab elektroforeesiga võrreldes eeliseid steriilsetes tingimustes, kuna siin pole elektrood pinnaga kontaktis.

Lokaalse franklinisatsiooni elektrood asub tavaliselt 7 - 10 cm kaugusel naha või haava pinnast. Elektrivälja pinge on 10 - 20 kV, protseduuri kestus 10 - 15 minutit, ravi-kuuriks 8 - 10 protseduuri.

Näidustused ja vastunäidustused.

Üldfranklinisatsiooniks on näidustatud:

1. Neuroosid.
2. Vegetodüstoonia.

Näidustused lokaalseks franklinisatsiooniks:

1. Troofilised haavandid ja loiult paranevad haavad.
2. Pruritus.

Absoluutseid vastunäidustusi franklinisatsioonile ei eksisteeri.

Aparaati A  $\Phi$ -3 rakendatakse ka kui aeroionisaatorit negatiivsete aeroioonide inhalatsiooniteraapiaks, seda peamiselt hüpertoonlatõve algstaadiumides, hingamisteede põletike ja bronhiaalastma puhul.

# S i s u k o r d .

I. ALALISVOOL . . . . .	4
Galvanisatsioon . . . . .	9
Elektroforees . . . . .	17
Impulssalalisvool . . . . .	26
Lihaste elektrostimulatsioon . . . . .	26
Diadünamoteraapia . . . . .	38
Elekteruniravi . . . . .	45
Interferentsvoolud . . . . .	48
II. KÕRGSAGEDUSLIK VAHELDUVVOOL . . . . .	50
Diatermia . . . . .	59
Galvanodiatermia . . . . .	66
Induktoterapia . . . . .	67
Galvanoinduktoterapia . . . . .	72
Ultralühilaineteraapia . . . . .	73
Impulss-ultralühilaineteraapia . . . . .	81
Mikrolaineteraapia . . . . .	83
Darsonvalisatsioon . . . . .	88
III. STAATILISE ELEKTRI KÕRGEPIINGEVÄLI . . . . .	91
Franklinisatsioon . . . . .	91

Лийвия Луто  
ОСНОВЫ ЛЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ  
На эстонском языке  
Тартуский государственный университет  
ЭССР, г. Тарту, ул. алинкооли, 18

Vastutav toimetaja E. Raudam  
Korrektor A. Tõldsepp

TRÜ rotaprint 1969. Paljundamisele antud 28. VIII 1969.  
Trükipoognaid 6. Tingtrükipoognaid 5,58. Arvestuspoog-  
naid 5,5. Trükiarv 600. Paber 30 x 42. 1/4.  
MB 03452. Tell. nr. 666.

Hind 30 kop.

Hind 30 kop.

A

30115

5619681

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00561968 1