

Eraldine äratõmme ajakirjast „EESTI ARST“ 1928, nr. 8.

2

(Tartu Ülikooli naistekliinikust. Juhataja: prof. J. Miländer.)

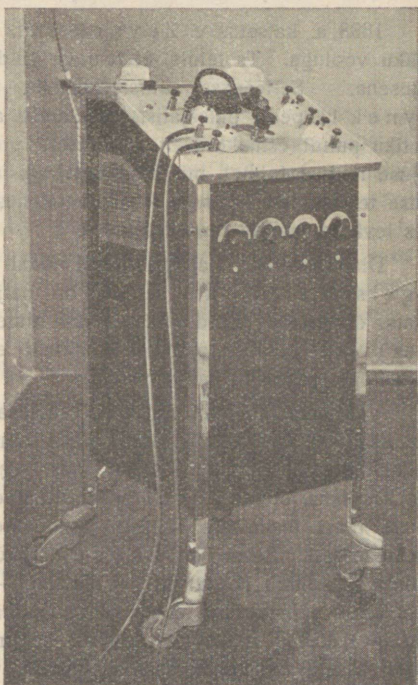
**Diatermia-aparaatide konstruksioonist.<sup>1)</sup>**

Esimese Eestis konstrueeritud aparadi paremused.

Röntgenoloog drd. med. J. Grünthal.

Rõõmustaval viisil leiab füüsikaliste ravimeetodite tarvitamine arstkonnas ikka enam ja enam poolehoidu, mida tuleb suuremalt jaolt kirjutada küll nende ravimeetodite heale tervistavale toimele. Suurimaks takistuseks füüsikaliste ravimeetodite levimiseks meie oludes on raha puudus, mis nii mitmegi tarviliku aparadi muretsemisele ülepääsematuid tõkkeid ette veeretab. Teadupärast on ju välismaalt tellitud aparadi hinnad õige kõrged. Kuid hea ettevõtlikkuse varal on meil kodumaal võimalik mitte sugugi halvemaid aparate valmistada. Sel asjaolul on suur tähtsus juba sellepärast, et meil välisvaluutat raisata ei tule, liiategi tulevad kodumaal tehtud aparadid oma suurepärase konstruksiooni puhul isegi odavamad. Nii on ülikooli mehaanikul hra J. Kersna-Muuga'l kõrda läinud konstrueerida diatermia-aparaati, mida, olgugi et see on esimene sellisarnane katse Eestis, siiski väga kordaläinuks tuleb lugeda.

Diatermia printsiip seisab selles, et inimese kehast läbi juhtides suursageduslikku voolu, viimane soojust tekitab, mida siis ka teraapötiliselt kasutatakse. On ju ammu teada, et elektrivool juheta läbides viimast soojendab, mille puhul soojuse hulka saame Joule'i valemiga arvestada (Joule'i soojus). Selle Joule'i soojuse printsiibi põhjal ongi konstrueeritud mitmed väga praktilised aparadid, nagu elektripliidid, köiksugu keeduaparadid, ahjud jne.



1) Ette kantud Tartu Eesti Arstide Seltsis 7. III. 1928.

Ka inimese keha on elektri juhe. Kui sooviksime valmistada soojust inimese kehas, temast harilikku alalist või vahelduvat voolu läbi lastes, siis osutub see võimatuks sel lihtsal põhjusel, et sel puhul esile tulevad nöiro-muskulaarsed ärritusnähud lubavad väga väikest elektri hulka tarvitada. Sedagi mõne milliampri tugevusega elektrivoolu kehas läbi lastes tekib selles Joule'i soojus, kuid niivõrt väikesel määral, et ta on praktiliselt mõõtmatu ja teraapötiliselt tähtsusetu. Soovime aga inimese kehale üldiselt või mõnele üksikule organile anda tarvilikku soojust, siis peame selleks ka vastavalt tugevamat voolu tarvitama. Pealegi ei tohi sel korral elektrivool ei valutunnet ega lihaste kontraktsiooni esile kutsuda. Need omadused on n. n. suursageduslikul vahelduval voolul, mille valmistamine kõige esimesena tšehhi inseneril Nicola Tesla'l õnnestus ja mis ka Tesla voolu nime all tuntud. Seeda voolu soovitas prantsuse füsioloog d'Arsonval 1892. a. ravimiseks, missugust raviviisi nimetatakse arsonvalisatsiooniks. Niihästi d'Arsonval kui ka teised teadlased, nagu Bordier ja Lecomte, tõendasid eksperimentaalselt loomadel, et suursageduslikku voolu organismist läbi lastes tekib soojus. Selle soojuse tekkimise peale vaatas Arsonval kui suursagedusliku voolu segava kõrvaltoime peale, ilma et ta oleks hakanud seda soojuse tekkimist teraapötiliselt kasutama.

1898. a. katsetas v. Zeynek prof. Nernst'i laboratooriumis suursagedusliku vooluga. Ta leidis, et teatava kindla sageduse puhul vool toimib ainult soojusena. Selleaegse suursagedusliku voolu tehnikat arvesse võttes läks Zeynek'il peale pikaajalist katsetamist a. 1905. korda käelligese gonorroilise põletiku puhul esmakordselt kliiniliselt proovida Prahast suursagedusliku voolu soojuse ravivat toimet, mis häid tagajärgi andis. Suursagedusliku voolu valmistamise tehnika arenemisega käsikäes täienesid ka diatermia aparaadid ning sellega ühes levis ka nende tarvitamine.

Diatermia-ravi alal prioriteeti nõuab Zeynek'i kõrval endale ka veel Nagelschmidt, kes sel alal on palju tööd teinud ja raviviisile nimeks pannud diatermia. Kuid sobivaimaks nimeks tuleks küll Delhermi ja Laquerrière poolt soovitatud nimetust endotermia arvata, mis protsessi käiku kõige paremini iseloomustab.

Vaatleme lähemalt diatermia füüsikaalset külge. Et diatermia vool suursageduslik on, siis peame kõige pealt suursagedusliku voolu füüsikaalset külge lähemalt tundma õppima. Nagu teada tegi Feddersen juba 1858. a. Leipzigi kindlaks, et Leyden'i pudel tühjeneb sädeme näol, mis tegelikult koosneb tervest reast üksteisele kiiresti järgnevatest vahelduva suunaga nõrgenevatest sädemeketest. Seega on Leyden'i pudeli tühjenemine ostsillaatorne, võnkuv, ja toimib järgmiselt: — kattes + kattesse liikuva elektrivoolu vähendamisel tekib välisjuhtmes enese induktsiooni tõttu samasuunaline ekstravool, mille tõttu + kattesse rohkem — elektrit koguneb, kui + laengu tasakaalustamiseks tarvis. Seega on kondensaatori katetes tekkinud vastupidised, kuid vähemad potentsiaalid, mille nõutraliseerimiseks elekter teise sädeme näol vastassuunas voolab. See elektri edasi-tagasi voolamine sädeme näol kordub, kuni potentsiaalid on nõutraliseeritud. Kui veel arvesse võtta, et kõik see protseduur kestab <sup>1</sup>/<sub>50.000</sub> sekundit, missuguse aja vältel elektri vool 15—20 korda oma suuna muudab, siis ongi meil käes suursageduslik vahelduv vool või lihtsalt suursageduslik vool. Viimase valmistamiseks tarvitasime: kondensaatorit (Leyden'i pudel),

eneseinduktsiooniga välisjuhtmeid ja sädemikku (Funkenstrecke), missugust süsteemi nimetatakse elektri võnkumiskonturiks. Võnkumiskonturi abil võime võnkumisperioodi suurust määrata, s. o. voolu võngete sagedust niivõrt suureks ajada, et saame suursagedusliku voolu, millel puuudub igasugune nõiro-muskulaarne ärritav toime. Määrab ju Thomson'i valem  $T = 2\pi \sqrt{LC}$  võnkumisperioodi (T), kus L on eneseinduktsioon ja C kondensaatori maht. Suurema sageduse korral peab üksiku võnke periood vähenema, milleks, nagu valemist näha, kondensaatori mahtu ja eneseinduktsiooni tuleb vähendada.

Kirjeldatud võnkumiskonturi abil on meil võimalik saada vaid lühiajalist suursageduslist voolu, mis meid aga vähe rahuldab. Siin tärkab mõte: kui kondensaatorit alati uuesti ja uuesti laadida, siis peaksime otsillatoorse kondensaatori tühjendamisega kehvalt saavutama suursagedusliku voolu. Kuid nii lihtsalt see ei lähe: tühjenenud kondensaatorit ei saa kohe laadida, sest säde on sädemikus plaatide või kuulide vahel õhu kuumendanud ja ioniseerinud, mille tõttu õhk elektri juhimeks muutub ja kondensaatori katted lühiühendusse lüüb. Seega on kondensaatori katete laadimine seni võimatu, kuni õhk tarvilikul määral oma ionisatsiooni, s. o. elektri juhtivust pole kaotanud, milleks kulub umbes  $\frac{1}{500}$  sekundit. Siis alles täituvad kondensaatori katted ning kondensaator võib uuesti tühjeneda otsillatoorselt suursagedusliku voolu' näol, kestvusega  $\frac{1}{50000}$  sek. ja uue vaheajaga  $\frac{1}{500}$  sek. jne. Kui veel arvesse võtta, et siin suursageduslikul voolul on kõrge pingega, kuni mõnisada tuhat volti, siis ongi meil käes Tesla vool, mida tarvitatakse arsonvalisatsiooniks. Diatermia jaoks ei ole teda võimalik tarvitada, sest suursageduslik voolus eettulevate suurte vaheaegade tõttu üksikute voolu impulsside vahel ei ole läbivoolava elektri hulk mitte küllaldane soojuse valmistamiseks. Samal põhjusel ei ole ta ka täielikult vaba nõiro-muskulaarseist ärritusist. Kuigi, nagu eelpool nägime, saame võnkeperioodi pikkust Thomson'i valemi järgi kondensaatori mahu ja välisjuhtme eneseinduktsiooni abil määrata, etendab just sädemiku ehitus suurt osa kestvama suursagedusliku voolu valmistamisel. Arsonvalisatsiooni-aparaadil on sädemikus plaatide vahemaad mõni sentimeeter, mille tõttu kondensaatori katete tühjenemine võib siis alata, kui pingega oma haripunktile jõudes suudab õhu takistust võita ja sädeme näol üle hüpata. Siit on selge, miks arsonvalisatsiooni-voolul on sekundis ainult 100 impulsi ümber, sest harilikul 50 perioodilisel vahelduval voolul on pingega sada korda sekundis oma haripunktil. Impulsside väikese arvu tõttu võimaldavad arsonvalisatsiooni-aparaadid anda ainult mõnisada milliamprit, mida diatermia jaoks on vähe.

Suure tähtsuse diatermia-ala arenemisel omandas Max Wieni sädemiku konstruktsioon. Tema võttis sädemikuks suured plaadid, mille vastastikku pöördud pinnad üle hõbetati. Pealegi asetas ta sädemikus plaadid mõnesentimeetrilise vahemaa asemel ainult kümnendiku millimeetri kaugusele. Plaatide suurema pindala kui ka lühema vahemaa tõttu oli loodud võimalus kiiremale kondensaatori katete tühjenemisele sädeme näol. Väiksemate vaheaegade tõttu saab suursageduslik vool ühtlasem — kaob faradisatsiooni tunne, mis võimaldab vähema pingega töötamist ja annab impulsside sageduse tõttu tugevama voolu, seega ka suurema soojuse kehas.

Uuemal ajal on sädemikus hõbetatud plaatide asemel tarvitusele võetud volframplaadid, sest alalise sädemejooksu tõttu tekkiv soojus rikub kergesti hõbedakorra pealt ära — aparaat ei tööta hästi, voolul on faradisatsiooni iselaad,

kuigi nõrk. Et volframi sulamispunkt ( $3400^{\circ}\text{C}$ ) on hõbeda sulamispunktist ( $960^{\circ}\text{C}$ ) palju kõrgemal, sellepärast on ka volframplaatidega sädemik palju vastupidavam. Volframplaatide tarvitusele võtmist tuleb lugeda Erbe (Tübingen) teeneks.

Veel on üks tähtsam lahkumine diatermia ja arsonvalisatsiooni vahel. — Näiteks, kondensaatorvoodil tuleb tarvitada arsonvalisatsioonivoolu kuni mõnituhat volti, efluviumi või sädemega arsonvalisatsiooni korral isegi mõnisadatuhat volti. Diatermia puhul jätkub juba mõnestsajast voldist: mida pikem tee on voolul keha läbida, seda suurema pinge peame valima. Diatermiavoolul on peatähtsus just ta tugevuses, tema amprite arvul, millest Joule'i valemi järgi oleneb kõige pealt soojuse hulk. Seega võiksime arsonvalisatsiooni ja diatermia suursageduslikkude voolude iseärasusi alljärgnevas tabelis Kowarschi'ku järgi tuua:

## Arsonvalisatsioon:

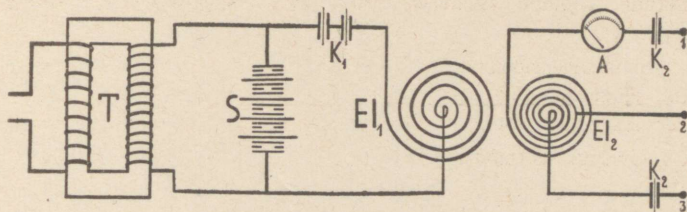
1. 20—100 sädet sekundis, seega sama palju suursagedusl. voolu impulsse.
2. Väike voolu tugevus (mõnisada milliampri).
3. Kõrgepinge (mõni 1000 või 100.000 volti).

## Diatermia:

1. 1000—2000 sädet sek. ja samapalju suursagedusliku voolu impulsse.
2. Suur voolu tugevus (kuni 300 ja enam milliampri).
3. Madalpinge (mõni 100 volti).

Huvitav on suursagedusliku voolu omadus — tal puudub nõiro-muskulaarne ärritav toime. E. T. Houston püüdis ärritatavuse puudust seletada keha eneseinduktsiooniga, mille tõttu vool pidi ainult pinda mööda kulgema ega saa seepärast närvi ärritust tekitada. Kuid sellele seletusele astus d'Arsonval kindlasti vastu. Tema kinnitas, et suursageduslik vool läbib organismi. Arsonvali arvates tuleb ärrituse puudumist voolu suure sageduse arvele panna. Nagu kõrv ei kuule liiga sagedaid õhuvõnkeid, nagu silm võtab vastu ainult teatud kiirusega eetrivõnkeid, niisama ei pidanud närvid tundma liigsagedaid suursagedusliku voolu võnkeid. V. Nernst oli esimene, kelle teoria 1897. a. suursagedusliku voolu mitteärritavuse kohta põhjendab matemaatilisel-füüsikaalsel alusel, nagu seda juba a. 1900 Einthoven matemaatilisel teel kinnitas. Nagu teada tekitab alaline vool soolalahuses, elektrolüüdis, elektrolüüsi, mille puhul anioonid ühes suunas ja katioonid vastassuunas liiguvad. Vahelduva voolu korral ei ole ionide voolu suund kuigi püsiv ja vaheldab oma suunda sama kiiresti, kui elektrivool, sest elektrivoolu suuna muutest peavad ka ionid oma liikumissuunda muutma — tekib ionide edasi-tagasi kõikumine teatud piirides. Mida sagedamini muudab elektrivool oma suunda, seda lühem on ionide edasi-tagasi liikumise tee. Kuid ionide liikumisega muutub elektrolüüdis ka ionide kontsentratsioon. Kudedes on meil peale protoplasma tegemist veel mitut liiki elektrolüütidega. Niihästi alalise kui ka vahelduva voolu tarvitamisel tekib üksikuis rakes kui ka närvi lõppaparaades protoplasma ümbruses ionide liikumise tõttu teatav ionide kontsentratsiooni muude, mis end muidugi kohe annab tunda. Suursagedusliku voolu korral on ionide edasi-tagasi liikumise teekond nii minimaalne, et nad praktiliselt osutuvad paigal püsivaiks, mispärast ka mingisugust ionide kontsentratsiooni muuteid ei teki. Siit ongi arusaadav, et mida suurem on voolu sagedus, seda rohkem puuduvad nähud, kuni nad teataval sagedusel täitsa kaovad. Ainult selle suursagedusliku voolu omaduse tõttu on tal nii suur tarvitamispiirkond.

Nüüd, kus meie diatermia füüsikaalset kui ka osalt füsioloogilist külge lühidalt puudutanud, vaatame lähemalt diatermia-aparaatide konstruktsiooni. Ka siin näeme elektri võnkumiskontuuri, mis koosneb kondensaatorist  $K$ , sädemikust  $S$  ja eneseinduktsiooniga välisjuhtmest  $Ei$ . Kondensaatorina tarvitatakse diatermia-aparaatidel mitte  $Leyden$ 'i pudelit, vaid vähe ruumi nõudvaid plaat-kondensaatoreid. Samal põhjusel on eneseinduktsiooniga välisjuhe asetatud mitte püstolenoidina, vaid lamedana ühele tasapinnale. Sädemikul on peale õhujahuti veel tuulejahuti. Võnkumiskontuuriga on lülitatud järjestikku transformator  $T$ , mis voolu kuni 2000 voldini transformib ja kondensaatori katteid laadib seni kui pinge küllalt tugev on katete tühjenemiseks sädemikus suursagedusliku voolu impulsiina. See on



primaarne suursagedusl. voolu ring. Ravimiseks ei võeta voolu otseteed kirjeldatud ringist, vaid teisest, n. n. sekundaarsest ringist, mis esimesega ühendatud induktiivselt, nagu see esineb Saksamaa aparadel või galvaaniliselt, nagu seda tarvitatakse enamalt jaolt prantsuse aparadel. Sekundaarne vooluring kujutab enesest osalt ka võnkumiskontuuri, mis pärast ta peab koosnema kondensaatorist  $K_2$  ja eneseinduktsiooniga välisjuhtmest  $Ei_2$ , mille puhul kondensaatori maht ja eneseinduktsioon peab nii arvestatud olema, et ta primaarse vooluringiga resonantsi sattuks. Ainult resonantsi sattumise korral saame sekundaarses ringis tarvilikul määral suursageduslikku voolu.

Kui võrrelda kodumaal konstrueeritud diatermia aparati välismaa omaga, siis peame siinkohal alla kriipsutama, et kodumaa aparatel on nii mõnigi paremus. „Sanitase“ aparadil on sädemik reguleeritav, Koch-Sterzel'i omal mitte, — mõlemad õhujahutiga. Hra Muuga konstrueeritud aparadil on sädemik reguleeritav, iseäranis kergesti üleviidav elektrokoagulatsiooniks, mida välismaa aparatel minu teada pole olemas. Pealegi on sädemikul peale õhujahuti veel tuulejahuti. Viimase puudumine uuematüübilistel välismaa aparadel võib lõpuks, iseäranis kinnisel sädemikul, luua halvad tingimused sädemete voolamiseks, mille tõttu diatermiavool kergesti võib faradiseerivaks muutuda. Pealegi lubab siin konstrueeritud aparaat oma suure võimsuse puhul iga haiget eraldi ravida, s. o. voolu sisse ja välja lülida, voolu tugevust eraldi reguleerida ja mõõta. Kõigil välismaa aparadel neid häid külgi ei leidu. Aparaat on ilusa välisusega ja täidab suure kliiniku haigete materjali arvesse võttes oma ülesannet suurepäraselt. On ju kindel, et kodumaa aparadele, kui nad välismaa omadega samaväärsed on, peame tarvitamisel alati eesõiguse andma. Ja milleks osta välismaalt aparaat, kui kodumaal parem saadaval on, pealegi odavamalt. Siin ei saa kahte otsust olla, aparaat on seda väärt, et ta meie arstkonnas leiaks laialdast tarvitamist.