

figuren 29 tot 32 toonen aan, van welke beteekenis het is, dat bij het electrocardiografeeren de huidweerstand wordt verkleind en een groote extra-weerstand in serie met het lichaam wordt geschakeld. Maakt men van een 20-procents keukenzout-oplossing gebruik en beschikt men over een doelmatige snaar met een weerstand van de orde van grootte van 10.000Ω dan behoeft men voor een misvorming der krommen door de capaciteit en de polarisatie der huid niet te vreezen. Gebruikt

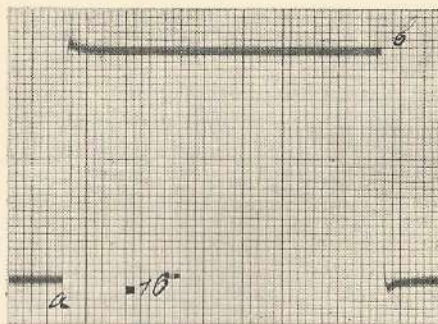


Fig. 32.

Beide armen in warme 20 % NaCl-oplossing. $V = 2,1$ volt.
 $Sh = 330 \Omega$. Lichaamsweerstand $= 800 \Omega$. Extraweerstand $= 10000 \Omega$

men daarentegen een dikke snaar of neemt men een spiegel-instrument van geringen weerstand in plaats van den snaargalvanometer, dan verkeert men in ongunstiger omstandigheid. Het nadeel kan niet door het inlasschen van een extra-weerstand in de keten worden opgeheven, daar bij de gevoeligheid, die vereischt wordt, het inschakelen van een extra-weerstand vertraging van de aanwijzingen van het meetinstrument ten gevolge heeft en men, zooals wij boven reeds hebben betoogd, deze vertraging moet trachten te vermijden.

HOOFDSTUK V.

SAMENVATTING.

1. De eigenschappen van het menschelijk lichaam als stroomgeleider zijn onderzocht bij toepassing van gelijkstroom en van wisselstroom.

De meting van den gelijkstroom geschiedde met een snaargalvanometer, die zich door groote instelsnelheid onderscheidde en in ongeveer 1σ een aperiodischen uitslag volbracht. De meting der wisselstroomen geschiedde met een thermogalvanometer van DUDELL.

2. Uit den vorm der krommen, die met den snaargalvanometer werden verkregen, kon worden afgeleid, dat de huid tegenelectromotorische krachten ontwikkelt en zich dus gedraagt als een polariseerende cel, maar dat zij bovendien een electrostatische capaciteit bezit. De tegenelectromotorische kracht, die de huid ad maximum kan ontwikkelen, werd gemeten door haar gedurende eenige minuten bij 10 volt spanning en met matige stroomdichtheid te doorstroomen. Zij moet op 0,5 volt worden gesteld.
3. De invloed der electrostatische capaciteit doet zich in de kromme gelden door de ontwikkeling van scherpe, hooge toppen. De vorm daarvan is behalve van de capaciteit zelf ook afhankelijk van de weerstanden en de polarisatie in de huid en van de snelheid, waarmede de snaar zich instelt. Daarom is het niet gemakkelijk, het bedrag der capaciteit uit de geregistreerde toppen te berekenen. Toch

kan een schatting worden uitgevoerd en deze leidt tot uitkomsten, die met de metingsresultaten met wisselstroomen wel in overeenstemming zijn.

4. Men moet in het lichaam twee weerstanden streng van elkaar onderscheiden: dien van de inwendige deelen, dien wij w_m hebben genoemd en dien van de opperhuid, r_m . Deze laatste maakt de huid tot een onvolkomen condensator.

De vorm der krommen, die met den snaargalvanometer worden geregistreerd, wordt door w_m op andere wijze beïnvloed dan door r_m . Evenals C_m kunnen de waarden van w_m en r_m met behulp der krommen worden geschat, welke schattingen eveneens tot uitkomsten leiden, die met de metingsresultaten met wisselstroomen in overeenstemming zijn.

5. Doorstroomt men de huid met een sterken stroom, dan wordt vooral r_m belangrijk kleiner. Daarmede gaat een vermindering van de polarisatie gepaard. Weerstands- en polarisatiewijziging hebben steeds parallel en in denzelfden zin plaats, hetgeen ook theoretisch volkomen verklaarbaar is. Beide verschijnselen toch zijn in de huid gevolgen van eenzelfde oorzaak, te weten de verandering in ionenconcentratie. Neemt de ionenconcentratie toe, dan nemen weerstand en polarisatie beide af en omgekeerd.
6. De toegepaste wisselstroomen hadden 50, 960, 3400 en 6800 perioden per seconde. De eerstgenoemde frequentie werd direct verkregen uit de standscentrale, de overige met de beide „Hochfrequenzmaschinen” van SIEMENS & HALSKE. De door deze toestellen verwekte wisselstroomen werden door inductieve koppeling aan een gesloten oscillatieketen van neventrillingen bevrijd. Wij beschikten zodoende over zuiver sinusoidale stroomschommelingen,

waarvan de vorm niet door de aanwezigheid van boven-tonen werd beïnvloed.

7. De schijnbare lichaamsweerstand neemt bij doorstroming met wisselstroomen af naarmate de frequentie daarvan grooter wordt. Bevindt zich een zelfinductie in de keten, dan kan de schijnbare lichaamsweerstand zelfs negatief worden. Dit moet worden toegeschreven aan de omstandigheid, dat de huid capaciteit heeft.
8. Het vermogen der huid om tegenelectromotorische krachten te ontwikkelen deelt haar een polarisatiecapaciteit mede. Maar het polariseerend vermogen der huid is zóó gering, met andere woorden haar polarisatiecapaciteit is zóó groot, dat men daarmede geen rekening behoeft te houden, wanneer men wisselstroomen van groote frequentie toepast.
9. Voor de dielectrische of electrostatische capaciteit van de huid der vingers werd gevonden bij den proefpersoon W. $6,3 \times 10^{-9}$, bij den proefpersoon Z. $7,7 \times 10^{-9}$ F. per cm^2 huidoppervlakte. Bij de huid van den onderarm werden waarden gevonden, die een weinig grooter waren n.l. 10×10^{-9} en 15×10^{-9} F. per cm^2 , maar hierbij dient te worden vermeld, dat voor de metingen aan den onderarm andere proefpersonen hebben dienst gedaan.
10. Voor den weerstand der inwendige deelen w_m werd gevonden in de vingers bij den proefpersoon W. ... 1034, bij den proefpersoon Z. ... 944 Ω , terwijl deze waarde in den onderarm bij L. en H. resp. 408 en 323 Ω bedroeg. Dat de stroom op zijn weg door de inwendige deelen van den eenen vinger naar den anderen eener zelfde hand zooveel meer weerstand ondervindt dan tusschen twee plaatsen van den onderarm, moet niet alleen daaraan worden toegeschreven, dat de laatste weg breeder is, maar

ook aan de omstandigheid, dat de specifieke weerstand van het been- en peesweefsel in de vingers grooter is dan van de spiermassa, waaruit de onderarm in hoofdzaak is opgebouwd.

11. Voor r_m werd bij de proefpersonen W. en Z. aan de vingers gevonden 104.000 en 92.000 Ω voor 1 cm², terwijl twee andere proefpersonen aan den onderarm 72.000 en 31.000 Ω voor 1 cm² vertoonden. Er is geen van de door ons gemeten waarden zoo veranderlijk als r_m , die zich vooral wijzigt, wanneer de huid gedurende eenigen tijd met sterke stroomen wordt doorstroomd.

De bovenstaande getallen hebben betrekking op de waarde van r_m , zooals die bij het begin van een proevenreeks werd gevonden. Aan het eind der reeks nadat de huid geruimen tijd vochtig was geweest en daarbij eenigen tijd was doorstroomd geworden, verminderden de bedragen vrij belangrijk. Van 104000 tot 70000 en van 92000 tot 75000 Ω voor 1 cm². Maar indien de huid opzettelijk met sterke stroomen doorstroomd was, konden verminderingen worden geconstateerd, waarbij slechts $\frac{1}{5}$ of $\frac{1}{6}$ van het oorspronkelijke bedrag was overgebleven.

De oorzaak van het verschijnsel moet worden gezocht in kataphoresen en ionenverplaatsingen en de verwachting mag worden uitgesproken, dat toepassing van grootere stroomdichtheden dan de door ons aangewende een nog belangrijker weerstandsvermindering dan de bovengenoemde ten gevolge zal hebben.

12. Ofschoon niet zoo veranderlijk als r_m , zijn toch ook C_m en w_m niet geheel constant. C_m neemt met afnemende frequentie een weinig toe, hetgeen wij geneigd zijn toe te schrijven aan de omstandigheid, dat de wisselstroomen van lagere frequentie waarschijnlijk dieper door de opper-

huid heendringen en zodoende de half isoleerende laag, die zij vormt, dunner maken.

De waarde van w_m neemt bij sterke doorstroming van het lichaam 10 tot 20 % af, hetgeen vermoedelijk aan de verwarming door den stroom moet worden toegeschreven.

13. De kennis van de boven beschreven verschijnselen heeft niet alleen theoretische waarde, maar is ook praktisch van beteekenis zoowel in de electrophysiologie als in de electrodiagnostiek en electrotherapie. Bij prikkeling van spieren en zenuwen in het menschelijk lichaam is het wenschelijk de stroomsterkte te kennen, waarmede geprikkeld wordt. Evenwel kan men die onder gewone omstandigheden niet op een milliampèremeter of een ander gebruikelijk meetinstrument aflezen, daar zij alle te traag zijn om den initiaalstroom aan te geven. De hierdoor ontstane moeilijkheid kan grootendeels worden opgeheven door gebruik te maken van een stroombron van hooge spanning met een grooten in serie geschakelden weerstand.
14. In de electrocardiographie is het gebruik van meetinstrumenten met geringen weerstand, zooals bijv. een spiegelinstrument of een snaargalvanometer met dikke snaar, niet aanbevelenswaardig. De hierdoor veroorzaakte misvormingen der te registreeren krommen kunnen niet goed gemaakt worden door het inschakelen van een grooten weerstand in serie met het lichaam. Dit zou een ongewenschte vertraging in de aanwijzingen ten gevolge hebben.

Men gebruike daarentegen een snaar van doelmatige lengte en dikte en wel zoo, dat zij bij de verlangde gevoeligheid aan een voldoende snelheid van uitslag een grooten weerstand paart.