

Galvanometrische registratie van het menschelijk
electrocardiogram

DOOR

Dr. W. EINTHOVEN,

Hoogleeraar te Leiden.

Galvanometrische registratie van het menselijk electrocardiogram.

Tot nog toe kon het door AUG. D. WALLER ontdekte menselijk electrocardiogram alleen met behulp van den capillair-electromer worden verkregen. De kromme, die door dit werktuig geschreven wordt, geeft bij het gewone bekijken een geheel onjuiste voorstelling van de wisselingen in potentiaalverschil, die zich tijdens het registreren werkelijk hebben voorgedaan. Om deze te leeren kennen, moet men ze berekenen uit den vorm der geregistreeerde kromme en de eigenschappen van het gebruikte werktuig. Zoo komt men tot de constructie van een nieuwe kromme, welker vorm de juiste uitdrukking is van de werkelijk geheerscht hebbende potentiaalschommelingen.

Ter toelichting moge een voorbeeld dienen ¹⁾.

Fig. 1 der hierbijgevoegde uitslaande plaat stelt de geschreven kromme voor van den Heer v. D. W. bij stroomafleiding van rechter- en linkerhand, terwijl fig. 2 de geconstrueerde kromme weergeeft. De verschillen springen in het oog. Men vergelijke vooral de toppen *C* en *D* in de geregistreeerde kromme met de overeenkomstige toppen *R* en *T* in de geconstrueerde figuur. Alleen deze laatste geeft de verhouding der tophoogten juist weer.

Ik heb naar een middel gezocht, om de berekening en de constructie zooveel mogelijk te ontgaan en ten slotte een werktuig gevonden, dat het menselijk electrocardiogram direct in

¹⁾ Zie „Onderzoekingen” Physiol. laborat. Leiden, 2^e Reeks, Dl. 2.

nagenoeg juiste verhoudingen schrijft. Het bedoelde werktuig, — de snaargalvanometer ¹⁾ — bestaat in hoofdzaak uit een dunnen verzilverden kwartsdraad, die als een snaar in een krachtig magnetisch veld is uitgespannen. Leidt men een electrischen stroom door den kwartsdraad, dan vertoont deze een beweging, die evenals de kwikbeweging in den capillair-electrometer bij sterke vergrooting kan worden bekeken en gefotografeerd. Door de snaar sterker of zwakker te spannen is men in staat, de gevoeligheid van den galvanometer binnen wijde grenzen zeer nauwkeurig te regelen.

Op de bijgevoegde plaat ziet men in fig. 3 en 4 eenige met den snaargalvanometer geschreven electrocardiogrammen afgebeeld. Tijdens het fotografeeren der krommen werd telkenmale door het regelmatig aanbrengen van schaduwen naar de methode van GARTEN ²⁾ een coördinatenstelsel op de gevoelige plaat aangebracht. De afstand der lijnen is zóó gekozen, dat het geheele veld in vierkanten is verdeeld, wier zijde ongeveer 1 mM. bedraagt. De verticale lijnen zijn om de 5 iets dikker. Een millimeter abscis lengte correspondeert met 0.04 sec, terwijl 1 mM. ordinaat lengte met 5×10^{-9} Ampère overeenkomt. Daar gedurende het schrijven van het electrocardiogram de weerstand in de keten, waarin zich de galvanometer bevond, een onveranderlijke waarde behield, kunnen de ordinaat lengten ook in Volts worden uitgedrukt. De weerstand was 20.000 Ohm, dus 1 mM. ordinaat lengte = 0,1 Millivolt.

De beweging van den kwartsdraad was aperiodisch en zeer snel, zoodat de geschreven kromme vrij wel de juiste uitdrukking voorstelt van de schommelingen in het potentiaalverschil, die tusschen de rechter- en de linkerhand van den proefpersoon, — thans weder den Heer v. d. W. — hebben geheerscht. Dit geldt voor de lagere toppen *P*, *Q*, *S* en *T* zonder merkbare fout. Voor den hoogen en scherpen top *R* echter zou een niet te verwaarloozen correctie moeten worden aangebracht, hetgeen

¹⁾ Un nouveau galvanomètre, Archives Néerlandaises T. 6, Série 2, p. 625. 1901.

²⁾ Dr. SIEGFRIED GARTEN, Ueber rhythmische, elektrische Vorgänge im quergestreiften Skelettmuskel. Abhandl. der königl. Sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Mathem. phys. Classe, Bd. 26, N^o. 5, S. 331. 1901.

aanleiding geeft, om bij volgende proeven de beweging der snaar nog te versnellen.

Toen de photogrammen vervaardigd werden, was nog geen doelmatig, voor onbedekte voorwerpen gecorrigeerd objectief beschikbaar. Vandaar dat de scherpte der beelden iets te wenschen overlaat. Toch kan men deze, de 475-voudige vergrooting in aanmerking nemende, nog bevredigend noemen. Men zou wellicht bij oppervlakkige beschouwing geneigd zijn, het zeer breede beeld van den $2,1 \mu$ dikken kwartsdraad te vergelijken met de grove punt van een stompe schrijfstift en zodoende de fijnheid der geschreven lijnen onderschatten. Maar het valt gemakkelijk aan te toonen, dat de breedte van het kwartsdraadbeeld aan de fijnheid van tekening der kromme geen afbreuk doet. Men behoeft immers slechts den bovenrand of wel den onderrand van het kwartsdraadbeeld te volgen. Variaties van 0,2 m.M. in hoogte, overeenkomende met variaties van 0,02 Millivolt of van 10^{-9} Amp. kunnen nog wel worden geschat, terwijl het fijne spleetbeeld van 0,07 m.M. nog tijdsverschillen van 0,003 sec. kenbaar maakt.

Vergelijkt men een kromme, die door den snaargalvanometer is geschreven (fig. 3 of 4) met de vroeger geconstrueerde kromme van fig. 2, dan valt het op, dat beide zeer veel met elkaar overeenkomen. De toppen *P*, *Q*, *R*, *S* en *T* komen niet alleen in beide krommen voor, maar hebben ook in beide dezelfde betrekkelijke hoogte. Alleen top *S*, die inconstant is, is in de galvanometerkromme in den regel iets kleiner.

In de geconstrueerde kromme is 1 Millivolt ordinaatlengte aan 0,1 sec. abscislengte gelijk gemaakt, terwijl in de galvanometerkromme 1 Millivolt ordinaatlengte met 0,4 sec. abscislengte overeenkomt. De galvanometerkromme is dus in de richting der abscissen wat samengedrukt, hetgeen ook reeds bij het oppervlakkig bekijken der krommen kan worden opgemerkt.

Verder maakt de galvanometerkromme wegens de geleidelijke overgangen van den eenen top naar den anderen den indruk van in de kleine bijzonderheden meer met de natuur overeen te komen dan de geconstrueerde kromme. Uit den aard der zaak konden slechts een beperkt aantal punten dezer laatste nauwkeurig worden berekend, terwijl men het overige deel der

lijn moest construeeren, door de berekende punten zoo geleidelijk mogelijk met elkaar te verbinden. Maar deze kleine verschillen zijn onbeteekenend.

Het verkregen resultaat schenkt in tweederlei opzicht bevrediging. Vooreerst wordt langs anderen weg en op eenvoudige wijze een zoo goed als volkomen bevestiging gevonden van de resultaten, die vroeger met behulp van den capillair-electrometer en door bemiddeling van min of meer uitvoerige berekening en constructie waren verkregen. Inderdaad mogen de krommen van den snaargalvanometer als een sprekend bewijs gelden voor de deugdelijkheid der theorie en de praktische bruikbaarheid van het vroeger toegepaste werktuig. Maar ook omgekeerd levert de overeenkomst van de vroeger geconstrueerde met de thans direct geschreven krommen een bewijs op voor de goede diensten, die van het nieuwe instrument mogen worden verwacht.

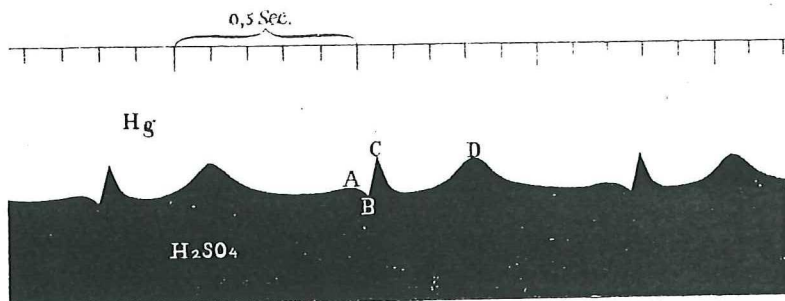


Fig. 1.

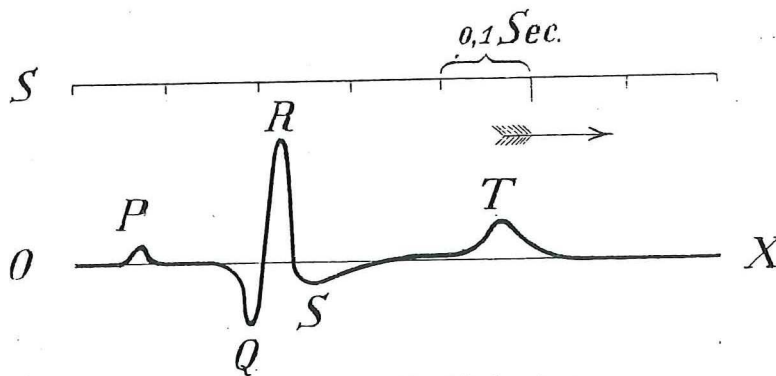


Fig. 2.

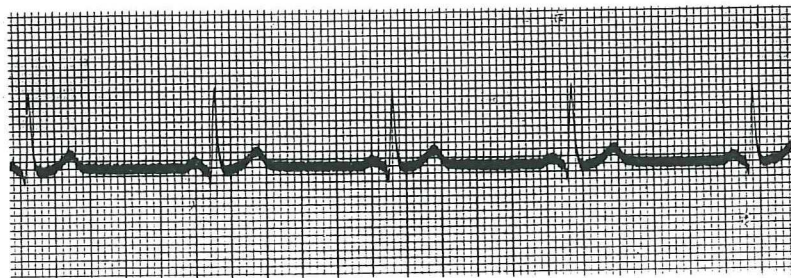


Fig. 3.

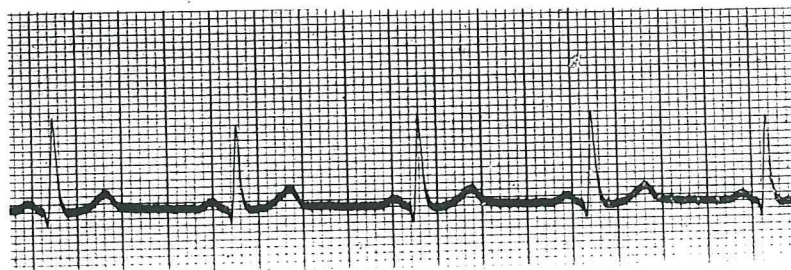


Fig. 4.

Prof. W. EINTHOVEN. — Galvanometrische registratie van het menschelijk electrocardiogram.

30221-

HERINNERINGSBUNDEL

PROFESSOR S. S. ROSENSTEIN

BIJ GELEGENHEID VAN ZIJN

AFTREDEN ALS HOOGLEERAAR

AANGEBODEN

DOOR

DANKBARE LEERLINGEN EN VRIENDEN.



LEIDEN
EDUARD IJDO.
1902.