

AMIDACIONS DE LA FORÇA  
ELECTROMOTRIU EN  
L'ELECTROCARDIOGRAMA

per

A. PI SUÑER

J. M. BELLIDO

Es de molt interès en el laboratori i vora'l malalt poder obtenir indicacions quantitatives pel galvanòmetre de corda. Se sab, en efecte, que l'altura de les ondulacions, a igualtat de força electromotriu, depèn de diferents factors, uns propis del galvanòmetre — la tensió de la corda, la intensitat de l'excitació, etc.; — altres consistents en la diferent resistència elèctrica de la part exterior del circuit, de les derivacions des del subjecte i del cos del mateix subjecte, quan la derivació no es fa damunt del cor al descobert. Tots aquests factors influeixen en l'amplitud de les ondulacions i representen altres tantes dificultats per a la mesura de l'electrocardiograma.

I, no obstant, aquesta mesura és molt convenient per a estudiar, d'una part, les relacions entre la intensitat del fenomen mecànic de la contracció i la del fenomen elèctric, i, d'altra, en clínica, per a diagnosticar les al·lo-dinàmies cardíques més o menys generals. Tant es així, que, davant la dificultat de conseguir amidacions elèctriques aplicables a l'electrocardiografia, Nicolai havia proposat l'estudi dels valors relatius, dels quocients

electrocardiogràfics, indicadors de relacions entre'ls diferents elements de les curves, però no valors absoluts.

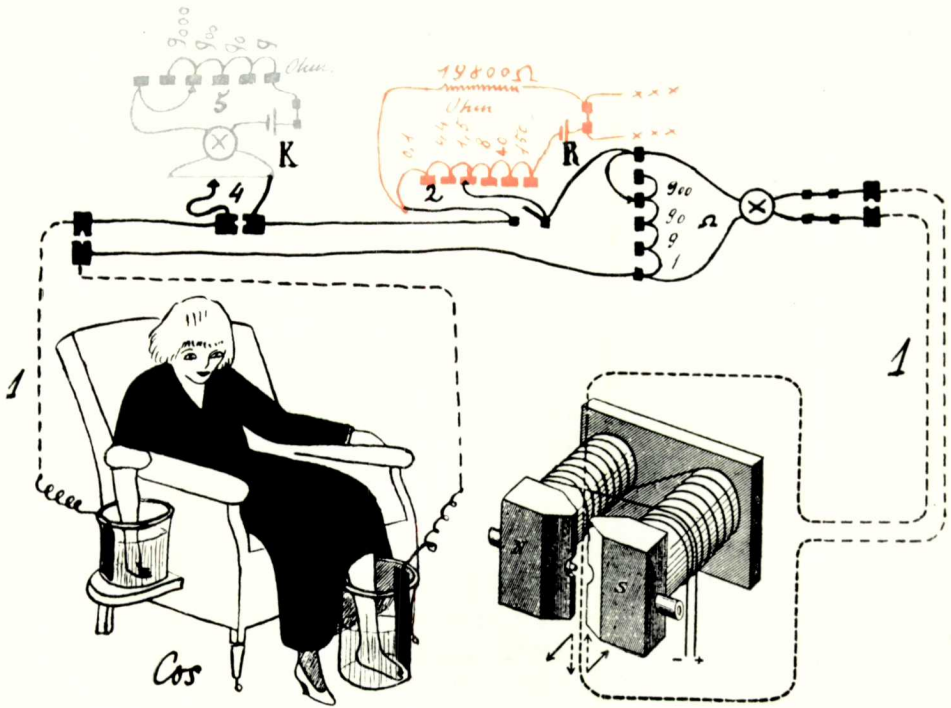
Nosaltres creiem haver resolt la dificultat conectant en un moment donat en el circuit que és el cor i la derivació al galvanòmetre, un nou circuit de característiques conegudes que serà causa d'un nou desplaçament de la corda del galvanòmetre. Com que el factor que s'introdueix és conegut — segons veurem — i com que la resistència del circuit general és la mateixa després que abans de la connexió del nou element que actúa en el galvanòmetre al llarg dels fils generals i a través del cos del subjecte, la desviació de la corda, a l'intervenir la nova força electromotriu, ens indicarà un valor fàcilment mesurable, i d'aquest valor deduirem el de les ondulacions de l'electrocardiograma.

Nosaltres ens servim del quadre de Gildemeister, que permet derivar de la corda una determinada intensitat, per a evitar la ruptura d'aquesta a l'ésser obligada a masses extenses oscil·lacions; que permet, també, sotmetre la corda a la influència d'un circuit de compensació per a col·locar-la en la posició més adequada als nostres intents, i que, per últim, fa possible, per l'acció d'un tercer circuit, amidar la sensibilitat del galvanòmetre. L'esquema que us presentem mostra bé aquesta disposició: s'hi veu el circuit general, de subjecte a galvanòmetre (negre), el circuit de compensació amb la font electromotriu K (blau) i el circuit de mesura amb l'element R (vermell). Sectors graduats amb resistències creixents permeten derivar per cada un dels circuits variades intensitats de corrents i és possible també, en el circuit general i en el de compensació invertir, mitjançant commutadors, el sentit de la corrent. Una especial disposició de l'aparell permet, per un pulsador, fer influir o apartar a voluntat la corrent de mesura.

Amb aquests elements, les operacions són senzilles. En ordre la instal·lació, se determina la posició de repòs de la corda amb tots els circuits oberts, la posició del que anomenem el zero. Se conexiona el galvanòmetre amb el subjecte i la corda se desvía per l'acció de les corrents que en Bellido anomenà paràsites, al mateix temps que oscil·la segons el potencial respectiu de base i punta de cor. Per això, se fa que la posició de la corda que marcarà en el paper fotogràfic la línia de les abscisses — la posició en què queda la major part del temps del cicle cardíac — coincideixi exactament amb la posició que tenia en repòs. Això se consegueix mitjançant el circuit de compensació, per l'ús del sector, primer, i, després — per a afinar — d'un reductor filar de potencial.

Una vegada regulada la posició de la corda, se comença el traçat electrocardiogràfic i, de tant en tant, amb el pulsador abans esmentat, se fa passar, pel circuit general, on se troba inclòs el subjecte, més el de compensació, una corrent, de característiques conegudes, que'ns suministra el circuit de mesura, constituït per una pila patró o per un element d'acumulador de voltatge exactament conegut i d'una determinada resistència, coneguda també mercès a les indicacions del sector corresponent. Aquesta nova corrent actuarà damunt la corda del galvanòmetre desplaçant tot l'electrograma, que conserva, malgrat aquest desplaçament, els mateixos caràcters, la forma i els valors d'abans, tal com pot veure's en els traçats adjunts.

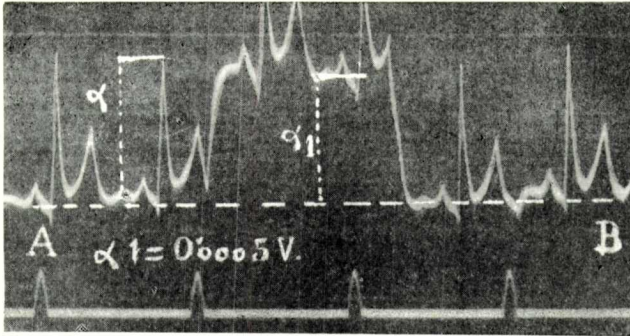
De l'altura del desplaçament pot deduir-se el valor de les forces electromotrius que ocasionaren les diferents ondulacions de l'electrograma. En efecte, són els elements que poden variar l'altura de l'electrograma — apart la sensibilitat del galvanòmetre que, per cada aparell, és constant si no es canvia la tensió de la



Disposició del malalt, del galvanòmetre i del quadre de Gildemeister per a les amidacions de la força electromotriu. Blau, circuit de compensació; vermell, circuit de mesura; 1 1, circuit principal; N S, galvanòmetre; K, acumulador del circuit de compensació; R, id. del circuit de mesura; 2, derivació del circuit de mesura; 4, interruptor per a posar en curt circuit el de compensació; 5 serie de resistències del mateix circuit.

Les línies plenes (negre, blau i vermell) són les compreses en el quadre de Gildemeister; les puntejades són les externes al quadre: fils d'unió entre'ls carbons dels vasos de derivació, el quadre i el galvanòmetre.





Donades per a les amidacions electrocardiogràfiques.  
(Vegi's la fórmula.)

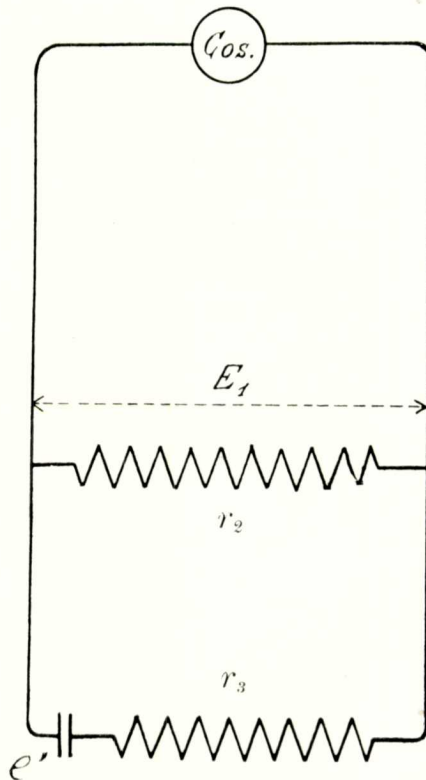
DETERMINACIÓ DEL VALOR DE  $E_1$  (FORÇA ELECTROMOTRIU INTERCAL·LADA EN EL CIRCUIT GENERAL ON HI ES INCLÒS EL COS DEL SUBJECTE).

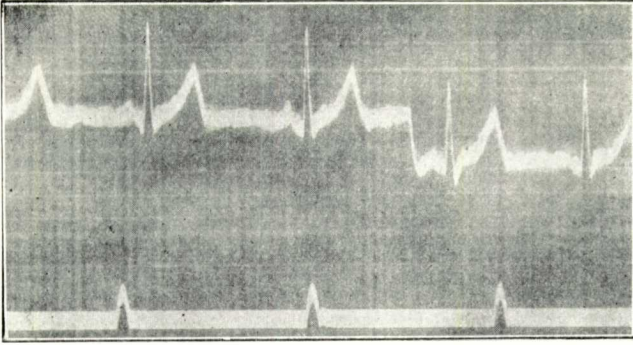
$e'$ : força electromotriu de la pila patró o del acumulador del circuit de mesura.

$r_2$  i  $r_3$ : resistències del circuit de mesura, derivada la primera i intercal·lada la segona.

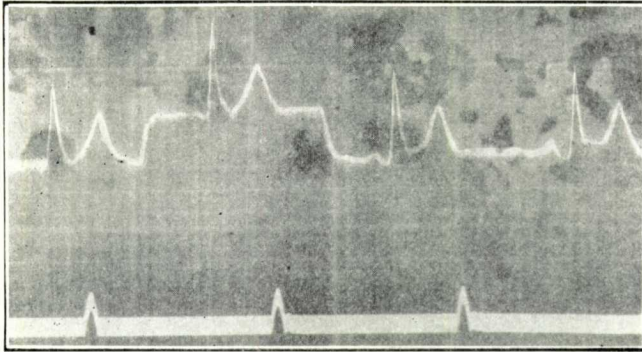
La corrent  $I$  és la que passa per la resistència  $r_2$ :

$$I = \frac{e'}{r_2 + r_3}$$

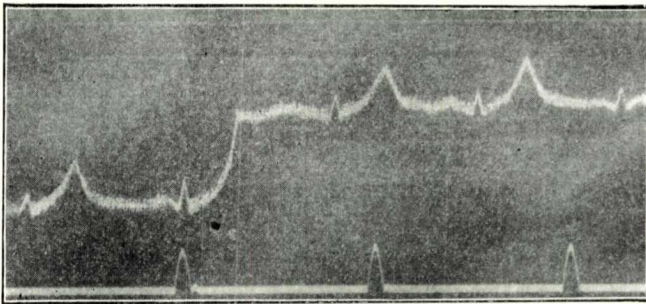




Jove amb miocardi sà: I i F altes i netes.  
Mitjana resistència elèctrica.

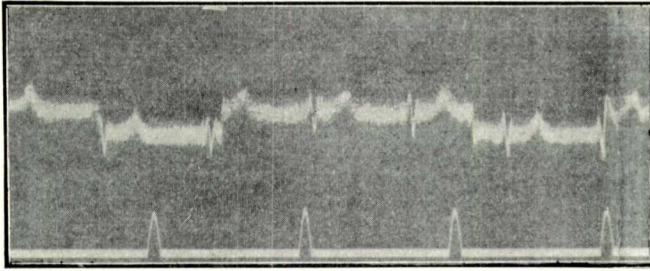


Estudiant de Medecina. Normal. Mitjana resistència.



I baixa, F normal. Poca resistència elèctrica.

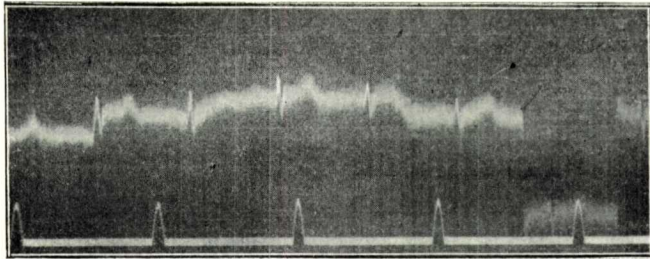
Tipus d'electrocardiogrames amidats en individus de diferent resistència elèctrica. En tots ells  $\alpha_1 = 0,0005$  V. Temps en segons.



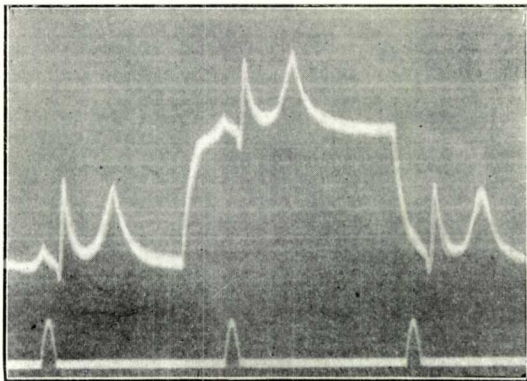
Amidació en un subjecte de forta resistència elèctrica.

$$\alpha_1 = 0,0005 \text{ V.}$$

La poca altura del electrocardiograma podria fer pensar, sense l'amidació, en una al·lodinamia per defecte.



El mateix electrocardiograma amb una  $\alpha_1$  de mig milivolt i una altra, a la dreta, cinc vegades més gran ( $\alpha_1 = 0,0025 \text{ V}$ ). Aquest segon salt s'ha conseguit amb l'intercal·lació d'una intensitat de mesura cinc vegades la primera.



Subjecte de poca resistència elèctrica.

$$\alpha_1 = 0,0005 \text{ V.}$$

corda i l'excitació — la força electromotriu del cor, la resistència elèctrica dels teixits del subjecte, i la resistència que puguen oposar les derivacions segons l'estat dels carbons — diferent porositat, densitat, etc. — la seva superfície o la superfície de contacte del cos del subjecte. Per a resoldre, doncs, el problema que'ns proposem, tenim dues incògnites, la força electromotriu i la resistència elèctrica, que canvien en cada un dels casos. Doncs bé, el nostre artifici ens permet fer, per a cada electrocardiograma, constant la resistència i variable, en canvi, la força electromotriu que actuarà en la corda.

Per això intercalem en el mateix circuit de resistència constant la força electromotriu coneguda i constant també que, sumant-se a la força electromotriu preexistent, produirà el desplaçament general de l'electrocardiograma del qual abans hem fet esment. Aquest desplaçament ens donarà, com se comprèn, la constant del galvanòmetre en les condicions de cada cas; constant que ens permetrà conèixer, per una senzilla proporció, els valors absoluts de les desviacions produïdes per les forces electromotrius del cor.

Formulem i resollem el problema. Si, estant tots els circuits oberts i, per tant, la corda del galvanòmetre al *zero*, tanquem el circuit principal a través del cos humà, ja havem dit que's nota una desviació permanent deguda a forces electromotrius estranyes, l'efecte de les quals destruïm per mig d'altra igual i oposada del circuit de compensació, per lo qual podem prescindir de totes elles en el càlcul. Queda la força electromotriu variable del cor, el valor  $E$  de la qual, en un moment determinat, volem amidar, per exemple quan produeix la desviació més marcada, una  $I$  per exemple; l'altura d'aquesta desviació sobre la línia del zero  $AB$  la designarem per  $\alpha$  (vegis el primer traçat), distancia mesurable sobre l'elec-



trocardiograma. Afegim després al circuit principal la força electromotriu  $E$ , procedent del circuit de mesura, i tot l'electrocardiograma se desplaçarà d'una quantitat mesurable també en mil·límetres que designarem per  $\alpha_1$ .

Ara bé, com que les condicions del circuit principal no han variat, les desviacions són proporcionals a les forces electromotrius que les produeixen, i podrem escriure

$$\frac{\alpha}{\alpha_1} = \frac{E}{E_1}$$

d'on

$$E = \frac{\alpha}{\alpha_1} E_1.$$

El valor  $E_1$  se deduirà dels valors de la força electromotriu  $e'$  de la pila del circuit de mesura i de les resistències corresponents  $r_2$  i  $r_3$  del mateix (vegis el segon esquema). Segons l'esquema tindrem

$$E_1 = \frac{r_2}{r_2 + r_3} e'.$$

En efecte;  $E_1$  és la força electromotriu reduïda, o siga la força electromotriu del circuit de mesura aplicada al circuit principal. Així:

$$I = \frac{e'}{r_2 + r_3} \quad E_1 = I \times r_2$$

d'on:

$$E_1 = \frac{e'}{r_2 + r_3} \times r_2 = \frac{r_2}{r_2 + r_3} e'.$$

Si la pila de força electromotriu  $e'$  és un acumulador de dos volts, pot estalviar-se en les nostres condicions

de treball el càlcul d'aquesta darrera fórmula, puix el quadre de Gildemeister que empleem ve ja graduat de tal manera, que per lectura directa se llegeixi el valor d'E<sub>1</sub>.

Remerciem coralment els Drs. Terrades i Jardí, de la Facultat de Ciències, que han volgut assistir-nos en aquestes recerques.

*Laboratori de Fisiologia, Facultat de Medicina.*