

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

SECÇÃO DE ELETROCARDIOGRAFIA DO DEPARTAMENTO DE
FÍSICA BIOLÓGICA E APLICADA

(Serviço do Prof. Rafael de Barros)

CONCEITO E VALOR DAS DERIVAÇÕES UNIPOLARES DOS MEMBROS

MATEUS M. ROMEIRO NETO

Assistente da Secção de Eletrocardiografia
Assistente Extranumerário da 1.^a Clínica Médica (Serviço
do Prof. Otavio Rodovalho)

1) CONCEITO DE DERIVAÇÕES UNIPOLARES DOS MEMBROS

Nas derivações classicas, o eletrocardiograma que se obtém é a soma de dois outros que representam o potencial elétrico cardíaco que se transmite aos membros correspondentes.

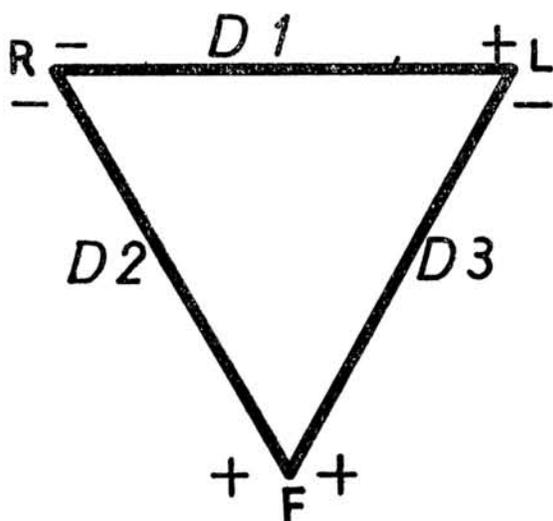


Fig. 1

Assim, na primeira derivação (D1) registramos a diferença entre o potencial elétrico cardíaco transmitido ao braço esquerdo (VL), e aquele transmitido ao braço direito (VR); na segunda derivação (D2), a diferença entre o potencial elétrico cardíaco transmitido à perna esquerda (VF) e aquele transmitido ao braço direito (VR); na terceira derivação (D3) entre o da perna es-

querda (VF) e o do braço esquerdo (VL) * — Fig. 1 — Temos portanto:

(*) V de "voltage"; R de "right"; L de "left" e F de "foot"

$$\begin{aligned} D 1 &= VL - VR \\ D 2 &= VF - VR \\ D 3 &= VF - VL \end{aligned}$$

Elas são, pois, derivações bipolares, isto é, derivações em que se registra a diferença de potencial entre duas extremidades.

Nas derivações unipolares registra-se, isoladamente, o potencial elétrico de uma região ou de um ponto. O potencial elétrico cardíaco transmitido a cada um dos membros, isoladamente, foi estabelecido teoricamente, em 1931 por WILSON, MACLEOD e BARKER (15). Mas, só em 1934, WILSON, JOHNSTON, MACLEOD e BARKER (13) conseguiram, na prática, obter derivações unipolares dos membros, isto é, o potencial elétrico do coração que se transmite a cada um dos membros, isoladamente. Elas foram denominadas de VR, VL e VF, representando respectivamente, o potencial elétrico cardíaco transmitido ao braço direito, ao braço esquerdo e à perna esquerda.

a) *As derivações unipolares dos membros segundo a concepção de WILSON e colaboradores: WILSON, JOHNSTON, MACLEOD e BARKER (13) registraram o potencial elétrico cardíaco transmitido a cada um dos membros, isoladamente, empregando um dispositivo especial que foi chamado terminal central. O terminal central consta de 3 fios, em cada um dos quais é intercalada uma resistência de 5.000 ohms. Esses 3 fios são ligados, conjuntamente em um ponto TW que funciona como eletrodo indiferente, isto é, que praticamente não apresenta variação de potencial durante a atividade cardíaca — Fig. 2 —. Com um outro eletrodo chamado explorador obtem-se as variações do potencial elétrico cardíaco que se passam, exclusivamente na região explorada.*

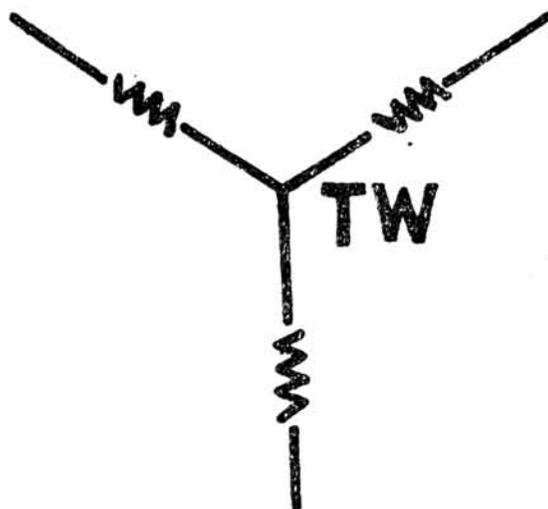


Fig-2

Para a obtenção do traçado ligamos os fios do terminal central aos electrodos colocados nos membros. Os fios elétricos do eletrocardiografo são conectados da seguinte maneira, o do braço direito vai ao terminal central e o do braço esquerdo ao eletrodo explorador. Este é colocado no membro cujo potencial se quer obter, a uns 2 cms. acima do electrodo que está ligado

diretamente ao terminal central — Fig. 3 —. O aparelho é ligado em D 1.

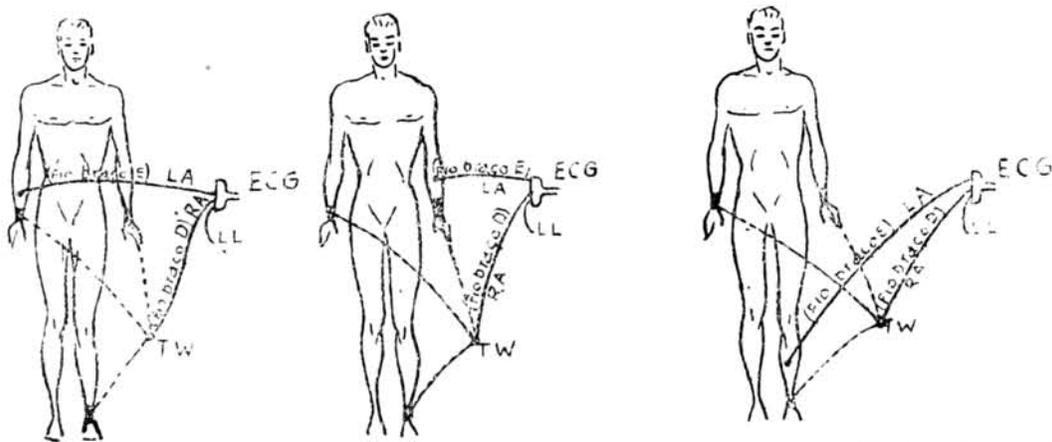


Fig. 3 — Conexão do terminal central para o registro das derivações unipolares dos membros segundo a técnica de WILSON. A — para o registro de VR; B — para o registro de VL; C — para o registro da VF.

A resistencia de 50.000 ohms intercalada em cada fio, tem a finalidade de tornar menor a diferença entre a resistencia ohmica das superficies cutâneas nas quais são adaptados os eletrodos. De fato, a resistencia homica da pele não é a mesma nas diversas regiões. Entretanto, se adicionarmos a essa resistencia, uma outra de 5.000 ohms, a diferença entre elas, passa, proporcionalmente, a ser menor. Na pratica, podemos considerar essa diferença como nula. Isto é, podemos admitir, que nas regiões nas quais são adaptados os eletrodos, a resistencia ohmica da pele é a mesma.

Baseando-se, que no terminal central o potencial elétrico é zero, WILSON e colaboradores obtiveram derivações unipolares. Realmente, demonstra-se (13), *teoricamente*, que no terminal central, em todo o decurso da fase de excitação cardíaca,

o potencial elétrico é igual a zero. Consideremos um terminal central (TW) ligado ao braço direito (R), perna esquerda (F) — ao braço esquerdo (L) e à Fig. 4 —. Chamemos de I_1 , I_2 e de I_3 a intensidade das correntes elétricas que circulam nos fios ligados, respectivamente, ao braço direito, ao braço esquerdo e à perna esquerda. Como já vimos, podemos considerar a resistencia R como sendo a mesma em cada um dos circuitos elétricos considerados.

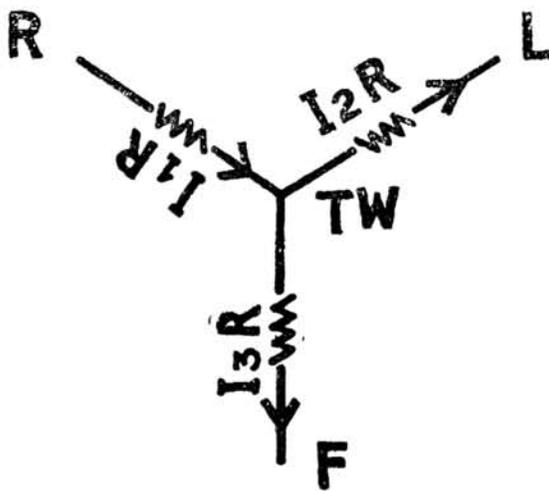


Fig-4

Segundo a lei de OHM, que diz: "A intensidade da corrente que percorre um condutor linear é proporcional à diferença de potencial estabelecida entre as suas extremidades" temos:

$$\begin{aligned} V_R - V_{TW} &= R I_1 \\ V_L - V_{TW} &= R I_2 \\ V_F - V_{TW} &= R I_3 \end{aligned}$$

donde:

$$\begin{aligned} (V_R - V_{TW}) + (V_L - V_{TW}) + (V_F - V_{TW}) &= R I_1 + R I_2 + R I_3 \\ (V_R - V_{TW}) + (V_L - V_{TW}) + (V_F - V_{TW}) &= R (I_1 + I_2 + I_3) \quad (1) \end{aligned}$$

De acordo com a lei de KIRCHOFF segundo a qual "A soma algebraica das correntes que se dirigem para um nó de uma rede de condutores é nula", temos:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

Substituindo na equação (1) $I_1 + I_2 + I_3$ por seu valor. temos:

$$\begin{aligned} (V_R - V_{TW}) + (V_L - V_{TW}) + (V_F - V_{TW}) &= 0 \\ V_R - V_{TW} + V_L - V_{TW} + V_F - V_{TW} &= 0 \\ V_R + V_L + V_F - 3V_{TW} &= 0 \\ V_R + V_L + V_F &= 3V_{TW} \quad (2) \\ V_{TW} &= \frac{V_R + V_L + V_F}{3} \quad (3) \end{aligned}$$

WILSON, MACLEOD e BARKER (15) estudando as variações do potencial elétrico cardíaco nos vértices do triângulo de EINTHOVEN, estabeleceram as seguintes fórmulas:

$$\begin{aligned} V_R &= \frac{e_1 + e_2}{3} \\ V_L &= \frac{e_1 - e_3}{3} \\ V_F &= \frac{e_2 + e_3}{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{donde: } V_R + V_L + V_F &= \left(\frac{e_1 + e_2}{3} \right) + \left(\frac{e_1 - e_3}{3} \right) + \left(\frac{e_2 + e_3}{3} \right) \\ V_R + V_L + V_F &= \frac{-e_1 - e_2 + e_1 - e_3 + e_2 + e_3}{3} = \frac{0}{3} = 0 \quad (4) \end{aligned}$$

Substituindo na equação (3) $VR + VL + VF$ pelo seu valor dado pela equação (4), temos:

$$VTW = \frac{0}{3} = 0$$

Na prática, entretanto, os fatos não se passam rigorosamente assim. De fato, trabalhos experimentais demonstraram, que o potencial no terminal central não é zero. STORTI (11) e MOLZ (10) em experiências em modelos, verificaram que o

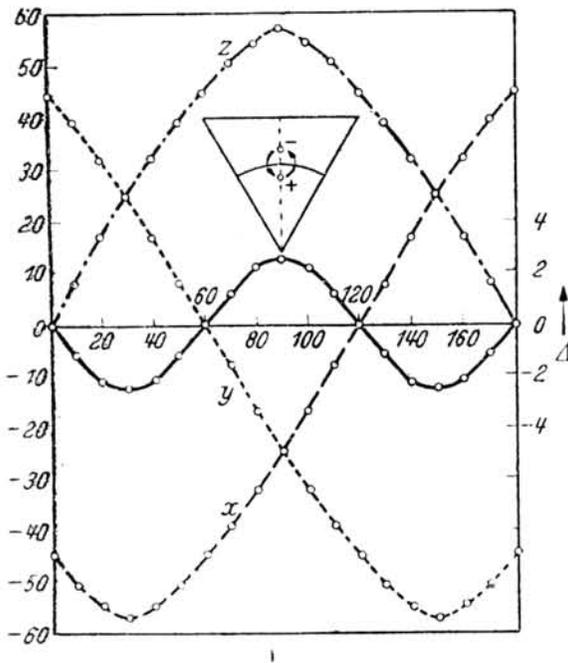


Fig. 5 — (Reproduzida de MOLZ) (10)

potencial no terminal central é uma função senoidal do angulo α * sendo realmente zero, quando o seu valor for $0^\circ, 60^\circ, 120^\circ$ e 180° — Fig. 5. — No homem, porem, as variações do potencial no terminal central parecem resultar de forças eletricas com uma direção antero-posterior (14). Elas, entretanto, são muito reduzidas, de modo que não o invalidam. Trabalhos experimentais têm demonstrado que as variações maximas oscilam entre 1,5 (14) e 2,6 (6) decimo de milivolt.

Nos casos em que o potencial no terminal central não é zero, registramos, não o potencial eletrico cardíaco real que se transmite aos membros, mas sim a diferenca entre esse potencial e o do terminal central (VTW) Se chamarmos de VR, VL e VF o potencial eletrico cardíaco que realmente se transmite aos membros, e de Vr, Vl e Vf os potenciais respectivos, que na prática são registrados, teremos:

$$\begin{aligned} Vr &= VR - VTW \\ Vl &= VL - VTW \\ Vf &= VF - VTW \end{aligned}$$

(*) "e1" "e2" e "e3" representam o potencial eletrico cardíaco registrado, respectivamente, em D1, D2 e D3.

(*) O angulo α é o angulo compreendido entre a horizontal e o vector que representa o eixo eletrico cardíaco no plano frontal.

Entretanto, mesmo nos casos em que o potencial no terminal central não é zero, seus valores maximos são minimos em relação ao potencial elétrico cardíaco transmitido aos membros. Na pratica eles podem ser desprezados. Teremos então:

$$\begin{aligned} V_r &= V_R \\ V_l &= V_L \\ V_f &= V_F \end{aligned}$$

Na pratica, pode-se, portanto, considerar como unipolares as derivações obtidas com o terminal central de WILSON.

b) *As derivações unipolares dos membros segundo a concepção de GOLDBERGER:* GOLDBERGER (5) modificou a tecnica de WILSON para a obtenção das derivações unipolares das extremidades, obtendo traçados semelhantes, mas com uma amplitude 1,5 vezes maior. Essa modificação consiste em utilizar apenas dois dos fios do terminal central. O eletrodo do membro cujo potencial se quer registrar não é ligado ao terminal central, como na tecnica de WILSON, mas sim ao fio do braço esquerdo do aparelho. Ele comporta-se, pois, como electrodo explorador. Os fios do terminal central são ligados aos eletrodos dos outros dois membros. O terminal central é conectado ao fio do braço direito do aparelho — Fig. 6. — O aparelho é ligado em D1. Essas derivações foram denominadas de aVr, aVl e aVf, representando, respectivamente o potencial elétrico cardíaco aumentado 1,5 vezes, transmitido ao braço direito, ao braço esquerdo e à perna esquerda. A letra “a” indica que são derivações aumentadas, nas quais, quando se emprega o padrão habitual, uma corrente de 1 decimo de milivolt determina uma oscilação de 1,5 mm. de amplitude. Daí a denominação de derivações unipolares aumentadas dos membros ou das extremidades.

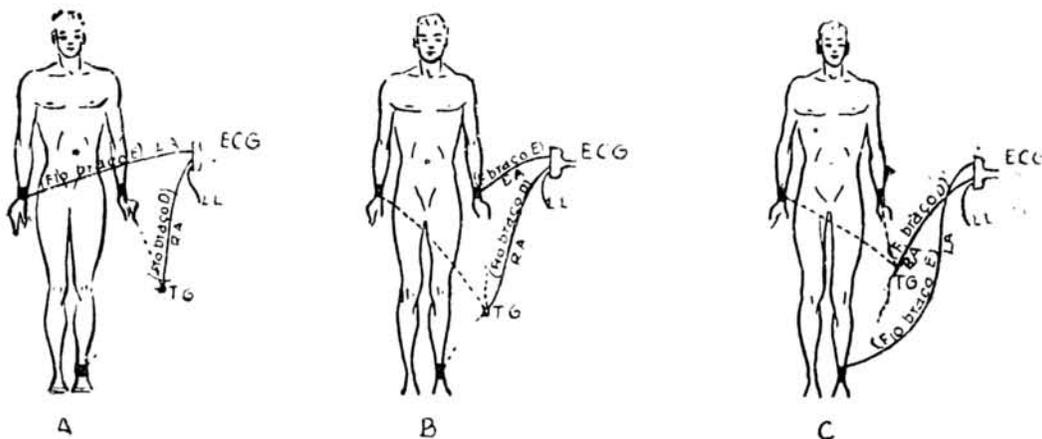


Fig. 6 — (Reproduzida e modificada de GOLDBERGER) (5) Conexão do terminal central para o registro das derivações unipolares dos membros segundo a tecnica de GOLDBERGER. A — para o registro de aVr; B — para o registro de aVl; C — para o registro de aVf.

Com essa tecnica, na realidade, fazemos uma derivação bipolar. Registramos a diferença entre o potencial elétrico de um

dos membros e o potencial no terminal central. O potencial nesse terminal não é zero, mas sim a média dos potenciais dos dois membros a ele ligados. Chamemos esse potencial no terminal central de VTG. Os seus valores serão:

$$VTG = \frac{VL + VF}{2}, \text{ quando registramos aVr (5)}$$

$$VTG = \frac{VR + VF}{2}, \text{ quando registramos aVl (6)}$$

$$VTG = \frac{VL + VR}{2}, \text{ quando registramos aVf (7)}$$

Já vimos, equação (4) que a soma do potencial elétrico cardíaco transmitido aos membros é igual a zero, isto é:

$$VR + VL + VF = 0$$

donde:

$$VL + VF = -VR$$

$$VR + VF = -VL$$

$$VL + VR = -VF$$

Substituindo estes valores nas equações (5), (6) e (7) temos:

$$VTG = -\frac{VR}{2} \text{ quando registramos aVr}$$

$$VTG = -\frac{VL}{2} \text{ quando registramos aVl}$$

$$VTG = -\frac{VF}{2} \text{ quando registramos aVf}$$

Portanto, ao registrarmos o potencial elétrico cardíaco transmitido a um membro, na realidade, estamos registrando a diferença de potencial entre esse membro e um ponto cujo potencial é de sinal contrário e a metade desse mesmo membro. Temos:

$$aVr = VR - VTG = VR - \left(-\frac{VR}{2}\right) = \frac{3VR}{2} = 1,5 VR \quad (8)$$

$$aVl = VL - VTG = VL - \left(-\frac{VL}{2}\right) = \frac{3VL}{2} = 1,5 VL \quad (9)$$

$$aVf = VF - VTG = VF - \left(-\frac{VF}{2}\right) = \frac{3VF}{2} = 1,5 VF \quad (10)$$

Já vimos, que o potencial no terminal central de WILSON (VTW) apresenta variações, sendo uma função senoidal do ângulo α . Nos casos em que ele não for zero, a soma do potencial elétrico cardíaco transmitido aos membros, também, não pode ser igual a zero. Como já deduzimos, equação (2) temos:

$$VR + VL + VF = 3VTW$$

donde:

$$\begin{aligned} VL + VF &= 3VTW - VR \\ VR + VF &= 3VTW - VL \\ VL + VR &= 3VTW - VF \end{aligned}$$

Substituindo esses valores nas equações (5), (6) e (7), temos:

$$VTG = \frac{3VTW - VR}{2}, \text{ quando registramos aVr}$$

$$VTG = \frac{3VTW - VL}{2}, \text{ quando registramos aVl}$$

$$VTG = \frac{3VTW - VF}{2} \text{ quando registramos aVf}$$

Substituindo nas equações (8), (9) e (10) VTG por seu valor dado pelas equações acima, temos:

$$aVr = VR - \left(\frac{3VTW - VR}{2} \right) = \frac{3VR}{2} - \frac{3VTW}{2} = 1,5VR - 1,5VTW$$

$$aVl = VL - \left(\frac{3VTW - VL}{2} \right) = \frac{3VL}{2} - \frac{3VTW}{2} = 1,5VL - 1,5VTW$$

$$aVf = VF - \left(\frac{3VTW - VF}{2} \right) = \frac{3VF}{2} - \frac{3VTW}{2} = 1,5VF - 1,5VTW$$

As formulas acima evidenciam que os fenomenos electricos se passam como nas derivações de WILSON, com a diferença que o potencial elétrico cardíaco transmitido aos membros, e o potencial no terminal central são aumentados 1.5 vezes. Não

obstante tudo se passar como se o potencial no terminal central de WILSON fosse aumentado 1,5 vezes, o seu valor continua a ser desprezível. Realmente, na pratica, as variações maximas desse potencial são desprezíveis, não pelos seus valores absolutos, mas sim pelos seus valores em relação aos potenciais dos membros. Logicamente, se aumentarmos 1,5 vezes o potencial dos membros e do terminal central, aquela relação continua sendo a mesma.

GOLDBERGER (5) introduziu, tambem, uma modificação no terminal central de WILSON. Ele deixa de intercalar as resistencias de 5.000 ohms baseado no fato da resistencia cutanea já ser, por sua propria natureza, bastante alta e de serem minimas as suas variações nas regiões onde são colocados os eletrodos. Realmente, segundo HOLZER (6) o valor da resistencia cutanea está entre 2.000 e 16.000 ohms por cm. quadrado. Desse modo, com o acrescimo de uma outra resistencia de 5.000 ohms iriamos determinar, proporcionalmente, uma redução minima da diferença entre as resistencias da pele. De fato, o A. fez traçados usando terminal central com e sem resistencia. Comparando os eletrocardiogramas assim obtidos, não encontrou diferenças apreciaveis, evidenciando que elas podem ser dispensadas. Entre nós, KNEESE de MELO (7) fez um estudo comparativo em 15 casos nos quais foram registradas aVr, aVI e aVf, usando terminal central com e sem resistencia. A forma das curvas foi identica com os dois tipos de terminal central. Em alguns casos, apenas, foram notadas pequenas diferenças na amplitude das ondas, nunca, porem, maiores de 1 mm para as grandes deflexões.

2) VALOR DAS DERIVAÇÕES UNIPOLARES DOS MEMBROS

As derivações unipolares dos membros permitem relacionar as derivações precordiais com as classicas. Podemos compara-las como verdadeiras pontes estabelecendo ligação entre as classicas e as precordiais.

Recordemos, primeiramente, as derivações precordiais. Nelas registramos, predominantemente, as variações de potencial eletrico na porção subjacente ao eletrodo explorador. Normalmente, as derivações precordiais obtidas com o eletrodo explorador voltado para a superficie anterior do ventriculo direito (V1 e V2) registram um complexo QRS do tipo rS. Quando o eletrodo explorador está voltado para as superficies anterior e antero-lateral do ventrículo esquerdo (V5 e V6), o complexo QRS é do tipo Rs, R, qR ou qRs. Quando o electrodo

explorador está colocado no interior das cavidades ventriculares, o complexo QRS é do tipo QS — Fig. 7 —

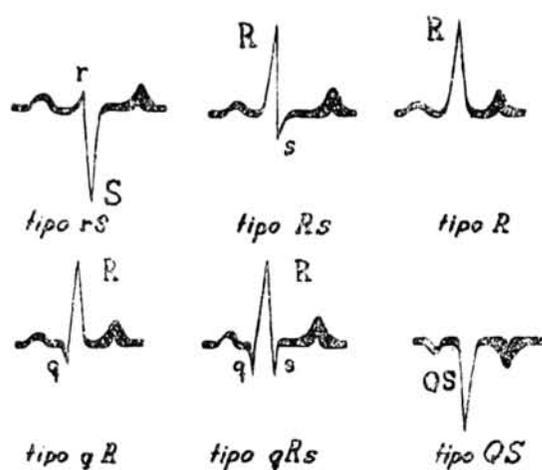


Fig. 7

Nas derivações unipolares dos membros registramos o potencial elétrico cardíaco que se transmite, mais ou menos isoladamente, a cada membro. Nessas derivações, as deflexões negativas ou positivas correspondem sempre, respectivamente, a potenciais elétricos negativos ou positivos. No braço direito (VR) registra-se, predominantemente, o potencial elétrico das cavidades ventri-

culares direita e esquerda. Isto se explica pelo fato dos orifícios auriculo-ventriculares e dos vasos da base estarem voltados para o braço direito. Desse modo, a transmissão do potencial das cavidades ventriculares se faz facilmente para o membro superior direito. Na grande maioria dos casos, o potencial elétrico cardíaco captado no braço esquerdo (VL) ou na perna esquerda (VF) é predominantemente, de um único ventrículo, direito ou esquerdo, segundo a posição elétrica do coração. Assim, quando o coração ocupa uma posição elétrica horizontal registramos em VL o potencial elétrico do ventrículo esquerdo, e em VF o do ventrículo direito. Ao contrário, estando o coração numa posição vertical, em VL registramos o potencial do ventrículo direito, e em VF aquele do ventrículo esquerdo. Quando o coração é normal, há uma relativa concordância entre a inclinação de seu longo eixo anatomico e a sua posição elétrica.

Baseando-se na transmissão do potencial dos ventrículos aos membros, WILSON e colaboradores (12) descreveram 6 posições elétricas do coração. São as seguintes:

- 1 — Posição Horizontal: Em VL os complexos QRS são semelhantes aos de V5 e em VF semelhantes aos de V1 — Fig. 8A.
- 2 — Posição Vertical: Em VL os complexos QRS são semelhantes aos de V1 e em VF semelhantes aos de V5 — Fig. 8B.

- 3 — Posição Semi-Horizontal: Em VL os complexos QRS são semelhantes aos de V5 e em VF os complexos QRS são de baixa voltagem — Fig. 8C.
- 4 — Posição Semi-Vertical: Em VL os complexos QRS são de baixa voltagem e em VF são semelhantes aos de V5 — Fig. 8D.
- 5 — Posição Intermediária: Em VL e em VF os complexos QRS são semelhantes aos de V5 — Fig. 8E.
- 6 — Posição Indeterminada: Não existe relação entre os complexos QRS encontrados em VL e em VF, e aqueles das precordiais — Fig. 8F.

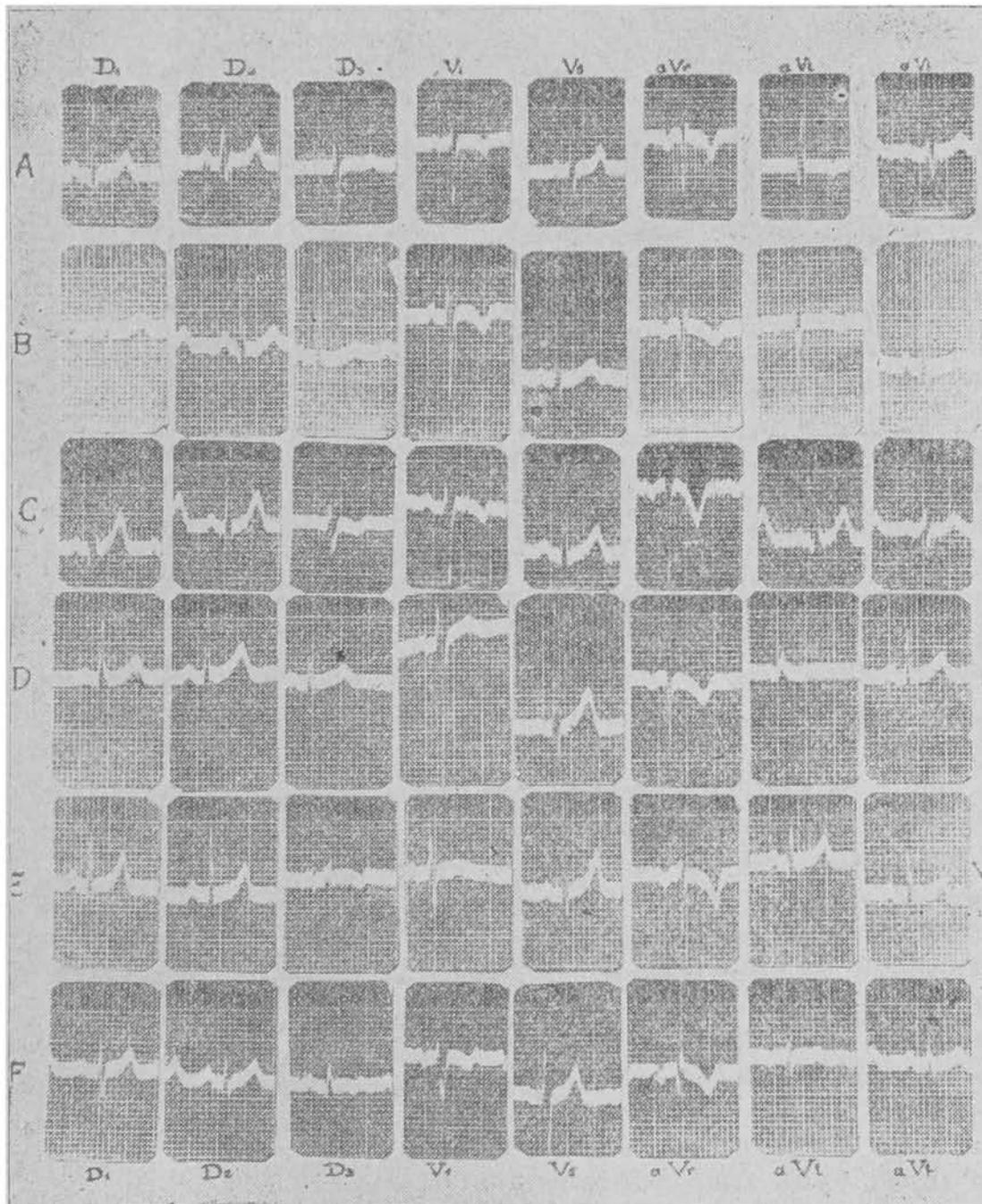


Fig. 8 — Posições eletricas do coração: A — Horizontal; B — Vertical; C — Semi-Horizontal; D — Semi-Vertical; E — Intermediária; F — Indeterminada.

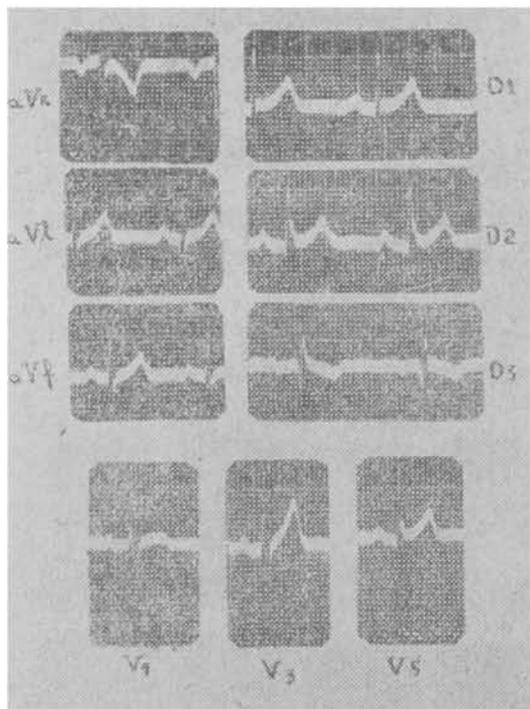


Fig. 9

da cavidade. As unipolares dos membros são as parcelas dessa soma e como tal nos mostram, facilmente, quais e de que modo as diversas porções do coração estão concorrendo na genese das deflexões registradas nas classicas.

De fato, ha casos em que as unipolares das extremidades permitem uma facil e real interpretação de certas ondas registradas nas derivações classicas. Assim, na Fig. 9, vemos em D3 um Q alargado e profundo, tendo mais de 25 % da deflexão maxima do QRS. As unipolares dos membros mostram que não se trata de uma onda patologica. Realmente, tanto em aVI como em aVf não encontramos onda Q. No caso em apreço, a onda Q3 profunda resulta da soma algebrica de duas deflexões positivas ($D3 = aVf - aVI$), o que é inteiramente normal. No eletrocardiograma da Fig 10, a onda Q3 tam-

Em suma, nas derivações unipolares dos membros, na maioria dos casos, temos, predominantemente o registro do potencial electrico cardíaco obtido na superficie de um dos ventriculos ou no interior de ambos. Nelas, os potenciais electricos negativos ou positivos correspondem sempre, respectivamente, a deflexões negativas ou positivas. Isto nem sempre acontece nas derivações classicas.

Nas derivações de EINTHOVEN registramos, no plano frontal, a soma do potencial electrico de todo o coração, tanto da superficie como

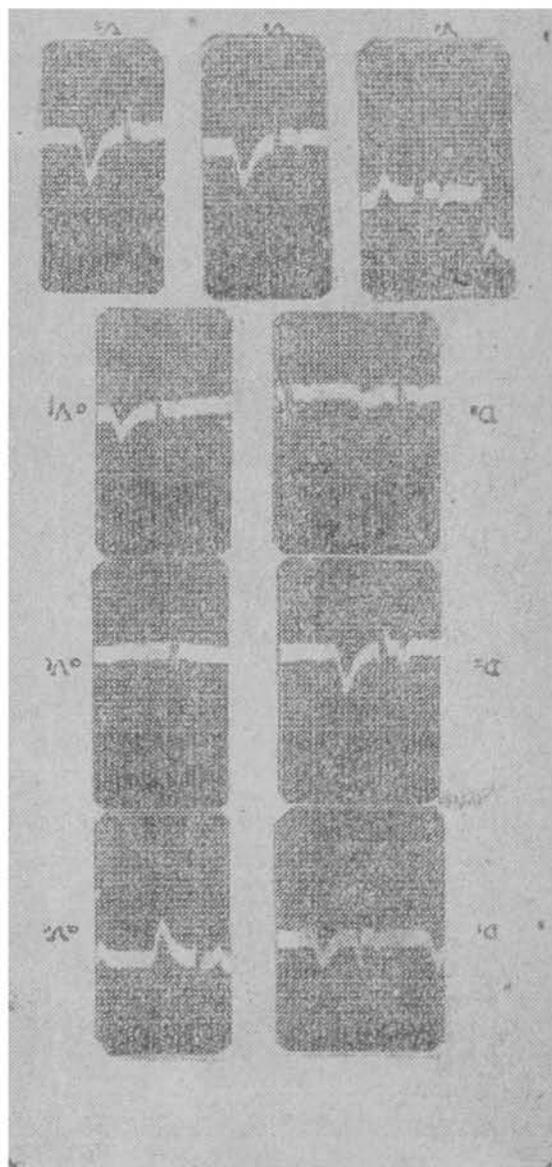


Fig. 10

bem não tem significado patológico, não obstante estar presente em aVf. Em aVf registra-se uma onda Q, mas de pequena voltagem, tendo 1,3 decimos de milivolt * e não atingindo nem 20 % da amplitude de R

na mesma derivação. É uma deflexão de origem septal, sem significado patológico algum. Já no eletrocardiograma da Fig. 11, temos uma onda Q₃ profunda e alargada, inteiramente patológica. Ela está presente alargada e ampla em aVf onde mede 3,0 decimos de milivolt e atinge muito mais de 50 % da amplitude de R na mesma derivação. Portanto, não é uma onda septal, mas sim o potencial negativo da cavidade que se transmitiu à pa-

rede posterior da superfície ventricular e foi captado na perna esquerda. Nessa região da parede ventricular existe uma zona "morta" Ela não é excitada e se comporta, eletricamente, como um simples condutor do potencial elétrico negativo da cavidade ventricular.

Do mesmo modo, a existencia, por exemplo, de hipertrofia ventricular esquerda com ou sem desvio do eixo elétrico, é facilmente explicavel pelas unipolares dos membros. Suponha-

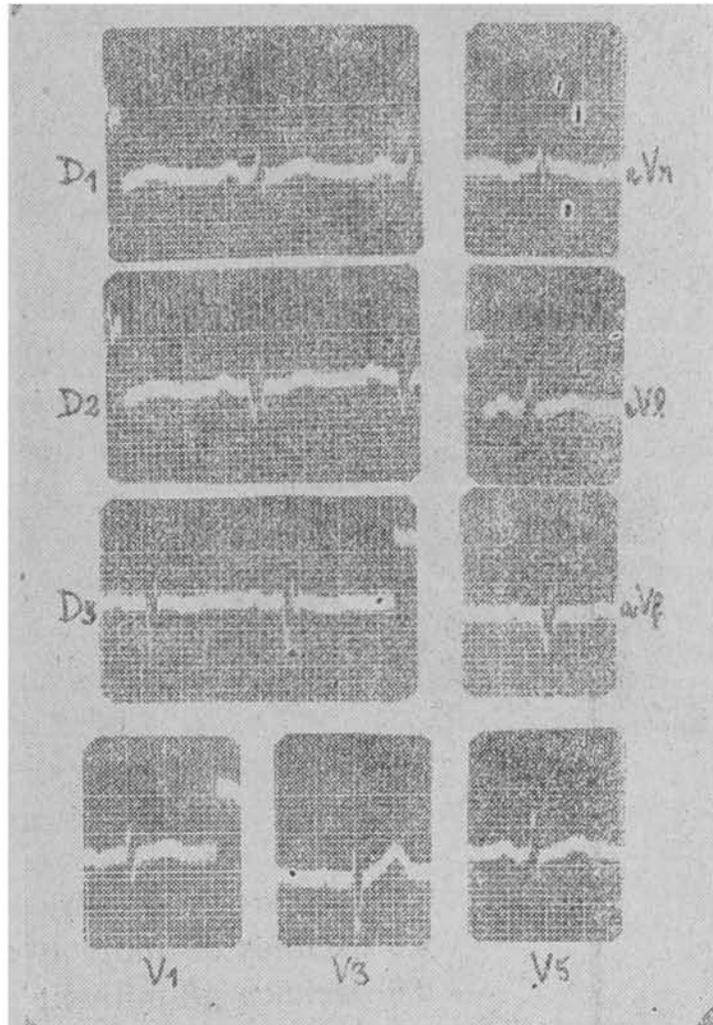
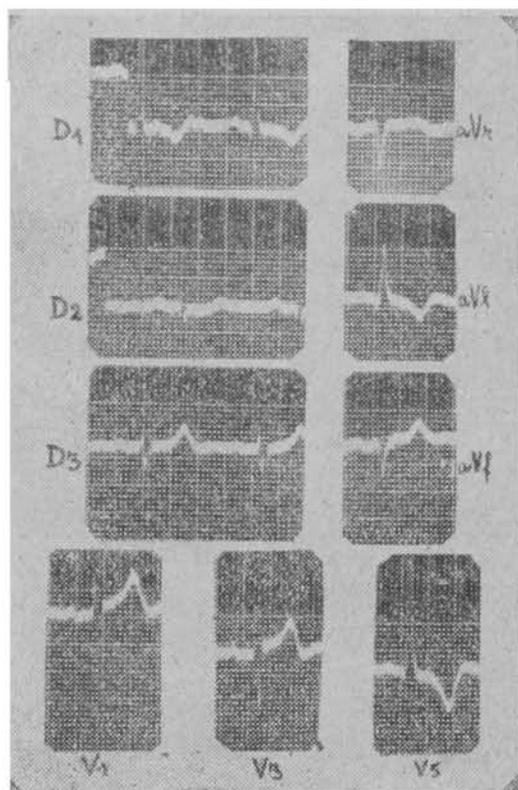


Fig. 11

(*) Como já vimos, tratando-se de derivações aumentadas, quando usa-se o padrão habitual, 1 decimo de milivolt determina uma oscilação de 1,5 mm de amplitude.

mos uma hipertrofia ventricular esquerda com o coração na posição elétrica horizontal — Fig. 12 — Nessa posição, como já vi-



mos, o potencial do ventriculo esquerdo se transmite para o braço esquerdo (VL) e aquele do ventriculo direito para a perna esquerda (VF). Sendo D1 resultante de VL — VR (ou aVI — aVr), a deflexão principal do seu complexo ventricular será positiva e ampla, enquanto que em D3 (D3 = aVf — aVI) ela será ampla, mas negativa. O eixo elétrico ficará desviado para a esquerda. Realmente nas unipolares dos membros, os valores da deflexão principal do complexo ventricular são:

Fig. 12

- 4,6 decimos de milivolt em aVr
- + 6,6 decimos de milivolt em aVI
- 2,6 decimos de milivolt em aVf

$$\text{donde, } D1 = aVI - aVr = 6,6 - (-4,6) = 11,2 \text{ decimos de milivolt}$$

$$D3 = aVf - aVI = -2,6 - 6,6 = -9,2 \text{ decimos de milivolt}$$

Estes valores teóricos não correspondem exatamente àqueles que são registrados na prática. De fato, a voltagem da deflexão principal é de 14,5 e — 13,6 decimos de milivolt, respectivamente, em D1 e D3. Isto se explica, como veremos posteriormente, pelo fato dos nossos cálculos não serem baseados em derivações simultâneas.

Admitamos, agora, uma hipertrofia ventricular esquerda com o coração na posição elétrica intermediária — Fig. 13 — Nessa posição o potencial do ventriculo esquerdo se transmite tanto para o braço esquerdo (VL) como para a perna esquerda (VF) Portanto, em D3 a deflexão principal do complexo ven-

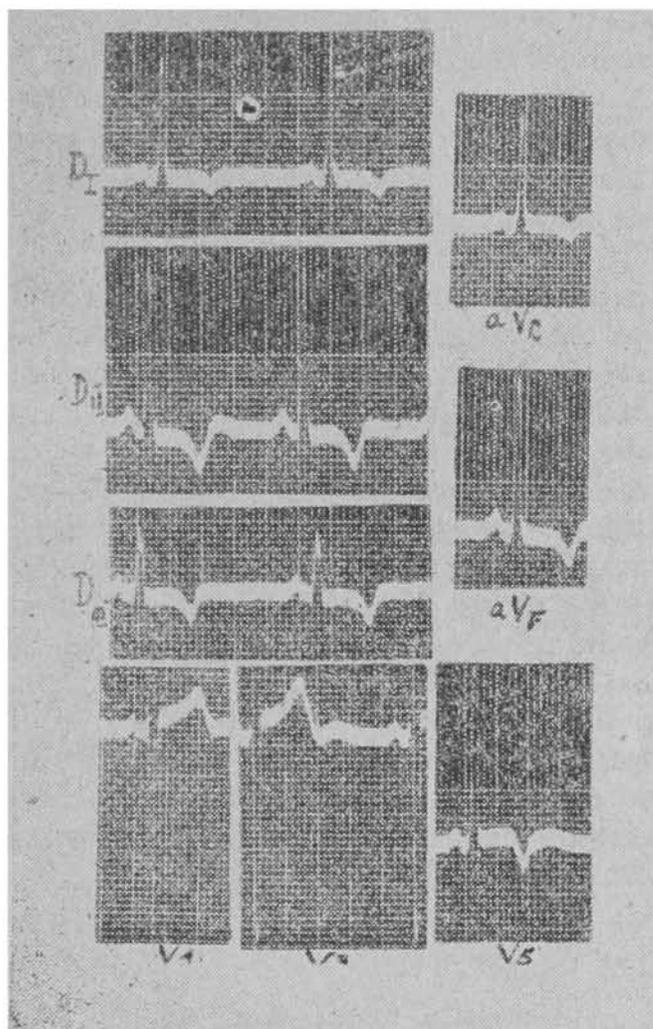


Fig. 13

tricular será positiva e ampla. Não haverá desvio do eixo elétrico cardíaco. De fato, temos:

14,0 decimos de milivolt em aVf

9,3 decimos de milivolt em aVI

$D3 = aVf - aVI$
 $= 14,0 - 9,3 = 4,7$
 decimos de milivolt

Consideremos, porém, uma hipertrofia ventricular esquerda, na qual o coração ocupa uma posição vertical. O potencial do ventrículo esquerdo será transmitido à perna esquerda e o do ventrículo direito ao braço esquerdo. Nessas condições, logicamente, o eixo elétrico será desviado para a direita — Fig. 14.

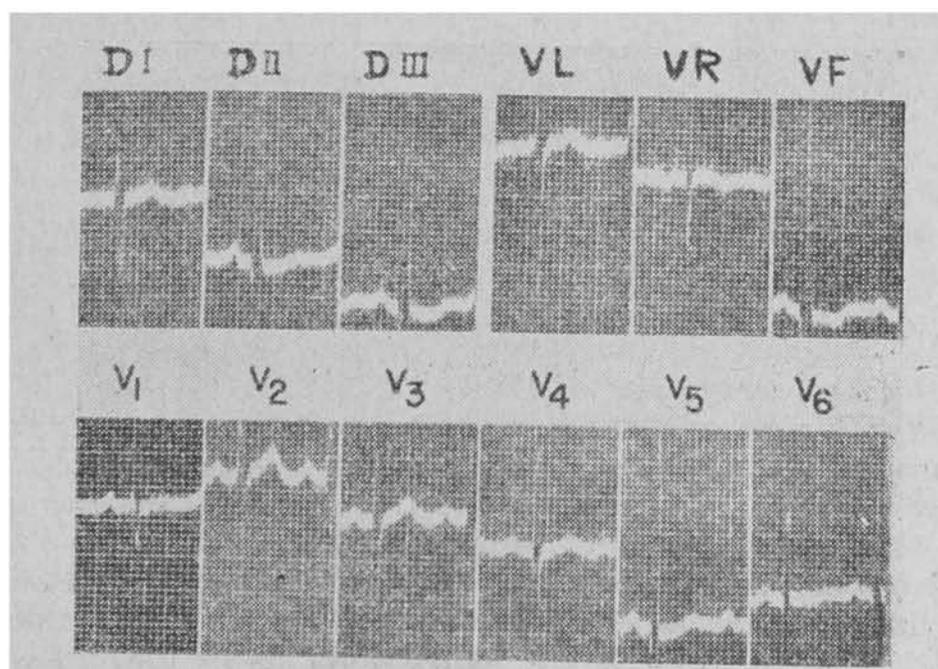


Fig. 14 — (Reproduzida de GOLDBERGER) (5) Hipertrofia ventricular esquerda. Coração em posição elétrica vertical.

As mesmas considerações que fizemos para as hipertrofias ventriculares podem ser feitas, também, para os bloqueios de ramo. Esses fatos são muito importantes. Eles nos permitiram explicar a grande discordância que existiu entre as conclusões de LEWIS (8) e aquelas de WILSON e colaboradores (2,9,16 e 17). Realmente, LEWIS trabalhando em cães, concluiu que no bloqueio do ramo esquerdo do feixe de His, o eixo elétrico desviava-se para a direita. Ao contrário, ele era desviado para a esquerda no bloqueio de ramo direito. Entretanto, WILSON e colaboradores, em homens, chegaram à conclusão inteiramente oposta. Isto é, o desvio do eixo elétrico para a esquerda era encontrado nos bloqueios do ramo esquerdo. Nos bloqueios do ramo direito é que o eixo elétrico desviava-se para a direita. As unipolares dos membros explicam a discordância entre essas duas conclusões. De fato LEWIS trabalhou em cães, animais estes cujo coração ocupa uma posição elétrica vertical. Ao passo que WILSON e colaboradores fizeram suas observações em homens, nos quais o coração era horizontal ou semi-horizontal. Sabe-se, atualmente, que os desvios do eixo elétrico nos casos de bloqueios de ramo estão na dependência da posição elétrica do coração e não do ramo bloqueado.

As derivações unipolares das extremidades estão intimamente relacionadas com as derivações clássicas. Como já vimos, as leis fundamentais das unipolares dos membros estão baseadas na validade do triângulo de EINTHOVEN. Aliás, quando analisamos o seu conceito pudemos em evidência a sua estreita relação com as clássicas. Vimos, mesmo, que essa relação foi expressa, por WILSON e colaboradores (15) pelas seguintes fórmulas:

$$\begin{array}{rcl}
 D_1 = VL - VR & VR = & \frac{e_1 + e_2}{3} \\
 D_2 = VF - VR & VL = & \frac{e_1 - e_3}{3} \\
 D_3 = VF - VL & VF = & \frac{e_2 + e_1}{3}
 \end{array}$$

Vê-se, pois, como muito bem salientam WILSON e colaboradores (12), e entre nós ALMEIDA TOLEDO (1), que conhecidas as deflexões do eletrocardiograma registrado nas derivações unipolares dos membros, podemos calcular as mesmas nas derivações clássicas ou vice-versa. De fato, as unipolares dos membros são as medianas do triângulo de EINTHOVEN, assim, as deflexões em VF são semelhantes às de D3, quando estas forem semelhantes às de D2; as deflexões em VL são semelhantes às de D1, quando estas forem semelhantes às de D3, vistas em

espelho — Fig. 15 — Assim, no eletrocardiograma da Fig. 16 as derivações precordiais evidenciam tratar-se de um caso de hipertrofia ventricular esquerda com o eixo elétrico desviado para a direita. As unipolares dos membros não foram tiradas, mas, no caso em apreço VL deve ser semelhante à D1 e VF semelhante à D3, portanto, o coração ocupa uma posição elétrica vertical. Entretanto, para uma dedução rigorosa da morfologia das derivações unipolares dos membros a partir das clássicas ou vice-versa torna-se indispensável que sejam tiradas derivações simultâneas. Assim, se quisermos prever a morfologia de

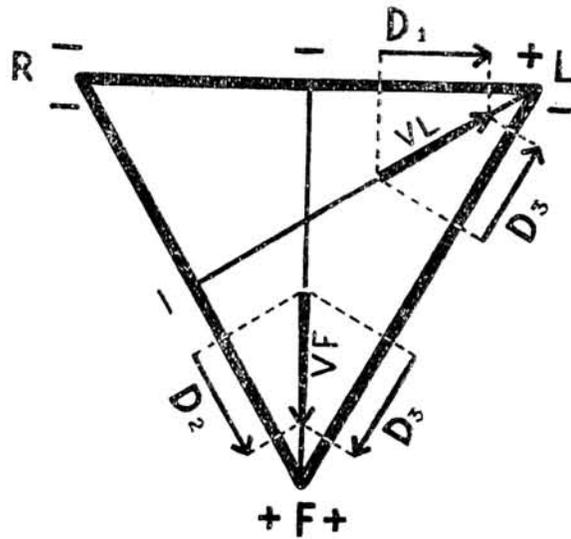


Fig. 15 — (Reproduzida e modificada de DECOURT) (4) Note-se que VL se assemelha a D1 e a D3 vista em espelho, assim como VF se aproxima de D3 e de D2.

VL (VL = $\frac{e1 - e3}{3}$) através das clássicas, devemos tirar

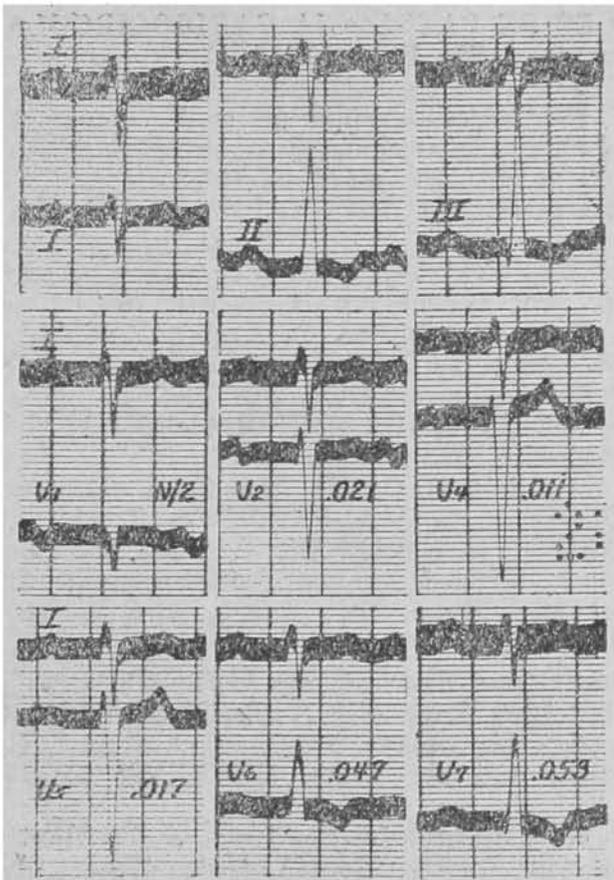


Fig. 16 — (Reproduzida de WILSON e colab.) (12) Hipertrofia ventricular esquerda. Coração em posição elétrica vertical.

simultaneamente D1 e D2, pois só desse modo podemos saber, com exatidão, por exemplo, se uma onda Q registrada em D1 deve ser somada com a porção inicial ou final de uma onda R registrada em D2.

Devemos notar, porém, que para o registro de derivações simultâneas torna-se necessário aparelho especial, com duas cordas, o que ainda não está, de um modo geral ao alcance dos clínicos. Não obstante, com derivações simultâneas, precisaríamos fazer uma análise demorada e trabalhosa para termos uma

interpretação real da genese dos acidentes registrados nas classicas. Só assim, poderíamos distinguir nas derivações de EINTHOVEN, as ondas do eletrocardiograma que realmente são registradas nos membros, daquelas artificiais resultantes da soma algebrica do potencial elettrico cardiaco transmitido, isoladamente, a cada um dos membros. As unipolares das extremidades apresentam a vantagem de mostrar, a uma simples inspecção quais e de que modo as diversas porções do coração estão concorrendo na genese das deflexões registradas nos membros.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ALMEIDA TOLEDO, P. de — Critica das Derivações Unipolares dos Membros, trabalho apresentado na Secção de Medicina da Ass. Paulista de Medicina, Outubro de 1947 e ainda não publicado.
- 2) BARKER, P. S.; MACLEOD, A. G. e ALEXANDER, J. — Excitatory process observed in exposed human heart, *Am. Heart J.*, V. 6. 720-742, Agosto de 1930.
- 3) BURGER, R. — Ueber das elektrische Feld des Herzes; ueber die herzferne Elektrode bei der semidirekten Ableitung; ueber die Nullpotentialelektrode von Wilson; ueber die Verwerdung einer von der gesamten Koerperoberflaeche ableitenden Elektrode als indifferent Test-Elektrode. *Cardiologia*, III, 56-138. 1939 citado por WILSON, F. N.; JOHNSTON, F. D.; ROSENBAUM, F. F. e BARKER, P. S. (14)
- 4) DÉCOURT, L. V. — LIÇÕES DE PATOLOGIA CARDIOCIRCULATÓRIA. Edições Melhoramentos, São Paulo, 1945.
- 5) GOLDBERGER, E. —
 - a) A simple, indifferent electrocardiographic electrode of zero potential and a technique of obtaining augmented unipolar extremity leads. *Am. Heart J.* XXIII, 4. 483-492. Abril de 1942.
 - b) UNIPOLAR LEAD ELECTROCARDIOGRAPHY. Lea & Febiger. Philadelphia, 1947.
- 6) HOLZER, W. — Ueber die elektrische Spannungsuebertragung durch biologische Objekte. mit besonderer Beruecksichtigung der elektrokardiographischen Methodik, *Ztschr. f. Kreisl.* XXVIII 4. 113-130. Fevereiro de 1936. citado por DÉCOURT, L. V. — O EIXO ELETRICO CARDIACO Cia. Melhoramentos. São Paulo.
- 7) KNEESE de MELO, H. — DERIVAÇÕES UNIPOLARES DAS EXTREMIDADES. Grafica Siqueira, São Paulo 1947.
- 8) LEWIS T. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, B. CCVII. 284. 1916, citado por BARKER, P. S.; MACLEOD, A. G. e ALEXANDER, J. (2)
- 9) MACLEOD, A. G.; WILSON, F. N. e BARKER, P. S. — The Form of the Electrocardiogram. I. Intrinsicoid Electrocardiographic Deflections in Animals and Man, *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.* XXVII, 6. 586-587, Março de 1930.
- 10) MOLZ, B. — Modellversuche zur Kenntnis des elektrischen Feldes in der Elektrokardiographie (Zur Frage der Nullpotential-Elektrode und des Einthovenschen Dreieckschemas), *Pfluegers Archiv. f. Gesamte Physiol. des Mensch. und der Tiere*, CCXXXVII 251-259. Abril de 1936.
- 11) STORTI, E. — Zur Frage der Nullpotential-Elektrode in der Elektrokardiographie. *Ztschr. f. Kreisl.* XXVII 830-835. Dezembro de 1935. citado por DÉCOURT, L. V. — O EIXO ELETRICO CARDIACO. Cia. Melhoramentos São Paulo.
- 12) WILSON, F. N.; JOHNSTON, F. D.; COTRIM, N. e ROSENBAUM, F. F. — Relation between the potential variations of the ventricular

- electrocardiogram in leads from the precordium and the extremities, Trans. Assoc. Am. Phys., LVI, 258-271, 1941.
- 13) WILSON, F. N.; JOHNSTON, F. D.; MACLEOD, A. G. e BARKER, P. S. — Electrocardiograms that represent the potential variations of single electrode, Am. Heart J., IX, 4, 447-458. Abril de 1934.
 - 14) WILSON, F. N.; JOHNSTN, F. D.; ROSENBAUM, F. F. e BARKER, P. S. — On Einthoven's triangle, the theory of unipolar electrocardiographic leads, and the interpretation of the precordial electrocardiogram. Am.Heart J. XXXII, 3, 277-310, Setembro de 1946.
 - 15) WILSON, F. N.; MACLEOD, A. G. e BARKER, P. S. — The potential variations produced by heart beat at the apices of Einthoven's triangle. Am. Heart J. VII, 2, 207-211, Dezembro de 1931.
 - 16) WILSON, F. N.; MACLEOD, A. G. e BARKER, P. S. — The order of ventricular excitation in human bundle-branch block, Am.Heart J., VII, 3, 305-330, Fevereiro de 1932.
 - 17) WILSON, F. N. — Citado por ROSENBAUM, F. F. — NOTES FROM DR. WILSON'S LECTURES ON ELECTROCARDIOGRAPHY. (Notes taken during the courses given Bu Dr. Frank N. Wilson to the under-graduate and post-graduate students at the University of Michigan).

ESPECIALISTA EM LIVROS DE MEDICINA

ASSINATURAS REVISTAS

Livraria Médica

HOSPITAL DAS CLINICAS

★★★

AVENIDA REBOUÇAS, 476 — 4.º ANDAR — FONE 8-2161 R. 20

SÃO PAULO