

NOÇÕES SOBRE ELETROCARDIOGRAFIA

*Celina Assumpção **

INTRODUÇÃO

Durante a nossa vivência em terapia intensiva, muitas foram as vezes em que tivemos que interpretar, diagnosticar e até mesmo intervir em caso de arritmias que seriam mortais ao indivíduo se não houvesse por parte da enfermeira um atendimento imediato e efetivo. Muitos são os pesquisadores, médicos e enfermeiras, que enfatizam em seus trabalhos a importância do atendimento precoce do paciente cardíaco, a fim de prevenir agravamento ou até mesmo a morte causada pelas arritmias cardíacas, tanto no pós-operatório cardíaco, como insuficiência coronariana crônica ou aguda.

Para que nós enfermeiras, que estamos em contacto com o paciente durante as vinte e quatro horas do dia, possamos atendê-lo em tempo hábil, colaborando para o aumento de sua sobrevivência, é de extrema importância possuímos alguns conhecimentos dessa especializada matéria. Esses conhecimentos constituirão os subsídios de que necessitamos para diagnosticar e atender o paciente nas situações em que sua vida corre perigo.

Não temos a pretensão de esclarecer, nem mesmo fornecer, todos os instrumentos para a compreensão e conhecimento desse assunto. Tentaremos expor alguns caminhos que poderão ser úteis a quem se propuser estudar o assunto.

Não poderíamos abordar toda a matéria em um só artigo, por isso nos propomos a dividi-la em três partes que serão assim distribuídas:

- I. Eletrofisiologia celular
- II. Arritmias que necessitam tratamento imediato
- III. Parada cardíaca do ponto de vista eletrocardiográfico.

* Auxiliar de Ensino da Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo.

*Eletrofisiologia Celular*1. *Atividade elétrica de uma célula isolada.*

Durante a atividade cardíaca, originam-se impulsos elétricos que podem ser registrados por aparelhos como o eletrocardiógrafo, através da superfície corporal. Esses registros só podem ser compreendidos mediante conhecimento do mecanismo desse impulso.

Todas as células vivas, nervosas ou cardíacas, obedecem ao mesmo esquema de fenômenos elétricos. Essas células possuem íons que vão determinar um potencial elétrico correspondente às cargas que possuem.

Quando a célula está em repouso, não há passagem de íons do meio externo para o interno ou vice-versa, por isso os potenciais elétricos, tanto interno como externo, permanecem constantes. Se medirmos com um galvanômetro os dois potenciais, verificaremos que o potencial elétrico externo é maior que o interno, e por isso podemos dizer que ele é positivo em relação ao interno (negativo), por convenção. Ver Fig. 1.

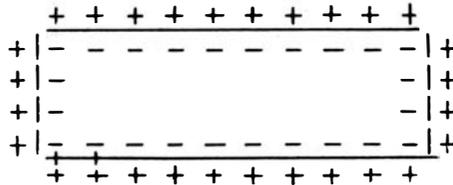


Fig. 1 - *Célula em repouso. Representação gráfica de seu potencial elétrico.*

Existindo essa diferença de potencial entre os dois meios, deveria haver uma instabilidade e os íons do meio extra celular tenderiam entrar no intra-celular para formar o equilíbrio. No entanto, isto não acontece, pois a membrana celular polarizada não permite a passagem de íons e os dois meios mantem-se estáveis continuando, assim, cada meio com seu potencial elétrico correspondente. A manutenção características dessa membrana celular:

- a) *Resistência*: propriedade de diminuir a livre passagem de íons para os dois meios, intra e extra celulares.
- b) *Condutância*: propriedade de conduzir íons através dela.
- c) *Capacitância*: propriedade de receber ou liberar cargas elétricas.

Existem dois mecanismos, elétrico e osmótico, que fazem com que a membrana celular possa ter essas três propriedades.

REVISTA BRASILEIRA DE ENFERMAGEM

Atualmente, os responsáveis pela distribuição desigual dos íons orgânicos entre dois lados a membrana é o sódio (Na +) e o potássio (K +). Até hoje ainda não foi constatada a importância dos demais íons.

O potássio (K +) tem predominância no intracelular e o sódio (Na +) no extracelular. Sendo o potencial elétrico no extracelular maior que no intracelular haveria facilidade de movimentação do Na + para o intracelular, obedecendo assim, não só o mecanismo elétrico, como também o osmótico. Porém, a membrana celular realiza uma oposição elétrica, através de seu gradiente, e osmótica, impedindo a entrada de íons. Sabe-se, no entanto, que, apesar dessa oposição, certa quantidade de Na + consegue entrar na célula e para que o equilíbrio persista, esta quantidade de Na + tem de ser expulsa. Essa expulsão é feita através de um trabalho ativo (enzimático e energético) pela "bomba de sódio" que consiste em um trabalho ativo celular com gasto de energia.

O K + tem concentração maior no intracelular, e por isso tenderia sair para o extracelular (osmose). Mas, por ser o extracelular de potencial maior, o gradiente elétrico não permite essa passagem. No entanto, da mesma maneira, certa quantidade de K + consegue sair da célula, mas a fim de manter o equilíbrio a "bomba de potássio" também o faz voltar para o intracelular.

Devido a experiências feitas por diversos autores, constatou-se que a concentração de K + através das membranas é o fator fundamental na manutenção do potencial de repouso.

A excitação, produzida pelos mais variados estímulos, pode modificar o mecanismo responsável pela manutenção da célula em repouso, da seguinte maneira:

- a) diminuição da resistência da membrana (cerca de 50 vezes).
- b) aumento importante da condutância (cerca de 200 vezes).
- c) diminuição ou paralização dos mecanismos energéticos que mantém o gradiente iônico.

Ao se romper o equilíbrio existente, o ponto excitado torna-se negativo em relação ao correspondente intracelular. Isto é o Na +, devido à brusca permeabilidade da membrana celular, entra na célula e somando-se aos íons de K + que lá já existem, torna o meio intracelular com potencial maior que o extracelular. Ver Fig. 2.

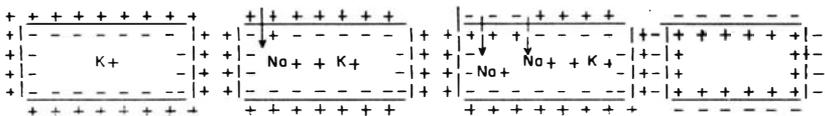


Fig. 2 Despolarização de uma célula.

A repolarização celular segue invariavelmente a despolarização, sendo de caráter mais lento e podendo ser facilmente alterada por mínimos fatores.

Esse mecanismo obedece sempre ao princípio de que os primeiros a serem despolarizados serão os primeiros a se recuperarem.

Logo no início da recuperação, há um lento fluxo de saída de K^+ do interior da célula, ocasionando uma inversão do potencial, isto é, o extracelular passa a ter potencial maior que o intracelular.

Em seguida, há uma expulsão de Na^+ intracelular pela "bomba" de sódio" e o K^+ volta para o intra celular, até que o equilíbrio de repouso seja restabelecido. Ver Fig. 3.

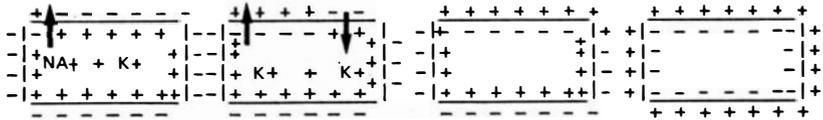


Fig. 3 — Repolarização celular.

No momento em que há ativação de um ponto, há uma progressão do estímulo aos pontos vizinhos e esses vão se tornando sucessivamente negativos, sempre em relação aos pontos imediatos. Esta despolarização é semelhante a uma onda, em que a crista tem uma carga positiva, seguida de uma negativa. A esse conjunto de dois pontos inteiramente justapostos e de cargas contrárias, dá-se o nome de Dipolo. Logo, dipolo é a unidade representativa da despolarização e repolarização.

Esse dipolo pode ser representado por um vetor que é um segmento de reta, podendo-se definir sua grandeza (infinitamente pequena); direção (linha que une os dois pontos); sentido (dado pela flexa colocada na extremidade onde se encontra o polo positivo). Ver Fig. 4.

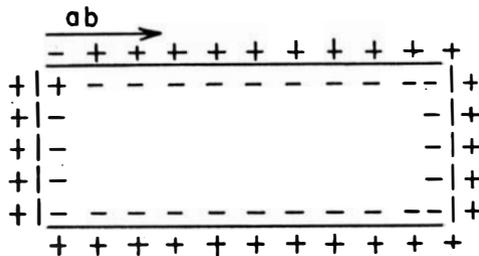


Fig. 4 — Célula em início de despolarização. Seg. *ab* é o Dipolo.

2. *Atividade elétrica de um conjunto de células*

Como a célula que vimos não está isolada e sim mergulhada num sistema condutor, e por isso não é um fenômeno estático e sim dinâmico, essas alterações produzirão uma corrente elétrica que poderá ser captada por eletrodos colocados nesse meio.

Por convenção, os registros da negatividade são feitos para baixo e o dos positivos para cima da linha isoeletrica, ou linha zero, que é a linha inicial.

Quando a célula é ativada o galvanômetro registrará positivamente ou negativamente, dependendo da posição em que se encontra o eletrodo captante em relação ao dipolo, ou vetor representativo da ativação celular.

Conforme sua posição antes, depois ou entre do dipolo, o eletrodo estará voltado somente para cargas positivas, positivas e negativas, ou negativas, respectivamente. A representação gráfica também será positiva, positiva e negativa, ou negativa, respectivamente. Ver Fig. 5.

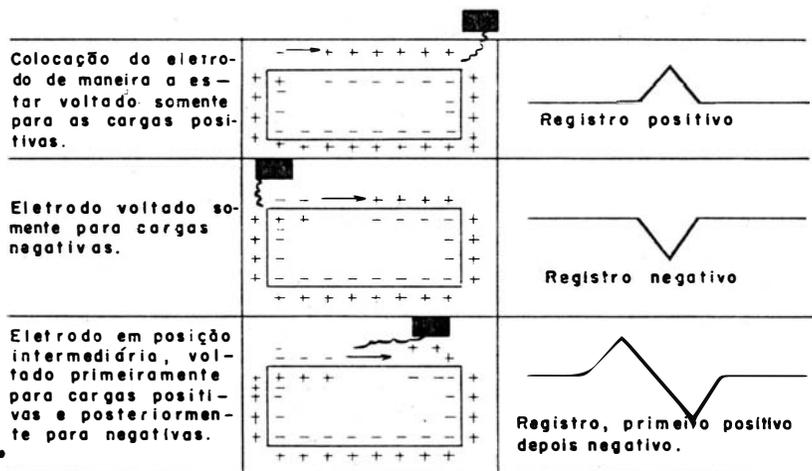


Fig. 5 — Representação gráfica da despolarização de uma célula miocárdica em relação à posição do eletrodo.

Imediatamente após o término da despolarização haverá uma recuperação ou repolarização celular. Inicialmente, não havendo di-

ferença de potencial na sua superfície, o galvanômetro registra uma linha isoeletrica. A célula estará em repouso instável, isto é, cargas negativas externamente e positivas internamente.

Logo em seguida inicia-se a recuperação da célula e o vetor, representativo do estímulo da ativação, caminhará de "marcha-ré" (por convenção, a força do vetor é do lado positivo). Ver Fig. 6.

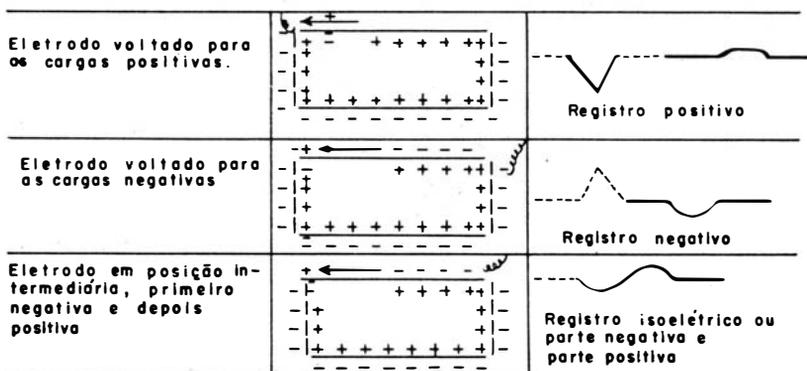


Fig. 6 - Representação gráfica da repolarização de uma célula miocárdica em relação à posição do eletrodo.

A repolarização é um fenômeno lento e seu registro é menos amplo, porém, mais duradouro. Tanto a despolarização quanto a repolarização são fenômenos de mesma grandeza; portanto, as áreas delimitadas pelas deflexões deverão ser iguais e, sendo fenômenos opostos, sua somatória será igual a zero.

Logo, não existe gradiente elétrico entre despolarização e repolarização. Qualquer aparecimento deste indicará desvio da repolarização normal.

3. Sistema de Condução Cardíaca e sua representação eletrocardiográfica.

Vimos como se processa a atividade elétrica da célula. O mecanismo que desencadeia todo esse processo no coração é o seu sistema de condução próprio.

Normalmente os batimentos cardíacos são controlados pelos impulsos elétricos rítmicos que tem origem no nódulo sino-atrial (SA), sendo ele o marca-passo cardíaco.

Todas as partes do sistema de condução cardíaca tem a propriedade de se auto-estimular e fazer com que hajam sístoles ven-

triculares, o que quer dizer que todos poderiam ser o marca-passo cardíaco. No entanto, normalmente o nódulo sino-atrial domina os outros e por isso mantém o ritmo cardíaco em 70 a 80 batimentos por minuto.

Os impulsos elétricos que se originam no nódulo SA se propagam pelo átrio, através de 3 feixes, onde a condução é específica e mais rápida, causando sua contração. Essa ação do átrio chama-se despolarização atrial. O impulso, ao alcançar o nódulo átrio-ventricular, (AV) faz uma curta pausa neste, enquanto o átrio se recupera ou repolariza; isto é repolarização atrial. Atravessando o nódulo AV, ele se propaga para o feixe de His, o qual se bifurca para a direita e esquerda do septo intraventricular, levando os estímulos para os dois ventrículos.

O prolongamento do feixe de His é formado por uma rêde, chamada rêde de Purkinje. Os impulsos, ao se propagarem por esta, ocasionam a contração ventricular.

O estímulo originado em outra área, que não o SA, quando contínuo e comandando os batimentos cardíacos, chama-se foco ectópico; o ritmo cardíaco produzido é o ritmo ectópico.

Também o nódulo AV pode ser o marca-passo cardíaco, mas a frequência de seus estímulos é de 40 a 60 batimentos por minuto, sendo que a rêde de Purkinje é mais lenta ainda (menos de 40 batimentos por minuto).

A repolarização atrial é seguida pela despolarização e assim por diante, formando o ciclo denominado Ciclo Cardíaco.

Concluindo, o ciclo cardíaco é comandado pelo nódulo SA. Os impulsos se propagam do nódulo SA para o AV, onde há uma pausa momentânea, enquanto o átrio se repolariza antes dos ventrículos serem estimulados. Os impulsos seguem através do feixe de His e rede de Purkinje, causando despolarização ventricular, seguindo-se a recuperação ou repolarização ventricular.

O eletrocardiógrafo idealizado por Einthoven é o aparelho que capta essa atividade e a representa graficamente; consta fundamentalmente de um galvanômetro de corda, um sistema óptico, uma fonte luminosa e um dispositivo para registro em papel fotossensível das oscilações obtidas.

Uma célula despolariza-se com uma direção determinada; dez células ou mais formam uma direção média, dependendo dos seus vetores representativos. Na atividade cardíaca a somatória dos vetores representantes da despolarização ou repolarização das células, formam um vetor resultante. Esse vetor resultante é captado pelo eletrocardiógrafo.

A cada passagem dos estímulos elétricos do coração pelo átrio, nódulo AV e ventrículos, originam-se vetores resultantes da somatória dos vetores de cada célula ativada, formando assim a figura gráfica do ciclo cardíaco que podemos ver na fig. 7.

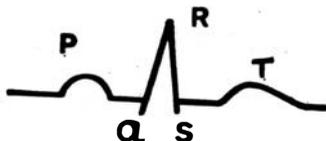


Fig. 7 — Representação gráfica da atividade elétrica do ciclo cardíaco. P, Q, R, S e T.

A onda P representa a despolarização atrial e quando esta está presente é do mesmo tamanho, e no mesmo lugar o ritmo é originado no nódulo SA.

Normalmente, o intervalo PR é menor que 0,21 segundos e maior que 0,11 segundos. Esse intervalo representa o tempo que leva o impulso para atravessar os átrios e o nódulo AV. Se o espaço é muito pequeno, o impulso deverá estar se propagando para o ventrículo por um caminho mais curto. Se este é mais polongado deve haver um bloqueio na propagação no nódulo AV.

O Complexo QRS é o registro gráfico do caminho percorrido pelo impulso através do feixe de His, rede de Purkinje, até a contração ventricular ou despolarização ventricular. O complexo QRS, normalmente, é menor que 0,12 segundos.

A repolarização ventricular é representada pelo segmento ST e a onda T.

O tempo momentâneo que as fibras levam, do final da sua despolarização ao início da repolarização, é representado pelo segmento ST e é isométrico (como vimos anteriormente). Qualquer modificação desse aspecto demonstra dano no músculo cardíaco.

A onda T representa a repolarização propriamente dita. Geralmente, QRS e T possuem a mesma direção. Se ondas T são opostas ao QRS, deve haver algum processo patológico em ação.

Na Fig. 8 está representado o coração com um sistema de condução relacionado com o gráfico do eletrocardiograma.

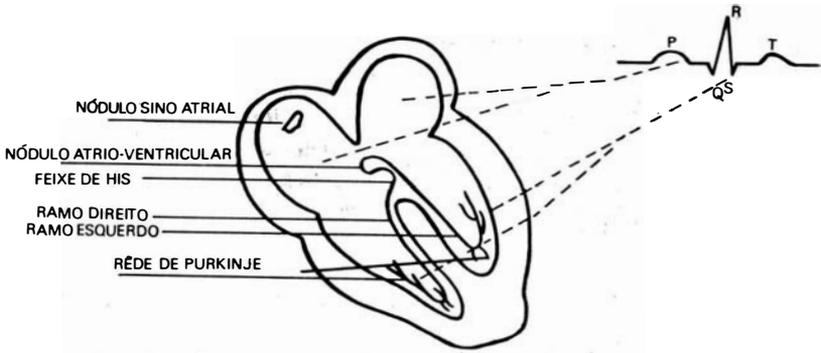


Fig. 8 — O coração e a sua representação gráfica, do eletrocardiografo.

O ciclo cardíaco é registrado em um gráfico de papel em que as linhas verticais representam o tempo (cada quadrado largo é 0,20 seg.) e as longitudinais a voltagem (cada quadrado largo é 5 mm ou 0,5 cm.). Ver Fig. 9.

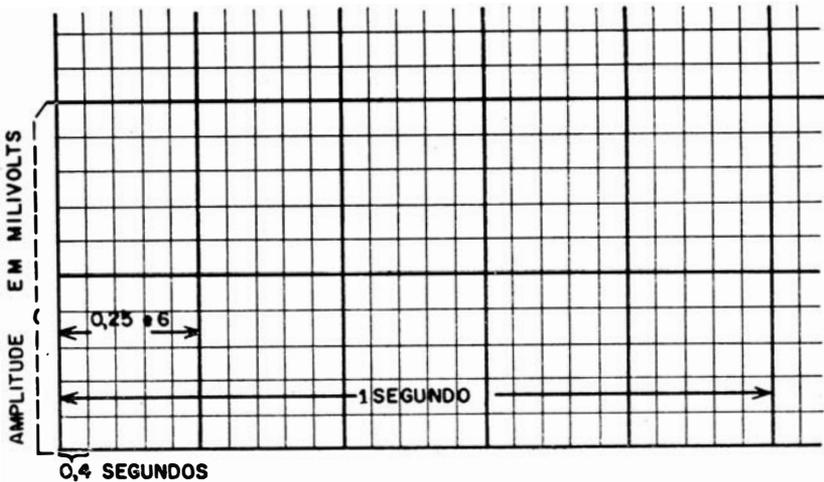


Fig. 9 — Papel de eletrocardiograma.

Conclusão:

O Sistema de Condução do Coração é comandado pelo nódulo SA. O impulso propaga-se através do átrio para o nódulo AV (no ECG — onda P). Enquanto o impulso faz uma pausa neste ponto, há a repolarização atrial (intervalo PR). O impulso continua através do feixe de His, direito e esquerdo, rede de Purkinje, ocasionando a despolarização ventricular (QRS). Segue-se um curto período de parada (intervalo ST) e inicia-se a recuperação ou repolarização ventricular (onda T).

RESUMO

As células cardíacas são importantes na manutenção da vida de um organismo. Elas são responsáveis pelos batimentos cardíacos. Para que esta função seja satisfeita, ela possui diversas propriedades, dentre elas a de receber, transmitir e até mesmo criar fenômenos elétricos que possibilitam as contrações do músculo cardíaco.

Para entender o mecanismo do ciclo cardíaco, é importante conhecer quais são os fatores responsáveis pela despolarização e repolarização de uma célula mediante uma ativação elétrica.

A célula cardíaca possui um potencial elétrico de repouso devido as concentrações de íons de sódio e potássio no meio intra e extra celular. Conforme as variações de concentração desses íons, esses potenciais se modificam. Toda a atividade elétrica da célula pode ser captada pelo galvanômetro e ser registrada graficamente.

Durante o ciclo cardíaco, o sistema de condução do coração é responsável pela estimulação e transmissão dessa atividade elétrica para todas as fibras cardíacas, indo ocasionar as diástoles e sístoles. Esse fenômeno é captado pelos eletrodos do eletrocardiograma colocados na superfície corporal. Essa atividade elétrica é resultante da soma gradiente elétrico de cada célula, logo o registro eletrocardiográfico nada mais é do que a tradução gráfica dessa soma e que em sua continuidade forma o ciclo cardíaco cuja sigla é P, Q, R, S, T.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MEEHAN, M. EKG — Primer programmed instruction. *Amer J. Nurs*, 71 (11): 2195-2202. 1971.
- MODELL, W. et al. *Handbook of Cardiology for nurses*. 5 ed. New York, Springer, 1966.
- TOLEDO, A. N. Conceitos básicos em eletrocardiografia *ARS Curandi* 5 (2): 93-104, 1972.
- TRANCHESI, J. *Eletrocardiograma normal e patológico* 3 ed. São Paulo, Atheneu, 1967.