

ELETTROCARDIOGRAFIA

DEFINIZIONE: REGISTRAZIONE GRAFICA (ottenuta con apposito apparecchio) che misura i fenomeni elettrici connessi all'attività cardiaca.

ATTIVITÀ ELETTRICA CARDIACA GLOBALE

L'eccitazione del cuore dal nodo del seno atriale si propaga di cellula in cellula con una progressione analoga a quelle delle singole cellule, per cui si hanno zone del cuore già depolarizzate e zone non ancora depolarizzate (così per la ripolarizzazione). Se, ad esempio, consideriamo una fila di cellule A, B, C, D

A e B sono già depolarizzate, C e D no. Tra la superficie di B, già depolarizzata,

e C (non ancora) si crea una netta differenza di potenziale (come se tra B e C ci fosse un generatore elettrico o una pila, con polo positivo a destra e negativo a sinistra).

Se consideriamo il cuore come una pila e consideriamo i liquidi extracellulari come ottimi conduttori, il campo elettrico generato dal cuore si diffonde a tutto il corpo.

Ogni punto del corpo acquista un potenziale elettrico, che sarà positivo nei punti più vicini al polo positivo della pila (cuore), e negativo nei punti più vicini al polo negativo. Es. se misuriamo la differenza di potenziale tra la spalla sx e quella dx vediamo che questa esiste e che la spalla sx ha un potenziale maggiore di quella destra.

Se al posto di generatore di corrente usiamo il termine dipolo (che indica l'esistenza, in vicinanza dell'uno o dell'altro dei due poli, di un generatore elettrico) vediamo che può essere rappresentato da un VETTORE diretto dal polo negativo al polo positivo.

La grandezza fisica che dà origine al movimento delle cariche di una pila (o di un dipolo) è chiamata forza elettromotrice ed è una grandezza SCALARE che si esprime in mV(olt).

Nel cuore la forza elettromotrice è determinata da una quantità di cariche che si fronteggiano nel dipolo e cambiano di direzione; per cui la forza elettromotrice DA SOLA non basta a definire un dipolo; sono rilevanti la DIREZIONE (cioè l'orientamento nello spazio) e il VERSO (cioè da che parte sta il polo positivo o quello negativo). Per cui nel cuore la forza elettromotrice viene descritta come grandezza VETTORIALE: la lunghezza della freccia è direttamente proporzionale alla forza elettromotrice, la direzione e il verso si esprimono con la punta della freccia.

La situazione nel cuore equivale alla presenza contemporanea di moltissimi dipoli, rappresentabili in vettori, dalla cui somma deriva un VETTORE RISULTANTE in ogni istante del ciclo cardiaco, chiamato VETTORE CARDIACO.

Questo campo elettrico creato dal cuore è registrabile ponendo elettrodi in due punti diversi della superficie corporea. La posizione in cui sono posti gli elettrodi è chiamata DERIVAZIONE, le cui caratteristiche più importanti sono

- 1) orientamento nello spazio
- 2) la polarità (positiva o negativa).

- concetto della sfera di metallo nel cui centro è posto un dipolo

Se noi poniamo due elettrodi in due punti qualsiasi di una sfera collegati con un misuratore otterremo una derivazione A e B (in questo caso bipolare). L'orientamento nello spazio della retta che congiunge A e B è detto l'asse della derivazione. La polarità invece, dipende dalla deflessione del misuratore (voltmetro), che oscillerà verso l'alto quando si trova dalla parte positiva del campo, e si sposterà verso il basso se vicino al polo negativo. Viceversa ?

Se poniamo A e B in due punti, dove A è più positivo di B, avremo una deflessione verso l'alto se poniamo l'elettrodo positivo in A e quello negativo in B, avremo una deflessione verso il basso se invece poniamo i due elettrodi invertiti.

COME QUESTE CONSIDERAZIONI TEORICHE SI APPLICANO ALL'ELETTROCARDIOGRAFIA

L'elettrocardiografo è un voltmetro (capace di registrare variazioni molto piccole di differenze di potenziale).

Il suo indice (del voltmetro) è collegato con una penna scrivente che disegna su un nastro di carta (che scorre a velocità costante) un tracciato che sintetizza la successione degli spostamenti verso l'alto o verso basso dell'indice del voltmetro in conseguenza delle variazioni del campo elettrico del cuore.

Il nastro di carta è stampato con quadretti di un mm di lato e viene fatto scorrere a 25mm/sec (due punti del tracciato distanti longitudinalmente 1 mm corrispondono quindi a 0,04 sec); una deflessione verso l'alto o verso il basso di un mm indica una differenza di potenziale di 0,1 mV. (quindi il tracciato in lunghezza misura il tempo, in altezza i millivolt).

L'apparecchio ha due fili, che corrispondono rispettivamente al polo positivo e a quello negativo, che non devono essere mai scambiati.

LE DERIVAZIONI

Tutte le derivazioni che si applicano in elettrocardiografia sono frutto di semplificazioni geniali elaborate dal fisiologo Einthoven. 5 postulati.

- 1- Il cuore umano può essere concepito come un generatore elettrico puntiforme. Da esso originano vettori risultanti rappresentativi dell'attività elettrica in ogni istante del ciclo.
- 2- Il corpo umano è un conduttore omogeneo (analogo a un recipiente pieno di una soluzione elettrolitica)
- 3- La spalla destra R (right) e la spalla sinistra L e un punto a metà strada tra la radice degli arti inferiori F (feet) costituiscono i vertici di un triangolo equilatero (il triangolo di Einthoven) al cui centro si trova il cuore.
- 4- I tre vertici del triangolo di Einthoven nel cuore giacciono sullo stesso piano: piano frontale per chi guarda.
- 5- I tre vertici del triangolo sono a distanza tale dal cuore da potersi considerare infinita, cioè tale da rendere irrilevanti le variazioni soggettiva della posizione del cuore.

Nessuno di questi postulati è rigorosamente vero, ma sufficientemente soddisfacente per i fini pratici cui sono destinati.

Sulla base di questi postulati sono state definite le DERIVAZIONI BIPOLARI (standard dell' Ecg).

D1: elettrodo positivo in L (spalla sinistra), elettrodo negativo in R

D2: elettrodo positivo in F, negativo in R

D3: elettrodo positivo in F, negativo in L

Dal momento che gli arti possono essere considerati alla stregua di fili elettrici che hanno potenziali elettrici omologhi alle radici, L si posiziona sul polso sinistro, R sul polso destro, F sul piede. Infine si pone un quarto elettrodo sul piede destro come messa a terra dell'apparecchio.

Queste derivazioni dipolari sono disposte sul piano frontale, per cui l'orientamento spaziale dell'asse è definito dall'angolo che questo ha con una linea teorica orizzontale sul piano frontale, il valore di questo angolo è espresso in gradi. 0 gradi è l'estremità della linea orizzontale procedendo in senso orario.

DERIVAZIONI PERIFERICHE UNIPOLARI (prima abbiamo parlato delle bipolari)

Wilson individuò la possibilità di creare altre 3 derivazioni, sempre sul piano frontale, dove l'elettrodo positivo viene utilizzato con elettrodo esploratore e quello negativo come elettrodo indifferente (a zero millivolt), che mantiene il potenziale zero perché collegato ad una resistenza che unisce i tre vertici del triangolo di Einthoven. (appoggiato sul corpo hai solo l'elettrodo positivo, in pratica). L'elettrodo positivo viene posizionato ai tre vertici del triangolo (sugli arti)

VL: elettrodo positivo sul polso sinistro

VR elettrodo positivo sul polso destro

VF sulla caviglia sinistra.

Gli assi di queste derivazioni sono dati da rette che congiungono il cuore con i vertici

-150 per VR, -30 per VL, +90 per VF.

Dal momento che le deflessioni risultavano la metà delle bipolari, con un artificio sono state aumentate, per cui sono chiamate a(augmented)VR, aVL, aVF. Queste sei derivazioni sul piano frontale forniscono tre coppie di coordinate cartesiane perpendicolari tra loro.

Gli accoppiamenti sono:

aVL con D2, aVr con D1, aVF con D3.

Queste derivazioni descrivono comunque vettori sul piano frontale, per cui sono state pensate derivazioni con asse perpendicolare al piano frontale.

DERIVAZIONI PRECORDIALI, indicate dalla lettera V seguita da un numero. Sono unipolari, con il polo negativo collegato con il central-terminal e il polo positivo nella superficie del torace.

V1 : IV spazio intercostale parasternale destro

V2: IV spazio intercostale parasternale sinistro

V3: a metà strada tra i primi due

V4: V spazio intercostale sulla emiclaveare sinistra

V5: V spazio intercostale sulla ascellare anteriore

V6: V spazio intercostale sulla ascellare media.

RIASSUMENDO

Il vettore cardiaco in ogni istante influenza il potenziale elettrico nel corpo umano.

L'ECG registra in ogni derivazione la differenza di potenziale uguale alla proiezione che il vettore dà sull'asse della derivazione.

Ogni derivazione registra un valore diverso.

Per una valutazione clinica approssimativa basta ricordare che:

- 1- Una deflessione positiva in una derivazione indica che il vettore è verso l'elettrodo esploratore nelle unipolari o verso quello positivo nelle bipolari
- 2- Una deflessione negativa in una derivazione indica che il vettore è diretto in senso opposto all'elettrodo esploratore o verso l'elettrodo negativo nelle bipolari
- 3- Il voltaggio (l'altezza della deflessione) è tanto più alto quanto il vettore è parallelo all'asse della derivazione. È invece 0 quando è perpendicolare ad esso.

ECG NORMALE

Il tracciato ECG in ogni derivazione è costituito da una serie di **onde** positive o negative intervallate da in cui la penna è sulla isolettrica (assenza di attività elettrica registrabile), che corrispondono ai vari vettori di ampiezza e orientamento diversi.

Il tracciato appare diverso nelle diverse derivazioni, dal momento che l'elettrodo positivo (o l'elettrodo esploratore) sono posti in posizioni diverse nelle singole derivazioni; per cui nelle derivazioni con asse simili avranno tracciati simili es. D1 e aVL ecc.)

Nella interpretazione clinica l'esattezza matematica non ha molta importanza data la grande variabilità individuale, clinicamente hanno importanza le variazioni molto vistose rispetto alla media.

Vi sono delle regole di base valide per ogni tracciato :

- L'ECG misura le differenze di potenziale esistenti tra 2 punti in vari istanti (poniamo tra A e B)
- In a : la differenza di potenziale tra A e B è =0 (tracciato sulla isolettrica)
- In b : potenziale di A > B deflessione POSITIVA
- In c : potenziale di A < B deflessione NEGATIVA
- In c : A e B tornano ad avere lo stesso potenziale di partenza (Isolettrica)

Noemenclatura ECG

Onda P : attivazione atriale

Intervallo PR o PQ dall'inizio della P all'inizio del QRS

QRS : complesso delle deflessioni determinate dalla depolarizzazione dei ventricoli. Dove viene denominata **onda Q (q)** l'onda negativa che precede un'onda positiva; viene **chiamata R** un'onda Positiva (R1 se più di una onda positiva); viene **chiamata S** ogni onda negativa che segue una positiva (S1 se segue R1) si indicano con la lettera maiuscolo se hanno voltaggio alto (4-5mm) con la lettera minuscola se voltaggio basso.

Tratto S-T dalla fine della S all'inizio dell'onda T (considerando la derivazione in cui è più lungo (D1,D2,D3)

Onda T determinata dalla ripolarizzazione dei ventricoli

Onda U Incostante e di incerto significato.

L'eccitazione cardiaca parte dal nodo del seno atriale (questo non da segni visibile nel tracciato) dopo di che la depolarizzazione si diffonde agli atri (prima l'atrio destro poi il sinistro).

Questo processo dura 0,08 – 0,1 sec. Sull'ECG è rappresentato dall'**onda P** (onda piccola e arrotondata) che esprime Vettori con asse verso sinistra verso il basso e in avanti, per cui sarà **POSITIVA** in tutte le derivazioni che hanno il polo positivo a sinistra in basso e in avanti (D1,D2, e aVF, V1, V2, V3) ; sarà **NEGATIVA** in aVR ; sarà **variabile** (positiva, negativa o nulla) in aVL,D3,V4,V5,V6,

Il voltaggio di P non è mai > 2 mm

Attivati gli atri l'attivazione passa al nodo atrio-ventricolare (a bassa velocità di conduzione) qui l'attività elettrica è troppo bassa per essere registrata per l'ECG ritorna sulla isoelettrica: il tratto che dalla fine della onda atriale (P) e l'inizio della depolarizzazione ventricolare (QRS)è detto tratto PR o PQ è molto importante mediante dura 0,12-0,20 sec..

Quando l'eccitazione passa al fascio di HIS, le sue branche e le fibre di Purkinje e dalla zona sottoendocardica ai ventricoli , l'ECG registra onde espressione dell'attività elettrica ventricolare che essendo intensa mostrerà voltaggio molto alti: nel loro insieme costituiscono il complesso QRS con morfologie diverse a seconda delle derivazioni, ma che dura da 0,08 sec a un massimo di 0,12 sec.

Che possiamo riassumere in modo analitico

- 1) La zona del ventricolo che si depolarizza per prima è la faccia sinistra del setto interventricolare quindi si approfonda alla faccia destra del setto (normalmente in situ il setto è a parallelo su piano frontale con il ventricolo destro in avanti e il ventricolo sinistro dietro.. Quindi i primi vettori sono rivolti in avanti e a destra provocandouna deflessione negativa (onda q) in D1,aVL,V5,V6) e una onda positiva (r) in V1 e V2 nelle altre derivazioni è variabile. A brevissima distanza inizia l'attivazione del setto da destra a sinistra(branca destra di

Questa onda viene sopraffatta dalla eccitazione della parte media e inferiore del setto. Da destra verso sinistra e in avanti che dura 0,02 sec.

- 2) Dopo questi 0,02 sec inizia la massiccia depolarizzazione delle pareti dei ventricoli (dall'endocardio all'epicardio, prima verso la punta poi verso la base. Sono interessati contemporaneamente il ventricolo destro e il sinistro ma dato che la massa del sinistro è molto maggiore i vettori sono rivolti verso sinistra, indietro e leggermente verso il basso, quindi avremo : grosse onde R in D1, aVF, V₅, V₆. Onde S in V₁, V₂, e aVR, Variabili in D3. **La durata : 0,04 sec.**
- 3) Finita la depolarizzazione ventricolare inizia la ripolarizzazione che avviene più lentamente ed è riferibile a un vettore risultante (in ogni momento ci sono zone ripolarizzate e zone ancora depolarizzate) la ripolarizzazione avviene dal sotto epicardio al sottoendocardio. In queste regioni i vettori vanno dall'epicardio all'endocardio, per questo motivo l'onda risultante è positiva e in genere concordante con il QRS
- 4) Dopo il QRS vi è un tratto di isoelettrica (superiore > 1mm) detto tratto S-T che è seguito da un'onda T (positiva) con una branca ascendente meno ripida della terminale. L'onda T è positiva in D1, D2, aVF, V₃, V₄, V₅, V₆. Spesso, ma non sempre, negativa in V₁ e V₂, sempre negativa in aVR. L'intervallo Q-T (tra l'inizio del complesso QRS e la fine della T) ha una durata correlata con la frequenza cardiaca: per una frequenza di 70/min esso è tra 0,36 +/- 0,04 sec.