

14. ALTERAZIONI MORFOLOGICHE

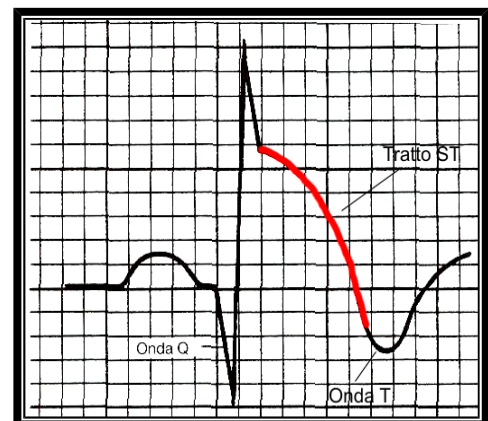
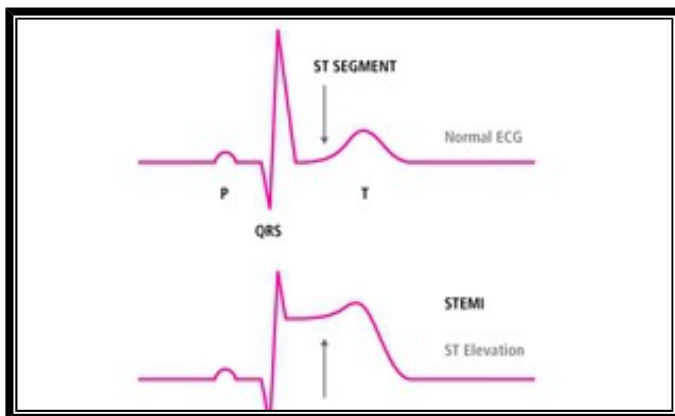
14.1 Ischemia e infarto miocardico

L'infarto miocardico e l'ischemia, sono caratterizzati da anomalie elettrocardiografiche che riguardano tre parti dell'ECG: le onde Q, i segmenti ST e le onde T.

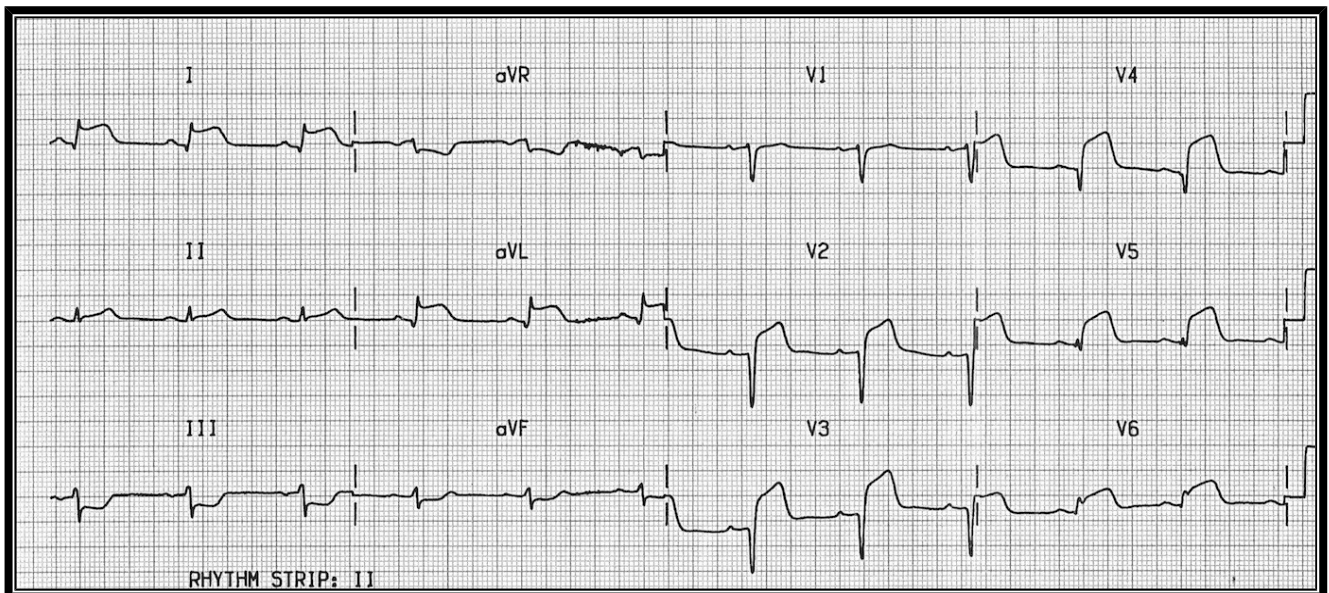
In relazione a queste modificazioni si parlerà di onde di lesione, di necrosi e di ischemia.

14.1.1 Onde di lesione

Si tratta del soprasslivellamento del segmento ST, modificazione che viene osservata molto spesso negli stadi iniziali dell'infarto miocardico acuto (STEMI) dovuto all'occlusione di una arteria coronaria. Proprio perché tale alterazione si verifica in fase iniziale di un IMA è molto importante riconoscerla per poter intervenire tempestivamente e riaprire il vaso responsabile tramite una PTCA primaria.



Tale soprasslivellamento del tratto ST deve essere \geq di 1 mm in due o più derivazioni periferiche contigue (2mm in V1-V3). Nelle derivazioni opposte si registrerà un sottoslivellamento "speculare".

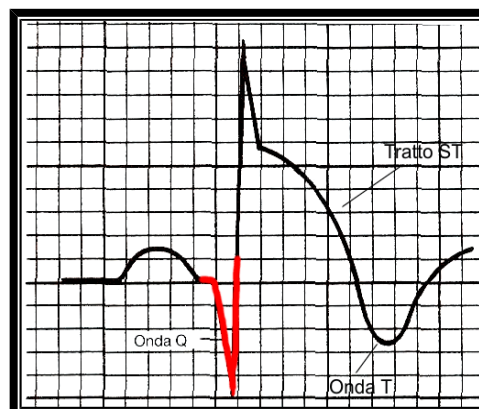


In questo esempio abbiamo il segmento ST sopraslivellato nelle derivazioni anteriori (V2-V4) e laterali (I aVL e V5 V6) con sottoslivellamento reciproco in III e aVF. Sono inoltre presenti onde Q prominenti in V2-V4.

14.1.2 Onde di necrosi

Le onde Q sono onde di necrosi.

Nel miocardio infartuato, il tessuto necrotico non produce potenziale d'azione, pertanto nessuna forza elettrica o forze elettriche ridotte si dirigono verso l'elettrodo soprastante la zona infartuata. In questo caso, un'attività elettrica di maggiore entità, relativa alla parete opposta non infartuata, si allontana dall'elettrodo registrando quindi forze negative che producono un'ampia onda Q.



Le dimensioni delle onde Q settali “non significative” e delle onde Q dovute ad un infarto miocardico, quindi “significative”, possono variare da soggetto a soggetto e non esiste nessuna autorità riconosciuta che ne fissi gli standard per l'interpretazione. Il criterio più comunemente usato per valutare il significato di un'onda Q ai fini diagnostici di un infarto miocardico è una durata (larghezza) \geq di 0,04sec e

un'ampiezza (profondità) $> 0 =$ di $\frac{1}{4}$ dell'onda R nella stessa derivazione.
 Da studi epidemiologici condotti in America si sono estrapolati dei criteri concernenti l'interpretazione dell'onda Q:

- Le onde Q non sono mai significative nella derivazione aVR;
- Le onde Q presenti solo in V1 sono ignorate;
- Le onde Q nella derivazione III sono ignorate se non coesistono alterazioni nelle altre derivazioni inferiori (aVF e II);
- Le onde Q associate ad alterazioni del segmento ST o dell'onda T nella stessa derivazione tendono ad essere più attendibili per la diagnosi di infarto miocardico delle onde Q non associate ad anomalie dell'ST-T.

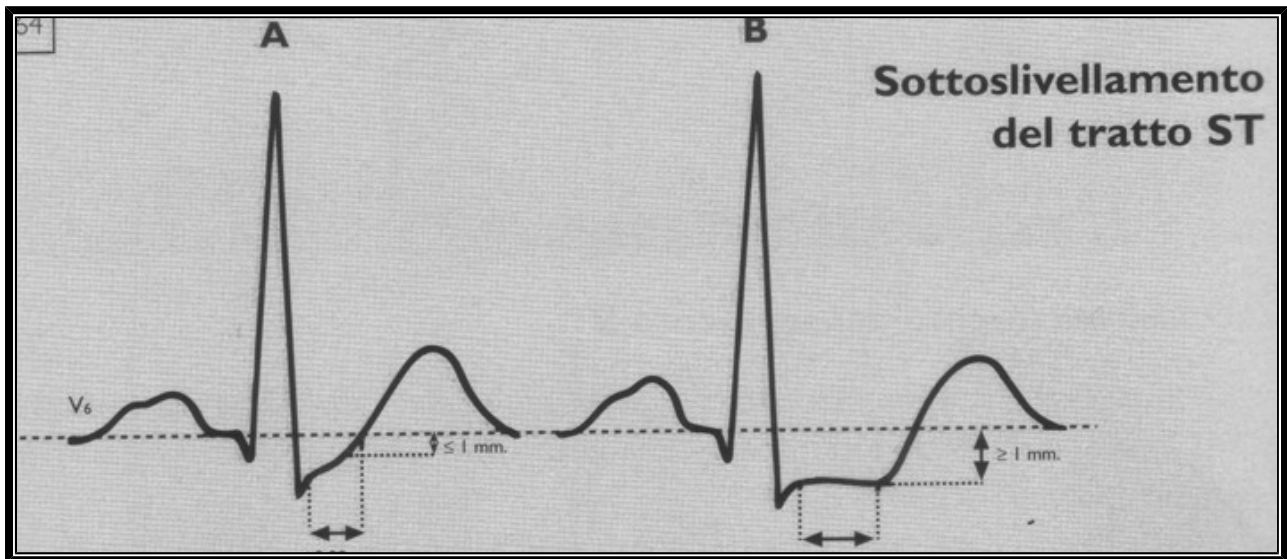
Altro criterio è il quadro definito “scarso incremento dell'onda R”: le onde R, piccole in V1 e V2 aumentano normalmente di ampiezza andando verso il margine sinistro del torace, a volte nell'infarto ciò non avviene o avviene un decremento della R registrato procedendo verso sinistra (R più alta in V2 che in V3 per esempio). Si può anche riscontrare un complesso QS, cioè privo di onda R, nelle derivazioni V2 V3 V4, particolarmente se nella derivazione più a destra è presente un'onda R.

NECROSI	
ONDE Q PATOLOGICHE	ONDE R
Di durata $\geq 0,04$ ”	Perdita di voltaggio rispetto a tracciati precedenti
Altezza $\geq \frac{1}{4}$ onda R nella stessa derivazione	
Sino a complessi QS (completamente negativi) Escludendo V1, III e aVR	

14.1.3 Onde ischemiche

Sono il sottoslivellamento del tratto ST e le modificazioni delle onde T.
 Tali modificazioni per essere significative devono avvenire in concomitanza di un attacco ischemico sintomatico, questo perchè spesso sono indipendenti da un'ischemia acuta: disionie, azione di farmaci, pericarditi o cardiomiopatie. Quindi l'ECG è solo uno strumento utile alla diagnosi, ma va sempre inserito nel contesto clinico del paziente.

Il sottoslivellamento ischemico del tratto ST deve essere di almeno 1mm e deve avere una durata uguale o maggiore di 0,08 secondi (2mm) con aspetto orizzontale e/o inclinato verso il basso (discendente). Modificazioni di entità minore di 1mm o con inclinazione di tipo ascendente vanno valutati con molta prudenza, non possedendo la necessaria specificità come segni di ischemia.



Nel tracciato **A** il sottoslivellamento non è significativo perchè di tipo ascendente e perchè a 0,08sec. Non raggiunge 1mm.

La modificazione in **B** è significativa perchè di tipo discendente e perchè a 0,08sec. Supera il minimo richiesto (1mm) di profondità.

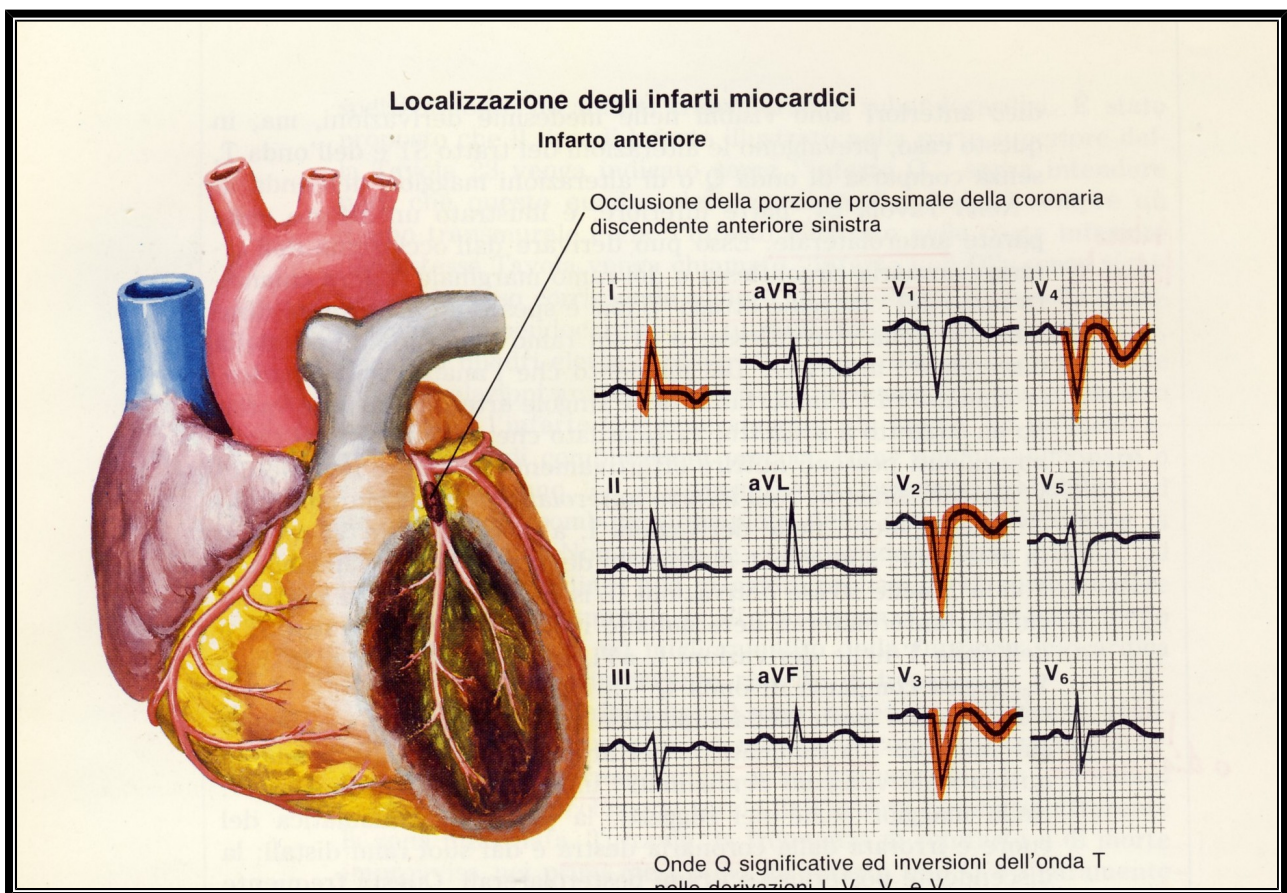
ISCHEMIA	
SOTTOSLIVELLAMENTO ST	MODIFICAZIONI ONDA T
Orizzontale (più specifico) Discendente Ascendente Deve essere ≥ 1 mm a 0,08" dalla fine del QRS	Appiattimento Difasismo Inversione

14.2 Localizzazione degli infarti miocardici

Gli infarti vengono localizzati da un punto di vista elettrocardiografico a seconda delle derivazioni coinvolte.

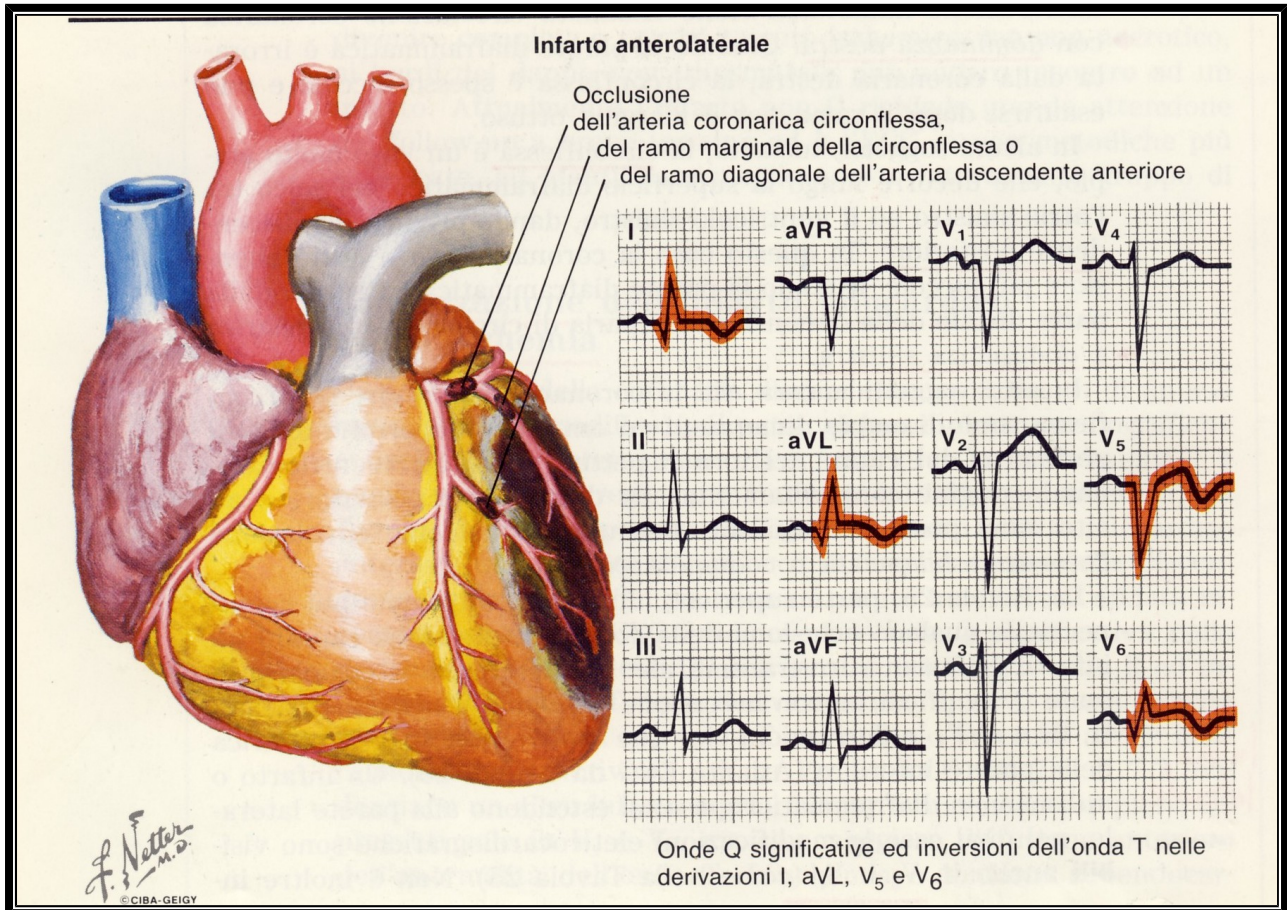
14.2.1 Infarto anteriore

La derivazione I e quelle precordiali registrano l'infarto anteriore, determinato, normalmente, dall'occlusione della discendente anteriore o IVA.



14.2.2 Infarto antero-laterale

L'infarto antero-laterale può derivare dall'occlusione dell'arteria coronaria circonflessa o del ramo marginale ("margine ottuso") che ne è una diramazione, oppure di un ramo diagonale della discendente anteriore. In questo caso si modificheranno le derivazioni I, aVL e talora V5 e V6.



14.2.3 Infarto inferiore

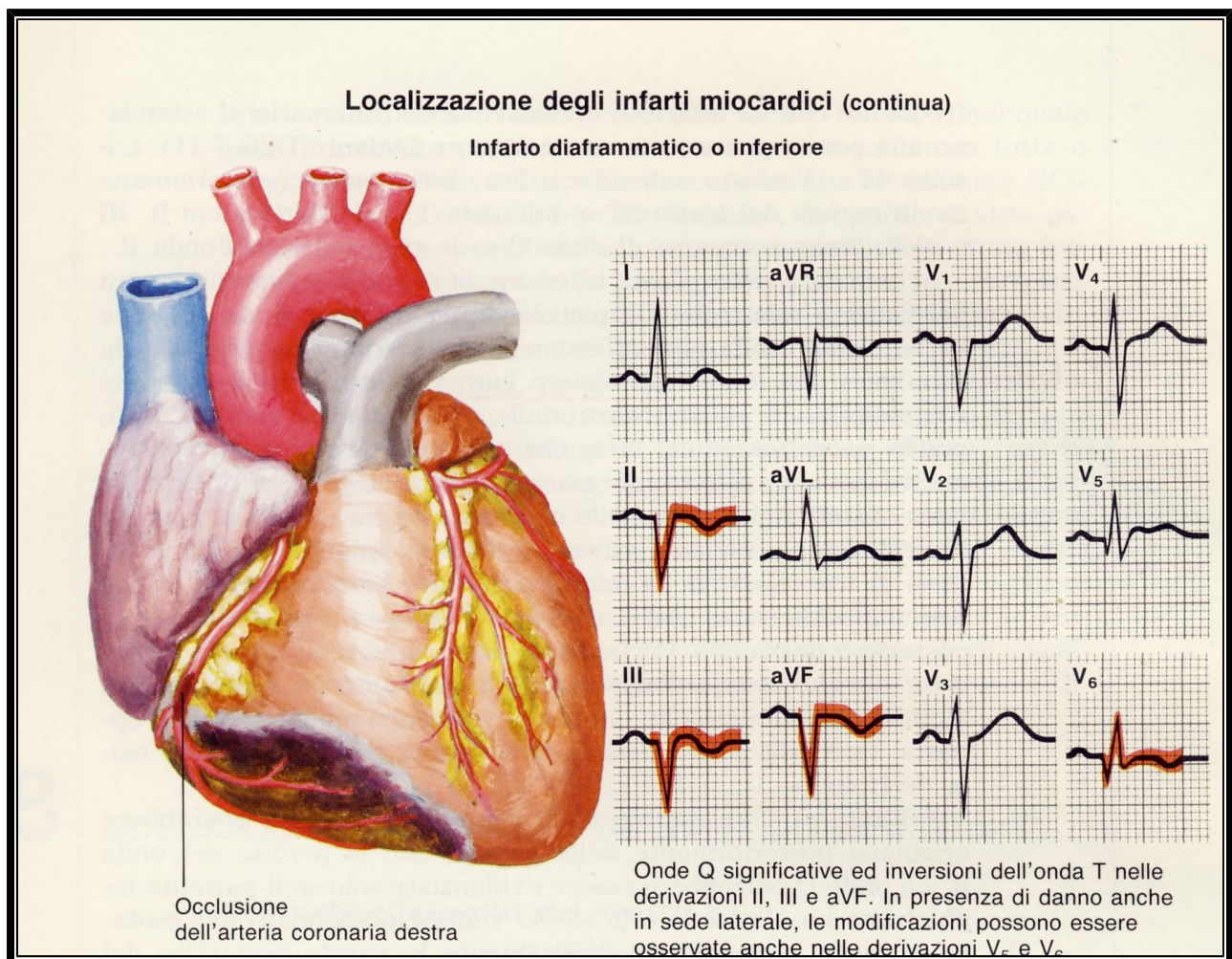
La maggiorparte della superficie inferiore del cuore appoggia sul diaframma, pertanto l'infarto in questa sede viene definito "inferiore" o "diaframmatico".

Nella gran parte dei soggetti, la parete diaframmatica del cuore è servita dalla coronaria destra e dai suoi rami distali: discendente posteriore e rami posterolaterali. In questo caso l'arteria circonflessa è spesso piccola e può terminare dopo il ramo per il margine ottuso. Questa distribuzione anatomica viene denominata dagli emodinamisti come circolazione coronarica con *dominanza destra*.

Tuttavia, in alcuni soggetti, l'arteria circonflessa è ampia, decorre nel solco tra atrio sinistro e ventricolo sinistro dando origine alla discendente posteriore. In questo caso è la coronaria destra ad essere di piccole dimensioni e gli emodinamisti definiscono questa situazione come circolazione coronarica a *dominanza sinistra*.

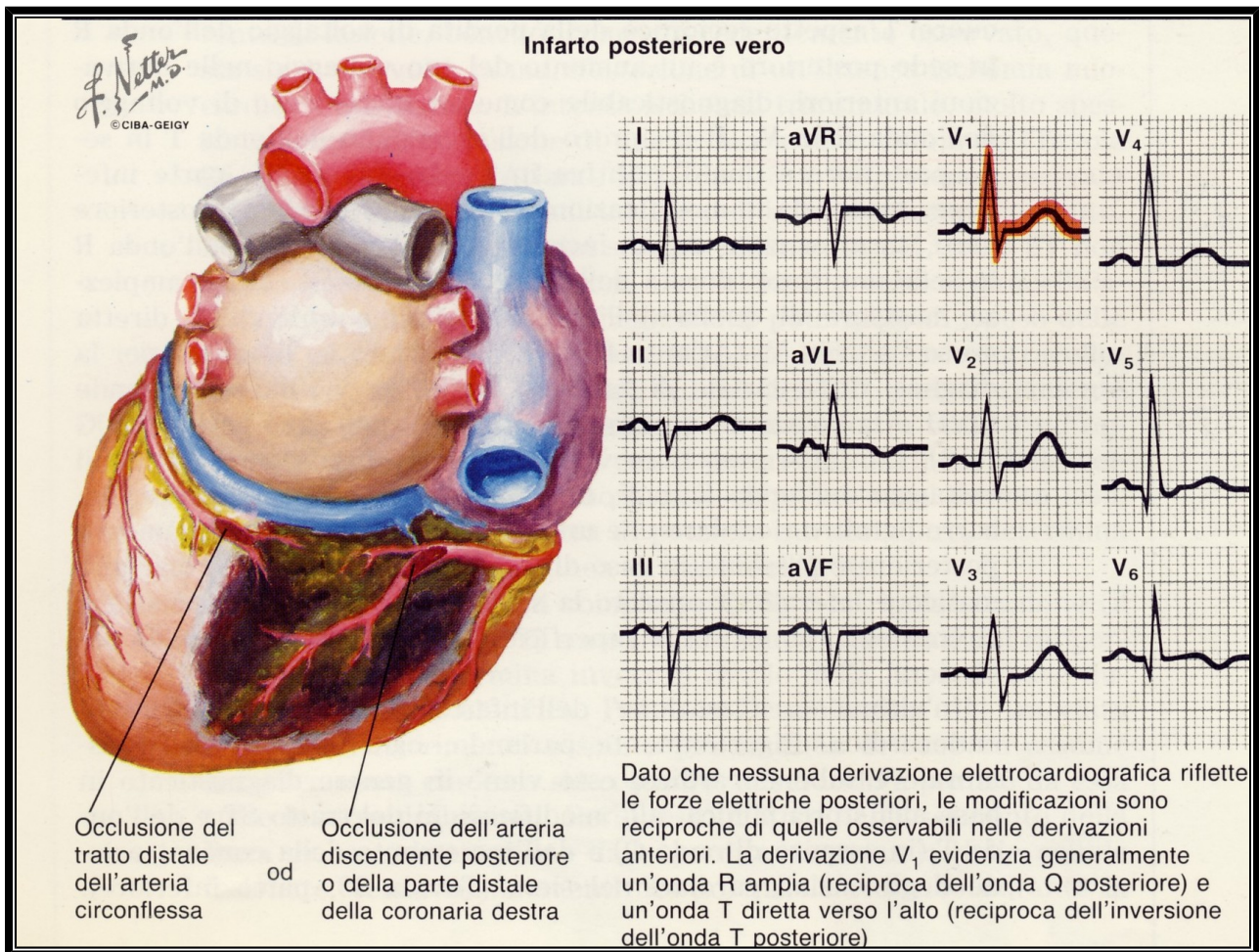
La comparsa di modificazioni dell'ECG avviene nelle derivazioni II, III e aVF, cioè quelle derivazioni che registrano l'attività elettrica della parete inferiore.

Nel caso che l'infarto inferiore si estenda alla parete laterale, le modificazioni si troveranno anche in V5 e V6. A volte si estende anche alla parete posteriore del cuore.



14.2.4 Infarto posteriore

La parete posteriore vera del cuore è relativamente piccola e può essere irrorata sia dalla parte distale della circonflessa che dalla coronaria destra (o suoi rami). In considerazione del fatto che nessuna derivazione standard dell'ECG è prospiciente alla parete posteriore del cuore, le alterazioni devono essere diagnosticate indirettamente, sulla base di alterazioni reciproche (speculari) che esse producono sulla superficie opposta (parete anteriore) e che compaiono in V1. Questo si manifesta con un incremento di voltaggio dell'onda R in V1.



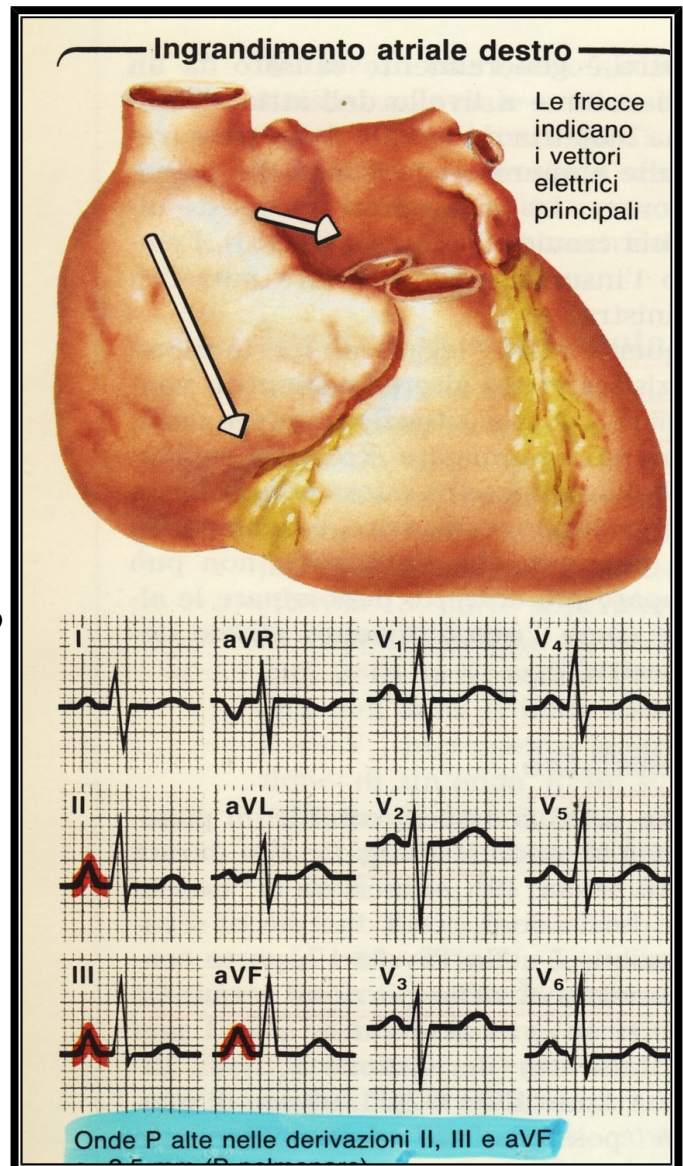
Di difficile diagnosi, occorre ricordare che un'alta probabilità di interessamento posteriore è da sospettare in caso di infarto inferiore o infero-laterale, in quanto la stessa arteria lesionata (che sia destra o circonflessa) irrori sia la superficie diaframmatica che quella posteriore.

14.3 Ipertrofia atriale destra

L'esame dell'anormalità dell'ECG inizia con l'onda P, la sua ampiezza, la sua durata e morfologia.

Nell'ingrandimento o ipertrofia atriale destra l'onda P è caratteristicamente alta e appuntita nelle derivazioni II III e aVF (il criterio abituale indica l'ampiezza superiore o uguale a 2,5mm).

E' in genere causato da un sovraccarico di pressione o di volume a livello dell'atrio destro, come avviene nella BPCO, nell'embolia polmonare, la stenosi o l'insufficienza valvolare tricuspидale. Dato che l'ipertrofia atriale destra è frequentemente legata all'ipertensione polmonare, le onde P caratteristiche vengono denominate "*P polmonari*".



Ipertrofia atriale sinistra

L'ingrandimento atriale sinistro, o ipertrofia è caratterizzata da un'onda P allargata della durata uguale o maggiore di 0,11 secondi con morfologia "a doppia gobba" con una deflessione negativa nella porzione terminale nella derivazione V1.

L'ipertrofia atriale sinistra deriva frequentemente da una stenosi o da un'insufficienza mitralica, l'onda che la caratterizza viene spesso denominata "*P mitralica*".

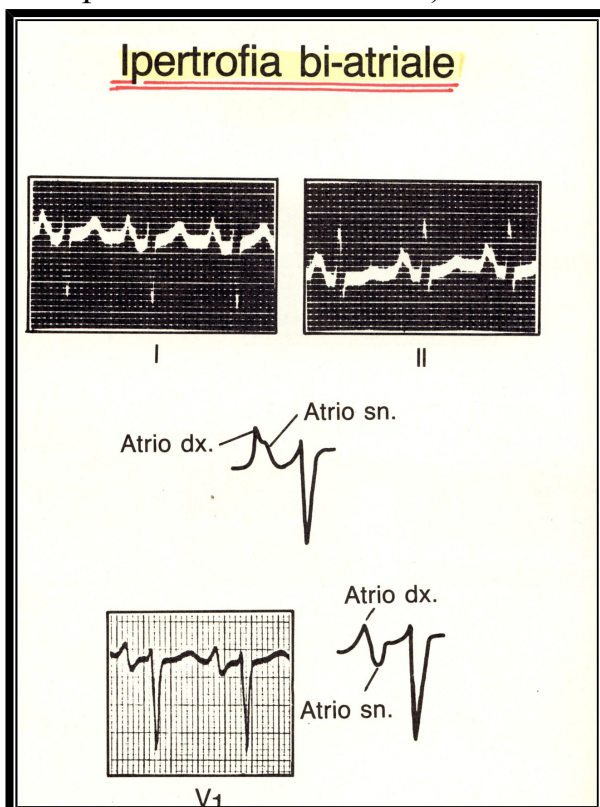
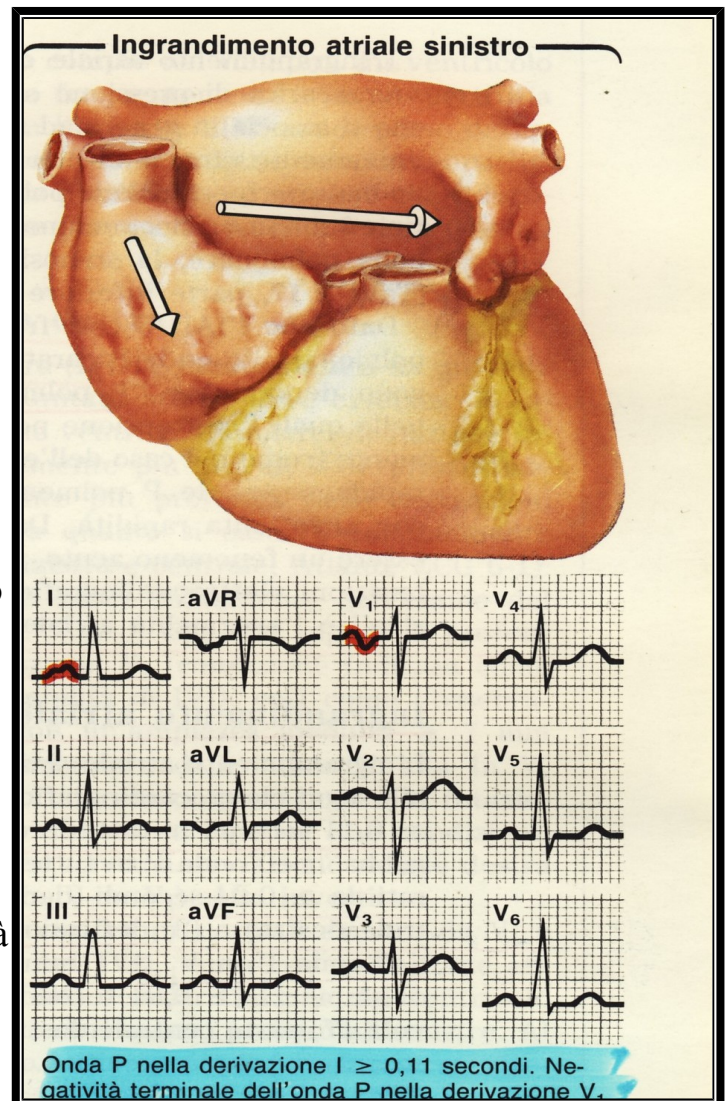
L'IAS dipende da un aumento del lavoro che l'atrio sinistro compie nel riempire un ventricolo sinistro anormale e si associa frequentemente all'ipertrofia ventricolare sinistra. Entrambe sono determinate dall'ipertensione arteriosa, da malattie valvolari aortiche, dalla cardiomiopatia ipertrofica.

14.5 Ingrossamento biatriale

L'onda P è bimodale o bifasica, presentando un incremento sia nel voltaggio, espressione dell'ingrossamento atriale destro, che della durata, per l'ingrossamento atriale sinistro.

In I e II avremo P precoce appuntita (tipica dell'ipertrofia atriale destra) e bifida (tipica dell'ipertrofia atriale sinistra).

In V1 osserviamo l'accentuata prima metà dell'onda P bifasica (tipica dell'ipertrofia atriale destra) associata alla successiva significativa negatività (tipica dell'ipertrofia atriale sinistra).



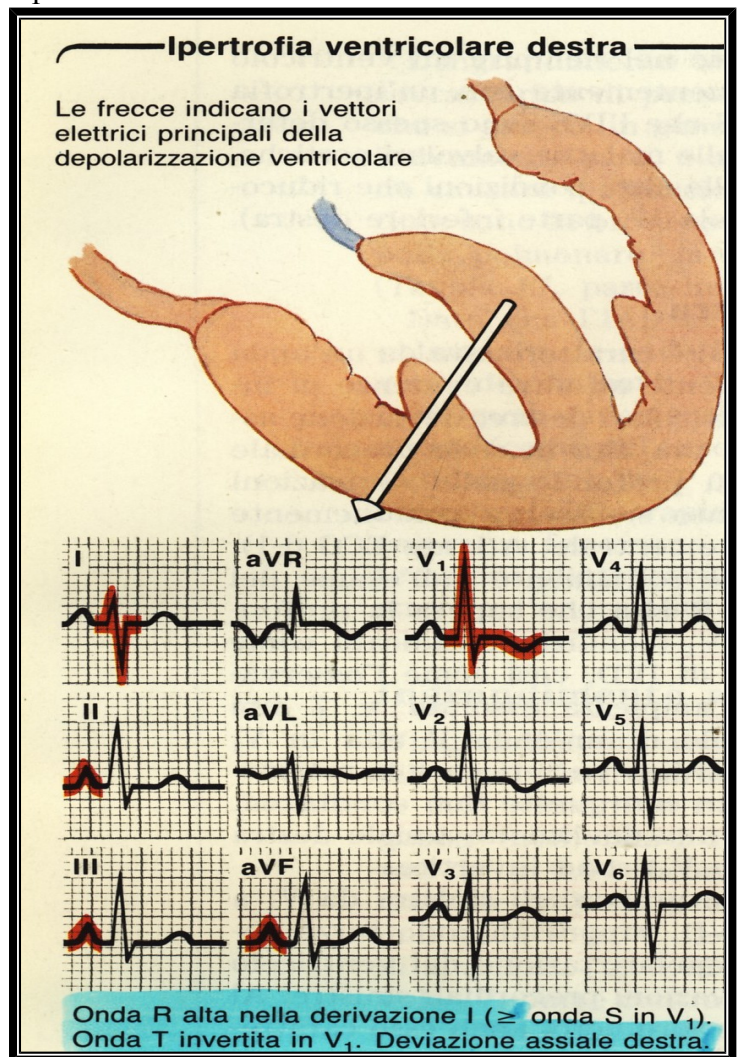
14.6 Ipertrofia ventricolare destra

L'ipertrofia ventricolare destra (IVD) la parete del ventricolo destro è particolarmente spessa così che si determina una maggiore depolarizzazione, con aumento dei vettori verso l'elettrodo positivo. Ci aspettiamo pertanto che in V1 il QRS sia più positivo che di norma e che l'onda R si riduca progressivamente dalle derivazioni toraciche destre alle sinistre..

Pertanto l'IVD è caratterizzata da un'onda R alta in V1, unitamente ad altre evidenze di incremento delle forze elettriche ventricolari destre: deviazione assiale destra, onda R più alta in sede precordiale destra e onda S profonda nelle precordiali sinistre (da V4 a V6).

Il sospetto dell'IVD nasce quando si osserva una R alta che supera la profondità della S in V1 o quando ci troviamo di fronte una R in V1 con ampiezza assoluta $> 0,70\text{mV}$.

L'IVD è determinata da alterazioni della valvola polmonare e dalle condizioni che causano ipertensione polmonare (BPCO, embolia polmonare) o a diverse patologie congenite che inducono a livello del ventricolo destro un sovraccarico di pressione o di volume.



14.7 Ipertrofia ventricolare sinistra

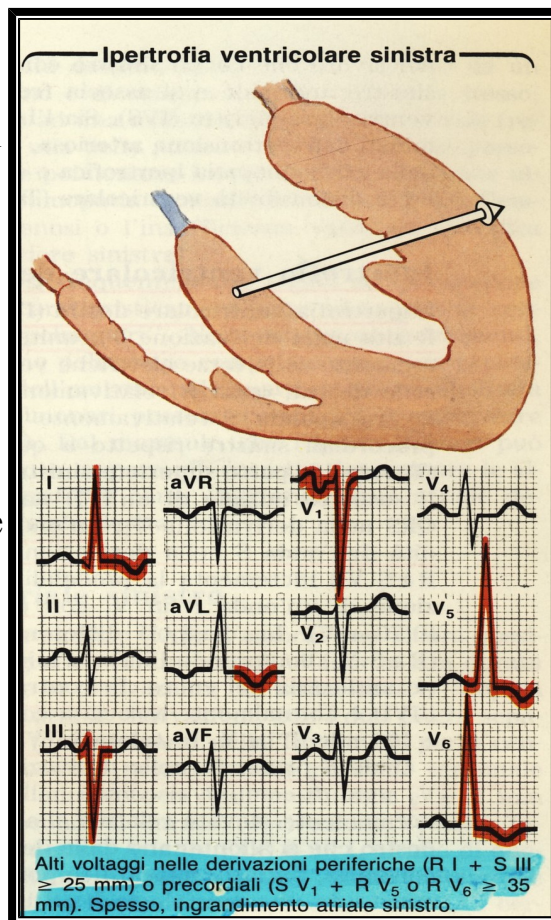
Nell'ipertensione ventricolare sinistra (IVS) la parete ventricolare è più inspessita della norma e pertanto le derivazioni sinistre presentano QRS di alto voltaggio in particolare nelle derivazioni toraciche.

Attualmente con la disponibilità dell'ecocardiografia (che permette di misurare direttamente gli spessori parietali e i diametri delle cavità, quindi è certamente più specifico nella diagnosi di ipertrofia), del cateterismo cardiaco, esistono altri criteri oltre quelli elettrocardiografici per determinare l'ipertrofia ventricolare sinistra. Per quello che riguarda l'ECG si applicano i seguenti cinque criteri standard:

1. Incremento dei voltaggi del QRS nelle derivazioni periferiche: onda R in I più

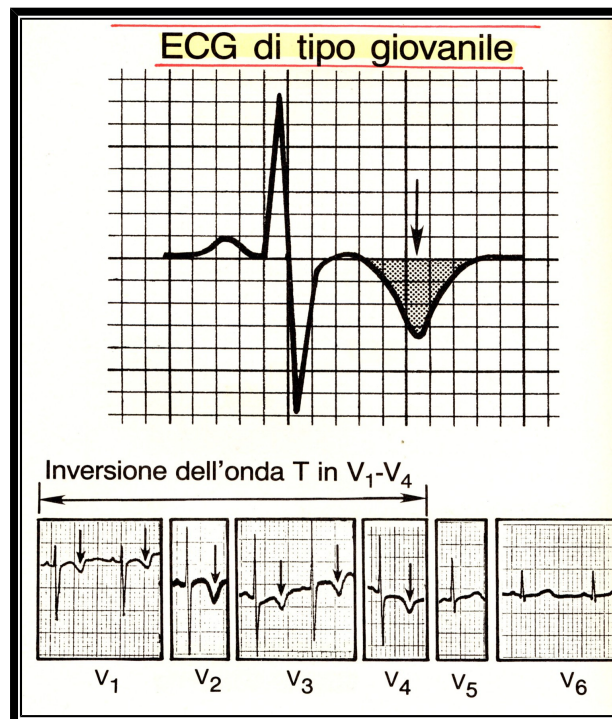
- onda S in III $> 0 = 25\text{mm}$ (2,5mV);
- Incremento di voltaggio nelle derivazioni precordiali: onda S in V1 più onda R V5 e V6 $> 0 = 35\text{mm}$ (3,5mV). Applicabile nei soggetti sopra i 40 anni.
 - Anormalità del tratto ST e dell'onda T: ST sottoslivellato e appiattimento o inversione dell'onda T nelle derivazioni sinistre
 - Anormalità atriale sinistra: l'atrio sinistro è la prima cavità che si dilata quando vi è una IVS.
 - Deviazione assiale sinistra (tra +30 e -30).

L'IVS è causata da ipertensione arteriosa, da stenosi o insufficienza della valvola aortica, insufficienza mitralica.



14.8 ECG di tipo giovanile

Nei giovani, ma anche in soggetti in buona salute sui 30 anni, di frequente, le onde T diventano negative in V1, V2 e V3, a volte anche in V4. Questo fatto sottolinea che l'ECG non andrebbe letto senza conoscere l'età del paziente, né tanto meno senza le informazioni cliniche pertinenti.



14.9 Effetto digitalico

La digitale è nota da tempo per i suoi effetti sulla ripolarizzazione ventricolare. Le classiche alterazioni prodotte da tale farmaco vengono descritte in vari modi come *scodellamento*, *colpo di pennello*, *sottoslivellamento concavo*, tutte comunque note come effetto digitalico, consistente in una deflessione inferiore del tratto ST.



14.10 Ripolarizzazione precoce

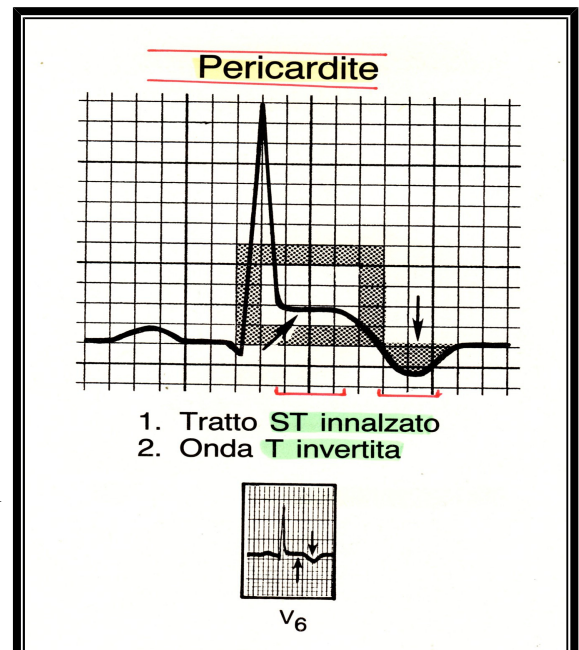
Una comune variante della ripolarizzazione, osservabile nei giovani, è un sopraslivellamento del tratto ST con onde T alte, con in

particolare l'elevazione della giunzione QRS-ST (punto J); questo aspetto non è considerato patologico ed è noto come ripolarizzazione precoce. E' importante saper distinguere la ripolarizzazione precoce da altre cause, patologiche, di slivellamento del tratto ST, in particolare la pericardite, ma ancor di più l'infarto miocardico (STEMI).



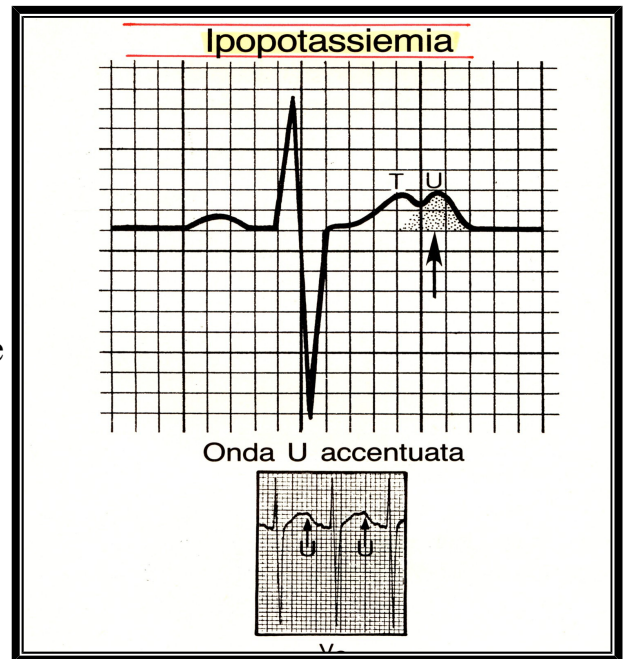
14.11 Pericardite

Le alterazioni della ripolarizzazione sono frequenti nei pazienti con pericardite, sovente sono interessati sia il tratto ST (sopraslivellato) che l'onda T (invertita). In questo caso è necessaria una precisa correlazione con il quadro clinico, poiché le alterazioni osservabili possono essere indistinguibili da quelle di un paziente con infarto miocardico.

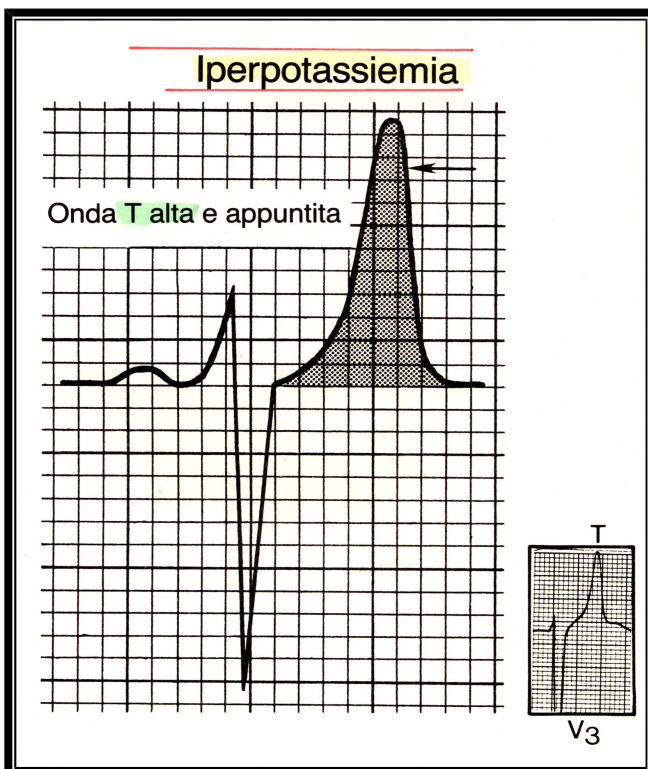


14.12 Ipotassiemia

L'ipopotassiemia può produrre evidenti alterazioni dell'ECG, come un sottoslivellamento del tratto ST, un appiattimento della T e la comparsa o accentuazione dell'onda U: quest'ultima è la deflessione che segue l'onda T. Controlli elettrocardiografici ravvicinati di un paziente durante la correzione dell'ipopotassiemia, mostreranno un graduale aumento delle T con la scomparsa dell'U.



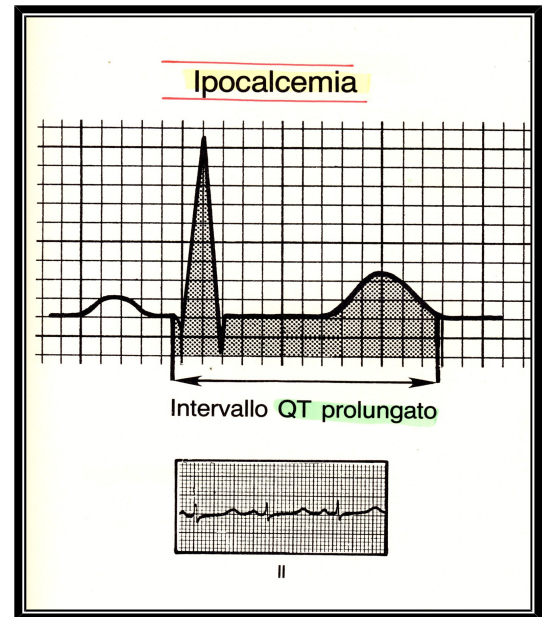
14.13 Iperpotassiemia



La comparsa di un'onda T alta e appuntita, è invece la manifestazione di iperpotassiemia. Con l'aumentare dei livelli ematici di potassio, l'intervallo PR si allunga e aumenta la durata del QRS, nei casi estremi può insorgere una FV.

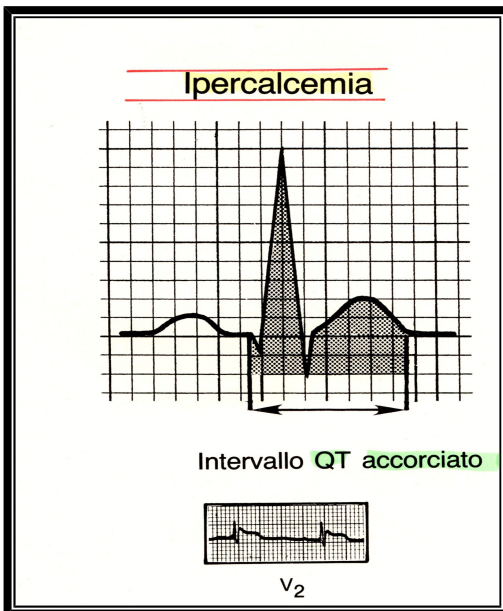
14.14 Ipocalcemia

In un paziente con bassi livelli sierici di calcio, l'intervallo QT può essere molto prolungato



14.15 Ipercalcemia

L'ipercalcemia è sovente rappresentata elettrocardiograficamente da un intervallo QT accorciato.

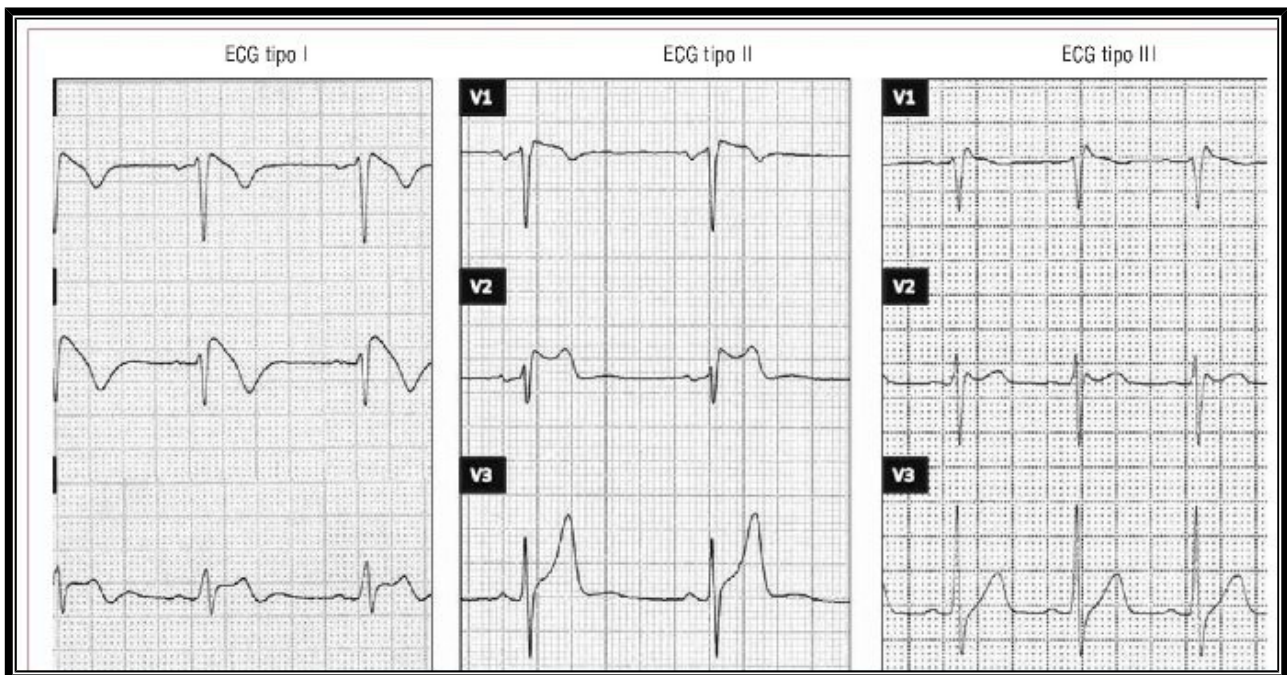


14.16 Sindrome di Brugada

La **sindrome di Brugada** è una patologia cardiaca con disturbi dell'attività elettrica del cuore in assenza di difetti evidenti del miocardio: il reperto elettrocardiografico è caratterizzato da un blocco di branca destra, e sopraslivellamento del tratto ST nelle derivazioni precordiali destre. È un'alterazione dei canali ionici del sodio (Na⁺), spesso familiare, che si associa a fibrillazione ventricolare e morte cardiaca improvvisa. La profilassi delle aritmie fatali implica l'impianto di un defibrillatore cardiaco impiantabile per il trattamento immediato dell'arresto cardiaco.

La sindrome di Brugada presenta abitualmente 3 differenti espressioni ECG:

- Il *tipo 1* è il cosiddetto "sopraslivellamento del tratto ST *coved type*", con un sopraelevamento del punto J di almeno 2 mm ed una graduale discesa del segmento ST ed un'onda T negativa in V1 e V2. Nelle derivazioni leads V1-V3 si presenta simile ad un blocco di branca destra. Diversamente da un vero BBD, l'onda S nelle derivazioni precordiali di sinistra è assente, o presenta un'ampiezza notevolmente inferiore rispetto all'onda J delle derivazioni precordiali destre. Un allungamento dell'intervallo PR è un altro reperto frequente, unitamente ad una deviazione assiale sinistra.
- Il *tipo 2* presenta un sopraelevamento del punto J di almeno 2 mm ed un sopraslivellamento del tratto ST di almeno 1 mm con un'onda T positiva o bifasica. Il tipo 2 può essere osservato anche in soggetti altrimenti sani.
- Il *tipo 3* presenta un sopraelevamento del punto J di meno di 2 mm, un sopraslivellamento del tratto ST di meno di 1 mm ed un'onda T positiva. Il tipo 3 non è affatto infrequente in soggetti sani, ed è abitualmente ritenuto totalmente aspecifico in assenza di conversione spontanea nel tipo 1.



Secondo un documento redatto di recente da un gruppo di esperti, il sopraslivellamento del tratto ST di tipo 1 spontaneo o indotto mediante somministrazione di ajmalina o flecainide è considerato diagnostico. I tipi 2 e 3 possono sollevare il sospetto ma il test farmacologico è richiesto per confermare la diagnosi.