

Presentazione

Benvenuti nell'affascinante mondo dell'elettrocardiografia pediatrica! Siete all'inizio di un percorso che, attraverso i battiti del cuore dei nostri piccoli pazienti, vi svelerà segreti e vi porrà sfide stimolanti.

È con grande entusiasmo che mi accingo a presentare questo libro, rivolto prevalentemente a neonatologi e pediatri, ma anche a cardiologi, pediatri di famiglia, medici di pronto soccorso, del 118, dello sport e della guardia medica. Questo lavoro è il frutto di tanti anni di esperienza e di oltre 120 corsi ECG effettuati, che mi hanno permesso di affinarne e perfezionarne i contenuti.

Mi sono posto l'obiettivo di realizzare un libro innovativo, nella sua presentazione e nella sua fruibilità, adatto sia a professionisti esperti che a colleghi che si avvicinano per la prima volta a questa avvincente disciplina.

L'attenzione dedicata alla grafica è stata minuziosa. Ricche iconografie, inserite strategicamente per agevolare la comprensione dei passaggi più complessi, renderanno la lettura un'esperienza visiva stimolante.

Ho voluto proporre una modalità didattica coinvolgente, che porti il lettore a immergersi in questo mondo con curiosità. Al termine di ogni capitolo troverete "Focus di approfondimento" e "Key Points" che vi permetteranno di cogliere gli aspetti fondamentali e le ultime novità di questo settore in continua evoluzione.

Ma non mi sono limitato solo alla teoria: una parte pratica estremamente ricca ed interattiva vi attende alla fine del testo. Attraverso casi clinici, quiz a risposta multipla ed elettrocardiogrammi tratti da situazioni cliniche reali, vi guiderò nel corretto approccio alla refertazione. Troverete ECG aperti, da descrivere utilizzando il modello di refertazione presente e le cui soluzioni sono disponibili nel supplemento digitale.

Nella versione digitale di questo libro scoprirete un vero e proprio tesoro di conoscenze aggiuntive. Ho raccolto e messo a vostra disposizione i PDF di oltre cento lavori, meticolosamente selezionati tra i più recenti e significativi, pubblicati sulle riviste più prestigiose. Si trovano nei "Consigli per approfondire", presenti alla fine di ogni capitolo, e saranno integralmente disponibili nelle risorse online, accessibili mediante QR code. Questo consentirà di sviscerare gli argomenti che hanno suscitato in voi maggiore interesse.

*Ogni pagina è stata scritta con cura, impegno e passione. Spero, con tutto il **Cuore**, che questo libro possa diventare il vostro fidato compagno di viaggio per tanti anni. Non mi resta che augurarvi: buona lettura!*

Francesco De Luca

P.s. emozionale

Caro Lettore, lascia che ti spieghi perché ho deciso di includere delle bellissime rappresentazioni dello Stretto di Messina, in un libro di elettrocardiografia pediatrica.

Prima di tutto, io vengo da Messina ed anche se vivo a Catania da oltre 20 anni, il panorama meraviglioso dello Stretto resterà per sempre impresso nella mia mente.

Ma c'è anche un altro motivo dietro questa scelta. Ho voluto giocare con l'idea di essere come un capitano che guida i propri lettori attraverso le acque procellose dell'elettrocardiografia, un campo affascinante, ma che può sembrare ostico. Ho pensato che queste immagini potessero fungere da faro che illumina il cammino e aiuta a navigare tra concetti complessi. Non è casuale la scelta della copertina del libro! Le immagini del mare, con le sue infinite sfumature di blu e il suo senso di calma e tranquillità, trasmettono una sensazione di serenità e sollecitano la mente ad aprirsi a nuove conoscenze, senza paura. E, sebbene possano sembrare fuori luogo in un libro così tecnico, voglio immaginare che sia proprio questa inaspettata combinazione a renderle memorabili.

Mi piacerebbe che i lettori si sentissero accompagnati in un cammino speciale, alla fine del quale abbiano sì imparato molto, ma anche amato il piacere della traversata. La profondità e la saggezza degli "Intermezzi" proposti nelle pagine blu, come il mare, ci mostreranno una strada in cui ogni passo può avere significato e insegnare qualcosa. Spero sia quello che possa accadere anche a te. A me è accaduto! Buon viaggio.

N.B.: *Le immagini, raffiguranti lo Stretto di Messina, sono state generate da Fausto Ciccì (che ringrazio moltissimo per la disponibilità), utilizzando la tecnologia DALL-E di OpenAI, nello stile di vari celebri pittori.*

Prefazione

Scrivere un libro di elettrocardiografia nel 2023 con la possibilità di incorrere nel rischio di essere ripetitivo, considerata la numerosità della precedente editoria sull'argomento, deve aver procurato all'Autore notti insonni... «ma devo proprio farlo? Non sarà uno sforzo enorme e inutile, destinato a finire in un flop?» Non so se ciò sia veramente passato nella mente dell'Autore, mio grande amico, ma voglio immediatamente rassicurarlo: caro Francesco, ne è valsa la pena senza alcun dubbio! L'opera è assolutamente valida, destinata a un grande successo, per i vari motivi che cercherò di descrivere. Il contenuto è completo, esaustivo, ma nello stesso tempo di facile comprensione, scritto con stile chiaro, immediato e attrattivo. L'approccio metodologico per insegnare l'elettrocardiografia pediatrica è chiaro e incisivo, partendo dai "fondamentali" di come posizionare gli elettrodi fino all'interpretazione delle aritmie più complesse. Il modo di presentare i vari tracciati elettrocardiografici correlandoli spesso a grafici di grande chiarezza, rende assai più facilmente comprensibile quale sia l'alterazione anatomica del cuore che corrisponde al tracciato elettrocardiografico. Il frequente richiamo a situazioni concrete di "pazienti reali" e non di "patologie cardiache", rivela quanto profonda e vasta sia l'esperienza clinica dell'Autore. I casi clinici presentati, unitamente ai quiz a risposta multipla completano in modo efficace il valore didattico e, in un certo modo, lanciano un messaggio gratificante di "autocertificazione" del lettore che ha risposto in maniera corretta ai quiz!

Le immagini "marine" e le frasi di grandi personaggi che accompagnano ogni capitolo trasmettono una sensazione di pace spirituale e nello stesso tempo uno stimolo ad "andare avanti", a esplorare nuovi orizzonti.

Al termine di ogni capitolo il lettore non vede l'ora di iniziare il successivo, come fosse un romanzo che lo appassiona sempre più man mano che ne prosegue la lettura. La bellissima grafica che accompagna il testo sottolinea l'originalità dell'opera, ben lungi dall'apparire come una serie di informazioni tecniche, aride, come quelle che uno studente è costretto ad imparare di malavoglia, spinto solo dal senso del dovere di conoscere qualcosa che sa, comunque, essere importante. L'impressione del lettore è invece quella di intraprendere un lungo viaggio, talvolta irto di ostacoli e insidie da superare, ma con la determinazione di giungere alla meta. Non sfugge la similitudine con il viaggio di Enea, che l'Autore menziona, non potendo nascondere la sua profonda cultura umanistica, che "impregna" il testo e ne esprime una caratteristica del tutto originale e inusuale in un'opera "scientifica".

Mario Carminati

*Direttore Cardiologia Pediatrica e Cardiopatie congenite dell'Adulto
IRCCS Policlinico San Donato, Milano*



Prefazione

È per me un grande onore e piacere presentare questo pregevole libro del Prof. Francesco De Luca, collega di grande umanità e sapienza, oltre che di indiscusso valore clinico e scientifico.

L'elettrocardiografia pediatrica è notoriamente un argomento vasto e complesso, addirittura ostico per molti, ma in questo testo l'Autore è riuscito a renderlo accessibile, attraverso una modalità interattiva con casi clinici reali, quiz stimolanti, una ricca iconografia e un vero e proprio tesoro bibliografico.

Ogni pagina dimostra grande competenza, esperienza e passione, quelle di una vita dedicata ai bambini, in particolare ai piccoli affetti da cardiopatia. Ogni pagina, lo si percepisce, è stata scritta con una cura e una precisione tale da rendere questo volume un riferimento imprescindibile per la materia.

Oltre al pregio scientifico, inoltre, la veste grafica efficace ed attraente offre un "di più", una vera "chicca emozionale" inaspettata, includendo, alla fine dei capitoli, varie immagini dello Stretto di Messina create con l'intelligenza artificiale. Perché queste immagini in questo contesto, perché questi colori, perché l'uso dell'intelligenza artificiale? Il senso di queste immagini è di sollecitare la mente ad aprirsi a nuove conoscenze senza paura: "Immergersi nella tradizione con il massimo impegno e distaccarsene con il massimo coraggio", come ha scritto Li Keran.

Credo che questo sia il cammino percorso dal Prof. De Luca, sempre disposto a ricercare e sperimentare, non solo in campo scientifico, ma anche nella comunicazione della scienza, come dimostra l'innovazione da lui portata nelle proposte congressuali. Anche questo libro è un eccellente esempio di come comunicare il sapere e siamo grati al Prof. De Luca per questo magnifico dono.

Prof. Vasilios Fanos

*Full Professor of Pediatrics University of Cagliari
Director Neonatal Intensive Care Unit, Azienda Ospedaliero Universitaria Cagliari
Director School of Pediatrics, University of Cagliari
President Italian Society Pediatric Psychology (S.I.P.Ped)
Editor in Chief Journal of Pediatric and Neonatal Individualized Medicine (JPNIM -
Open Access and peer-reviewed - www.jpnim.com),*



Prefazione

È per me un vero privilegio ed un grande piacere presentare questo libro di elettrocardiografia pediatrica del Prof. Francesco De Luca.

La cardiologia pediatrica è una delle più importanti specialità pediatriche, per l'incidenza delle patologie cardiache nei neonati, nei lattanti, nei bambini, negli adolescenti e nei giovani adulti e per lo sviluppo tumultuoso delle conoscenze avvenuto negli ultimi lustri.

L'elettrocardiografia pediatrica, in particolare, è notoriamente un argomento poco familiare per i pediatri e poco frequentato per i cardiologi, insomma una specie di terra di nessuno dalla quale ci si mantiene volentieri a debita distanza. Ma in questo testo l'Autore è riuscito a renderla facilmente accessibile, attraverso un approccio originale, estremamente innovativo, direi divertente.

Devo premettere che conosco il Prof. Francesco De Luca da molti anni. A Lui mi legano un particolare affetto e una profonda e sentita amicizia; di Francesco apprezzo in particolare la Sua generosità, la Sua passione per la didattica, il Suo senso dell'umore, la Sua disponibilità e il Suo affetto sincero.

Vi assicuro che questi sentimenti profondi, però, non influenzeranno il mio giudizio sull'opera.

Per varie ragioni, che proverò brevemente a riassumere, posso senza ombra di dubbio affermare che il mondo della pediatria trova un nuovo punto di riferimento editoriale con l'arrivo di "Elettrocardiografia Pediatrica un approccio semplificato".

Un elemento di forza è la minuziosa attenzione dedicata alla grafica. Ogni concetto è correlato da illustrazioni chiare e dettagliate, che rendono agevole la comprensione dei passaggi più complessi.

La focalizzazione sull'aggiornamento dei contenuti offerti è un altro rilevante aspetto di questa monografia. I temi trattati, frutto di una conoscenza profonda della letteratura più recente, sono proposti in maniera logica e intuitiva e la chiarezza espositiva li rende facilmente accessibili a tutti.

La quantità e la qualità di ECG presenti all'interno del libro è davvero impressionante. Ogni tipo di disturbo è esplorato in dettaglio, ciò consente di acquisire grande dimestichezza nella disciplina.

La presenza di "Focus di approfondimento" arricchisce ancor più l'esperienza di apprendimento e la parte pratica, che include Test, ECG e Casi Clinici, è un'autentica gemma di grande valore didattico. Questi esempi concreti preparano, infatti, il lettore ad affrontare le sfide reali di ogni giorno.

In sintesi, "Elettrocardiografia Pediatrica un approccio semplificato" offre una combinazione di contenuti di alta qualità, ricchezza di immagini, fruibilità e attenzione alla parte pratica che lo rendono un'opera indispensabile per studenti, specializzandi, professionisti e ricercatori. Da ogni pagina traspare chiaramente la competenza indiscussa, la serietà e la magistrale cura dell'Autore.

Prefazione

Una ultima menzione non può non riguardare la bellezza straordinaria delle immagini dello Stretto di Messina, inserite non casualmente nel testo insieme agli "Intermezzi", che rendono quest'opera veramente unica, guidando il lettore attraverso un viaggio di conoscenza affascinante.

Quando la cultura umanistica e la generosità si coniugano con il rigore scientifico, i risultati sono certamente ragguardevoli; questo libro ne è un brillante esempio.

Non possiamo che ringraziare il Prof. De Luca, il caro e fraterno amico Francesco, per l'impegno e la dedizione che ha dimostrato nel voler donare a tutti i pediatri italiani un libro di tale rilevanza e qualità. La sua generosità e la sua passione sono davvero degni della più grande ammirazione.

Francesco G. Chiarelli
Professore Ordinario di Pediatria
Università di Chieti



Indice generale

■ 1	... L'elettrocardiogramma normale	11
■ 2	... Ingrandimento delle camere cardiache	37
■ 3	... I disturbi di conduzione ventricolare	59
■ 4	... Modificazioni del QRS in durata: le preeccitazioni ventricolari	69
■ 5	... Modificazioni del tratto ST: la sindrome di Brugada	85
■ 6	... Modificazioni intervallo QT: la sindrome del QT lungo	97
■ 7	... I disturbi del ritmo cardiaco	115
■ 8	... I disturbi di conduzione atrioventricolare (AV)	147
■ 9	... Le bradicardie	155
■ 10	... Alterazioni ECG prodotte da squilibri elettrolitici	163
■ 11	... Alterazioni ECG da patologie cardiache infiammatorie	175
■ 12	... L'ECG nelle cardiopatie congenite	189
■ 13	... L'ECG negli atleti	209
■ 14	... La morte cardiaca improvvisa	227
■ 15	... Il presente e il futuro della elettrocardiografia pediatrica	241
■ 16	... Considerazioni finali	247
■	... Esercitazioni pratiche	251
■	... Legenda degli acronimi	283
■	... Indice analitico	284
■	... Note Biografiche	290
■	... Scheda refertazione da staccare	293

■	... Focus sulle fasi della ripolarizzazione ventricolare	111
■	... Focus su alterazioni dell'ST-T	184
■	... Focus Strain Pattern	202
■	... Focus Ripolarizzazione precoce	234



ELETTROCARDIOGRAFIA PEDIATRICA

UN APPROCCIO SEMPLIFICATO

*Andare per mare è come navigare verso l'ignoto, abbandonare la sicurezza delle rive
per abbracciare l'avventura e scoprire il proprio coraggio*
- Jules Verne -

L'elettrocardiogramma normale

Concetti essenziali: impariamo a conoscerli insieme

Sommario

- L'elettrocardiogramma cos'è e perché è così importante
- L'importanza di conoscere la "storia"
- Quando richiedere un ECG nel bambino
- Come si registra un ECG
- L'importanza fondamentale della "carta"
- Cosa registra un ECG?
- Analisi sequenziale dell'ECG pediatrico
- Determinare il ritmo cardiaco
- Determinare la frequenza
- Determinare l'asse elettrico cardiaco
- Il calcolo dell'asse elettrico
- Il calcolo dell'asse elettrico reso facile
- Deviazione dell'asse elettrico e significato clinico
- Determinare onde e intervalli
- Le possibili morfologie del complesso QRS: non solo una questione semantica
- A proposito di semantica, attenzione ai tranelli
- La funzione pacemaker: dove tutto ha origine
- Key Points perle e tranelli nella interpretazione di un ECG Pediatrico
- Conclusioni
- Consigli per approfondire

Willem Einthoven — premio Nobel 1924





L'Elettrocardiogramma cos'è e perché è così importante

L'elettrocardiogramma (ECG) riporta graficamente, su carta, l'attività elettrica istantanea del cuore. Nello specifico, fornisce un grafico tempo-voltaggio del battito cardiaco.

L'acquisizione delle nozioni essenziali per la "lettura" dell'ECG consente di avere a disposizione un supporto rapido da eseguire, incruento e a basso costo, utilissimo nel sospetto di patologia cardiaca.

Negli ultimi anni il progressivo affermarsi di complesse tecniche di *imaging*, ha determinato un calo di interesse verso lo studio di questa metodica, che rimane invece, ancora oggi, di riferimento per la sua capacità:

- di riconoscere rapidamente alterazioni del ritmo e della conduzione (aritmie e blocchi),
- di fornire informazioni sullo stato metabolico della cellula cardiaca (squilibri elettrolitici),
- di rivelare la presenza di ipertrofie, sovraccarichi di volume, ischemie, infezioni.

Le caratteristiche di un ECG pediatrico sono specifiche ed **età-dipendenti**, in quanto si modificano in modo continuo dalla nascita sino all'adolescenza, per tale motivo non risultano di sempre agevole comprensione per lo specialista dell'adulto.

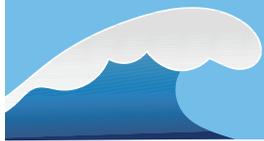
In questa nostra descrizione dell'ECG pediatrico, abbiamo deliberatamente scelto di non partire dal potenziale d'azione per semplificare al massimo la trattazione e rendere, così, l'approccio all'ECG il più intuitivo ed "amichevole" possibile. Abbiamo scelto di partire dall'analisi sistematica dell'ECG per facilitare l'approccio alla metodica e per evitare di perdere informazioni che potrebbero risultare rilevanti. Willem Einthoven, l'inventore della moderna elettrocardiografia, a cui saremo sempre grati, resterà comunque il nostro "convitato di pietra".

Sono tanti i motivi per auspicare una "alfabetizzazione" in elettrocardiografia per i medici che in varia misura si occupano di bambini. Ne menzioneremo solo tre:

- La possibilità di essere chiamati a prendere decisioni critiche sulla sola base dell'ECG.
- La consapevolezza che le refertazioni automatiche fornite dagli apparecchi sono spesso incomplete, quando non addirittura errate.
- La certezza che una semplice lettura dell'ECG può evitare catastrofi mediche, basti pensare alla morte improvvisa associata a una sindrome del QT lungo misconosciuta.

Vorrei aggiungere che interpretazioni corrette possono aiutare a diagnosticare una vasta gamma di problemi non solo cardiaci, mentre letture errate (falsi negativi e falsi positivi), possono produrre conseguenze importanti, sia cliniche che medico-legali. Ultimo, ma non per ultimo, bisogna ricordare che l'ECG, insieme ad anamnesi ed esame fisico accurati, rappresenta uno strumento importante nelle cure primarie e può ridurre notevolmente il numero di ricontrolli inutili e costosi.

Vale allora la pena di provare a rivitalizzare la conoscenza di questa metodica. Per riuscire in questo obiettivo è necessario che la comunità scientifica, che è stata il motore della crescita culturale della classe medica, se ne faccia carico, nella speranza che almeno le nuove generazioni si accostino con entusiasmo allo studio dell'*arte dell'elettrocardiografia*.



In questo libro, demitizzeremo l'ECG provando a semplificarne la complessa natura. Dai concetti di base alle tecniche avanzate, imparerai tutto ciò che occorre sapere per diventare un esperto, affinché l'ECG possa essere percepito come un alleato su cui potere contare, non come un nemico da temere. Parafrasando il noto accademico americano Edgar Schein: ***We can change practice; can we also change culture? Yes, it is possible to change culture over time...***

Possiamo cambiare la pratica; possiamo anche cambiare la cultura? Sì, è possibile cambiare la cultura nel tempo... ma solo lavorando INSIEME!

L'importanza di conoscere la "storia"

⚠ Prima di addentrarci nell'analisi delle alterazioni di più frequente riscontro nell'ECG pediatrico, è bene ricordare che per ricavare il massimo delle informazioni non si può prescindere dalla valutazione dello scenario clinico e del quadro anamnestico. L'interpretazione di un ECG non inquadrata nel contesto è incompleta, se non addirittura fuorviante. È utile sottolineare il ruolo fondamentale dell'anamnesi familiare in cardiologia pediatrica. Essa può offrirci informazioni preziose, per facilitare la diagnosi, per identificare i membri della famiglia a rischio di sviluppare una malattia e per gestire la malattia stessa, **the power of the pedigree**. Con la migliore comprensione sulle basi genetiche delle malattie cardiovascolari, la storia familiare giocherà un ruolo sempre più centrale nella gestione e nella stratificazione del rischio del paziente, offrendo l'opportunità di sviluppare nuove strategie terapeutiche. Per questa ragione può risultare utile proporre un semplice questionario, da tempo entrato nella pratica corrente per il rilascio della certificazione sportiva negli Stati Uniti. (Tabella 1.I).

Tabella 1.I. Questionario anamnestico proposto dalla American Academy of Pediatrics 2010 (modificata)

Sei mai svenuto o sei mai stato sul punto di svenire durante o dopo esercizio fisico?

Hai mai avuto disturbi (dolori o senso di costrizione al torace) sotto sforzo?

Hai mai avvertito battiti irregolari (tachicardia improvvisa o battiti extra) sotto sforzo?

In qualche visita precedente il medico ti ha mai detto che potresti avere qualche problema al cuore (pressione alta, colesterolo alto, soffio al cuore, infezione al cuore)?

Qualcuno ti ha mai prescritto esami per il cuore (ECG di base, Ecocardiografia)? Se sì, perché?

Ti sei mai sentito stordito o hai mai avvertito respiro corto, più dell'atteso, per sforzi minimi?

Durante l'esercizio fisico, ti senti più stanco e avverti respiro più corto rispetto ai tuoi compagni?

C'è qualche parente deceduto prima dei 50 anni per problemi cardiaci accertati oppure per morte improvvisa inspiegata (includendo annegamenti e incidenti d'auto "da sonno")?

Qualcuno in famiglia è affetto da: cardiomiopatia ipertrofica? Sindrome di Marfan? Cardiomiopatia aritmogena del ventricolo destro? Sindrome del QT lungo? Sindrome del QT corto? Sindrome di Brugada? Tachicardia ventricolare polimorfa catecolaminergica?

Qualcuno in famiglia ha avuto necessità di impianto di pacemaker o defibrillatore?



Quando richiedere un ECG nel bambino

- In caso di anamnesi familiare positiva per cardiomiopatia, sindrome del QT lungo, sindrome di Brugada, preeccitazione ventricolare, morte improvvisa giovanile
- Nel sospetto di turbe del ritmo cardiaco
- Per il monitoraggio di aritmie già diagnosticate e/o in trattamento
- Nel sospetto di cardiopatia congenita
- In presenza di reperti anomali all'esame cardiaco o alla radiografia del torace
- In caso di ipertensione arteriosa
- In caso di dolore toracico scatenato da attività fisica
- In caso di sincope (primo esame da eseguire secondo le linee guida)
- In caso di segni di sofferenza cardiaca (miocarditi, pericarditi)
- In caso di malattia di Kawasaki o di sospetta origine anomala delle coronarie
- In caso di disonie gravi
- In caso di episodi di cianosi
- Nei soggetti in terapia con ormone della crescita, farmaci chemioterapici o farmaci per il trattamento del Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD)
- Nel monitoraggio di terapie cardiologiche, quando presenti.

Come si registra un ECG

L'ECG registra i potenziali elettrici originati dalle cellule del muscolo cardiaco, mediante l'applicazione di quattro elettrodi agli arti (derivazioni periferiche) e di sei sulla superficie del torace (derivazioni precordiali).

Per prima cosa dobbiamo:

1. Posizionare gli elettrodi paziente, secondo una modalità ben precisa (**Figura 1.1**)
2. Regolare la calibrazione/ampiezza (standard 10 mm = 1 mV) dell'apparecchio (**Tabella 1.II**)
3. Regolare la velocità di scorrimento della carta (standard 25 mm/sec) (**Tabella 1.II**)

Posizionamento dei 4 elettrodi periferici

1. l'elettrodo rosso andrà sul braccio destro
2. l'elettrodo giallo al braccio sinistro
3. l'elettrodo verde alla caviglia sinistra
4. l'elettrodo nero alla caviglia destra

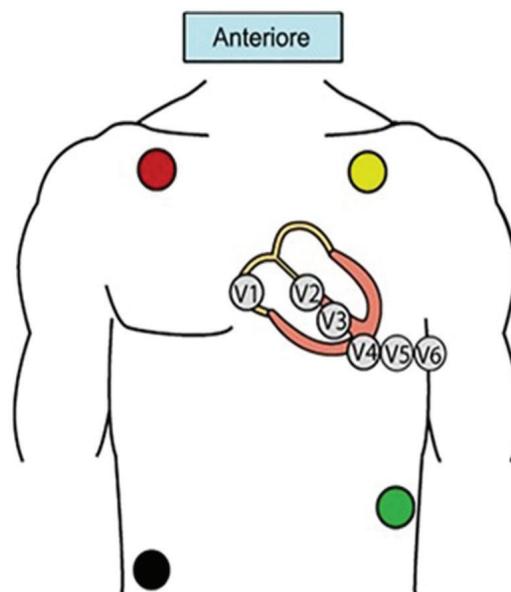


Figura 1.1 Posizionamento convenzionale degli elettrodi toracici (modificato da Mason-Likar)

Posizionamento dei 6 elettrodi precordiali

1. La derivazione V1 è registrata con l'elettrodo posto sul quarto spazio intercostale, appena a destra dello sterno.
2. La derivazione V2 è registrata con l'elettrodo posto sul quarto spazio intercostale, appena a sinistra dello sterno.
3. La derivazione V3 è registrata con l'elettrodo posto su una linea a metà strada tra le derivazioni V2 e V4.
4. La derivazione V4 è registrata con l'elettrodo posto sulla linea medio clavare nel quinto interspazio.
5. La derivazione V5 è registrata con l'elettrodo posto sulla linea ascellare anteriore, allo stesso livello della derivazione V4.
6. La derivazione V6 è registrata con l'elettrodo posto sulla linea ascellare media, allo stesso livello della derivazione V4.

L'importanza fondamentale della "carta"

Arrivati a questo punto, vi domanderete: ma come faccio a ricavare tutte le misure che mi occorrono per refertare un ECG? Chissà come sarà complicato... Tranquilli, niente di più facile. Il tracciato ECG viene registrato su una carta millimetrata speciale, composta da linee verticali e orizzontali, chiare e scure, che consente di attribuire dei valori numerici specifici alle singole componenti dell'ECG (onde, intervalli etc). Le linee chiare delimitano piccoli quadratini di 1 x 1 mm, le linee scure delimitano quadrati più grandi di 5 x 5 mm, (un quadrato grande comprende 5 quadratini piccoli). I quadratini contati **in orizzontale misurano il tempo**: ogni quadratino piccolo misura 0,04 sec per cui un quadrato grande corrisponde a 0,2 sec; contati **in verticale misurano l'altezza** (detta anche voltaggio): ogni quadratino piccolo corrisponde a 1 mm (0,1 mV), ogni quadrato grande a 5 mm (0,5 mV) (Figura 1.2).

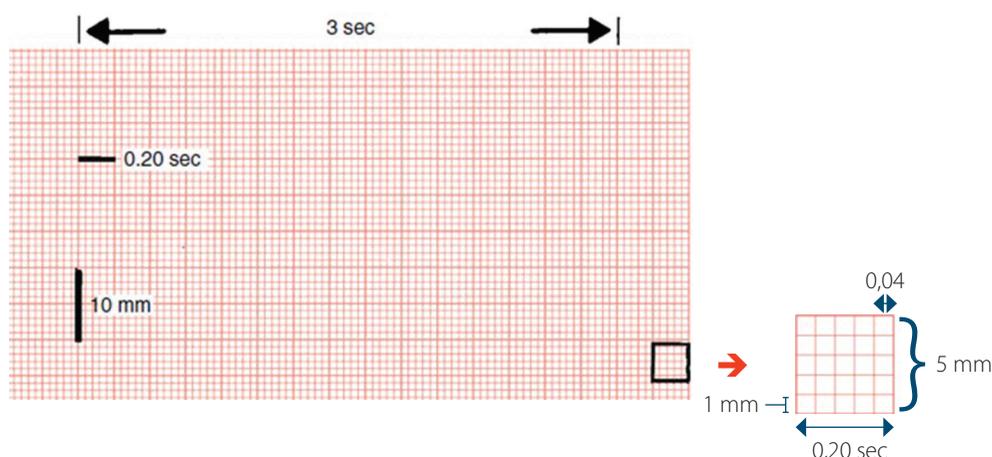


Figura 1.2. 1 quadrato grande corrisponde a 0,20 sec (linea **nera** orizzontale), 15 quadrati grandi, contati in orizzontale (freccie **nera**) corrispondono, quindi, a 3 sec (15x 0,20 sec); 2 quadrati grandi (linea **nera**), contati in verticale, corrispondono a 10 mm



Usualmente la velocità di scorrimento della carta dell'elettrocardiografo si posiziona su 25 mm. Le onde prodotte dalla depolarizzazione e ripolarizzazione vanno descritte secondo modalità specifiche (**Figura 1.11 e 1.13**), e normalizzate sempre per l'età (**Tabella 1.V**).

Cosa registra un ECG?

L'ECG registra l'attività elettrica delle cellule cardiache, generata dal succedersi di correnti di ioni (Na, K, Ca, Cl), attraverso la membrana cellulare. Le cellule cardiache si dividono in cellule deputate espressamente all'attività elettrica, "**miocardio specifico**", e cellule invece deputate all'attività contrattile, "**miocardio comune**".

Il miocardio specifico ha la funzione di: 1) generare spontaneamente un potenziale d'azione, 2) propagare l'onda di depolarizzazione.

Fanno parte del miocardio specifico: **il nodo seno atriale** (situato sul tetto dell'atrio destro, in prossimità della vena cava superiore), **il nodo atrioventricolare** (localizzato nella regione basale destra del setto interatriale); **il fascio di His** (prolungamento del nodo atrioventricolare), che costituisce l'unico tramite tra atri e ventricoli.

Il fascio di His, a livello del setto interventricolare, si biforca nella branca destra e nella branca sinistra; quest'ultima, a sua volta, si suddivide in fascicolo anterosuperiore e fascicolo posteroinferiore. Dalle branche prende origine la rete del Purkinjje che irradia la faccia endocardica dei ventricoli destro e sinistro (**Figura 1.3**).

Il miocardio comune non possiede la funzione di generare un impulso, ma ha la funzione di propagare l'onda di depolarizzazione innescata dal miocardio specifico e di avviare la contrazione miocardica. L'onda P e il complesso QRS esprimono la depolarizzazione, rispettivamente atriale e ventricolare, del miocardio comune, mentre l'onda T rappresenta la ripolarizzazione ventricolare del miocardio comune. La ripolarizzazione atriale non è visibile all'ECG di superficie, poiché nascosta all'interno del complesso QRS.

Come detto, di regola, l'impulso elettrico nasce dal **nodo del seno**, perché le cellule che lo costituiscono sono quelle dotate di depolarizzazione spontanea e frequenza di scarica maggiore e per questo sono definite cellule pacemaker; da qui, per contiguità, o tramite le fibre internodali, l'impulso si diffonde ad entrambi gli atri, provocandone l'attivazione e la conseguente contrazione, dando così origine a quella che, sull'ECG di superficie, viene identificata come onda P (**Figura 1.3**). Completata l'attivazione atriale, il fronte di eccitazione raggiunge il nodo atrio ventricolare (NAV), situato nella giunzione atrio ventricolare, dove subisce un fisiologico rallentamento causato dalla disposizione di tipo labirintico delle fibrocellule che lo compongono. Questa funzione "di cancello", peculiare del NAV, ha lo scopo di fare contrarre i ventricoli in lieve ritardo rispetto agli atri e di assicurare, in caso di esagerato automatismo atriale, una risposta ventricolare accettabile (**Figura 1.3**). Il tempo che intercorre tra l'inizio della attivazione atriale e l'inizio dell'attivazione ventricolare, 120-160 msec, costituisce l'intervallo PR. Una volta superato il NAV, l'onda di depolarizzazione si propaga ai ventricoli attraverso il fascio di HIS, le branche destra e sinistra del fascio

stesso e le fibre del Purkinje dando origine alla depolarizzazione del miocardio comune ventricolare (il complesso QRS nell'ECG). La successiva fase di ripolarizzazione ventricolare è espressa dal tratto ST-T (**Figura 1.3**).

In caso di patologia del nodo del seno subentrano altre fibrocellule specifiche che ne prenderanno il posto, pur con capacità di automatismo minore (**Figura 1.15**). Ne parleremo diffusamente nel capitolo VII riguardante le turbe del ritmo.

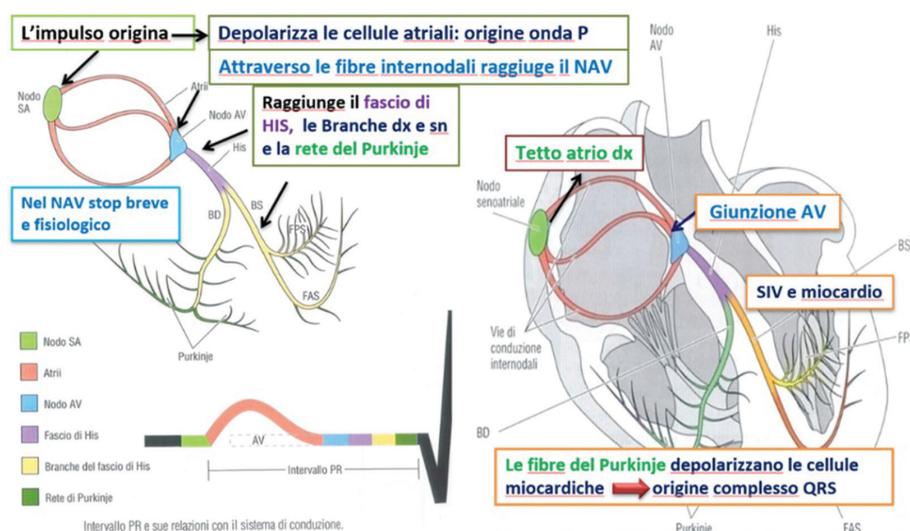


Figura 1.3. Nel pannello sono raffigurate origine e percorso dell'impulso elettrico normale durante l'intero ciclo cardiaco. Le differenze dei colori, sul grafico ECG, corrispondono al percorso seguito dall'impulso lungo il sistema di conduzione

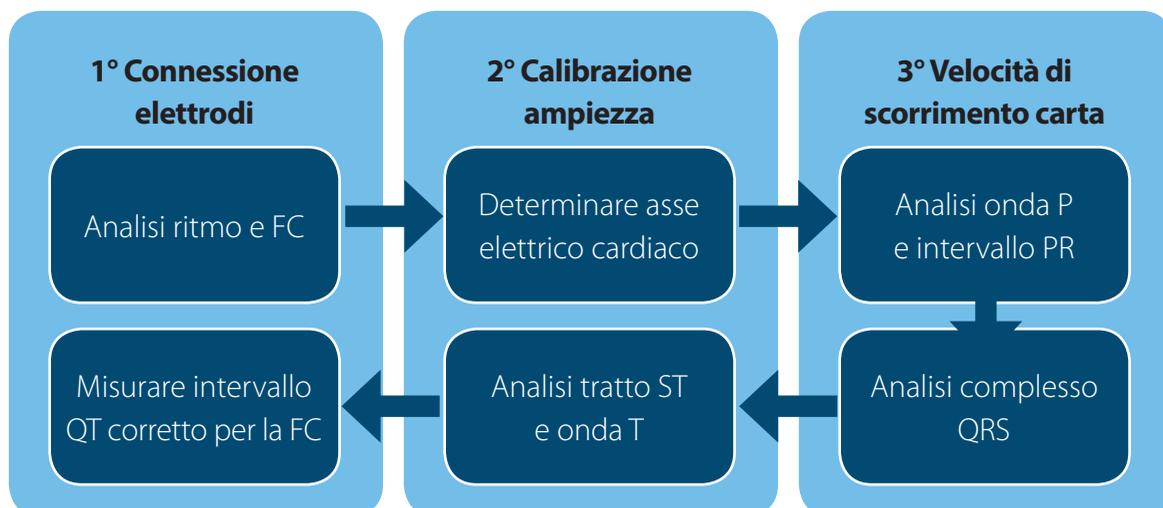
Analisi sequenziale dell'ECG pediatrico

Una volta ottenuto il tracciato a 12 derivazioni, procederemo alla sua lettura secondo un ordine sequenziale, al fine di renderne più immediata la sua comprensione. Studieremo, quindi, le singole componenti che insieme lo costituiscono (Tabella 1.II), secondo un percorso ben definito:

1. Analisi ritmo e frequenza cardiaca (FC)
2. Determinare asse elettrico cardiaco
3. Analisi onda P e intervallo PR
4. Analisi complesso QRS
5. Analisi tratto ST e onda T
6. Misurare intervallo QT corretto per la frequenza cardiaca



Tabella 1.II. Analisi sequenziale ECG



Il prossimo step è distinguere il tracciato normale da quello patologico (**Tabella 1.III**). È quello che faremo, in dettaglio, nei capitoli successivi.

Tabella 1.III. Analisi sequenziale ECG

Analisi ECG	Normale	Anormale
1. Determinare il ritmo cardiaco	Regolare	Irregolare
2. Determinare la FC (in base all'età)	80-180/min	< 80 > 180
3. Determinare l'asse del QRS	Normale	Anormale
4. Valutare l'onda P	Normale	Anormale
5. Misurare l'intervallo PR	0,07-0,16 sec	< 0,07 > 0,16
6. Valutare il complesso QRS (con rapporto R/S)	Normale	Anormale per ampiezza Anormale per durata Anormale per asse elettrico
7. Valutare il tratto ST	Normale	Sopra livellato Sotto livellato
8. Valutare l'onda T	Normale	Appuntita, piatta, invertita
9. Misurare l'intervallo QTc	Normale	Lungo/corto
10. Onda U	Se presente, piccola	Se presente, prominente

Determinare il ritmo cardiaco

Ritmo: descrive l'origine e la regolarità della sequenza degli impulsi. In condizioni di normalità il ritmo cardiaco viene definito sinusale perché gli impulsi elettrici prendono origine dal nodo del seno.

Un ritmo si definisce sinusale quando è presente:

- Una onda P normale per asse (0-90°) e morfologia (Ampiezza: 1.5 - 3 mm; Durata: 0,06 - 0,10 sec.)
- Una onda P che precede sempre un complesso QRS
- Un complesso QRS che segue sempre una onda P

Determinare la frequenza

Frequenza cardiaca (FC): misura il numero di battiti (contrazioni) del cuore per minuto. Dipende dagli impulsi generati dal nodo del seno e, in condizioni fisiologiche, *cambia in base all'età e all'attività* (Tabella 1.IV).

Tabella 1.IV. Frequenza cardiaca normale a seconda dell'età e delle fasi della giornata

Età	Battiti cardiaci per minuto		
	Da sveglia	Nel sonno	Durante esercizio/pianto
Neonato	100-180	80-160	Max 220
Da 1 settimana a 3 mesi	100-220	80-200	Max 220
Da 3 mesi a 2 anni	80-150	70-120	Max 200
Da 2 a 10 anni	70-110	60-90	Max 200
Da 10 anni all'età adulta	55-90	59-90	Max 200

Una tecnica rapida per misurare "a occhio" la FC consiste nel localizzare un'onda R che cade su una linea marcata in neretto e attribuire una sequenza di frequenze definite agli spazi che la separano dalla successiva onda R, secondo la formula: $300/\text{numero di quadrati grandi compresi tra 2 cicli RR}$. In alternativa è possibile usare la formula: $1500/\text{numero di quadrati piccoli compresi tra 2 cicli RR}$. Nel nostro caso i quadratini piccoli compresi tra 2 cicli RR sono 16 (Figura 1.4).



Figura 1.4. Calcolo rapido della FC (freccie blu) = 95 bpm. Metodo alternativo: $1500:16$ (freccie rosse) = 94 bpm



Determinare l'asse elettrico cardiaco

L'asse elettrico di P, QRS e T: definisce la direzione del vettore medio dell'onda P, del complesso QRS e dell'onda T rispetto al piano frontale. L'asse elettrico esprime (Figura 1.5) la **direzione media** (cioè netta) delle forze elettriche all'interno del cuore (se le forze elettriche medie sono dirette in avvicinamento, rispetto alla posizione degli elettrodi, l'onda registrata sarà positiva; viceversa, se dirette in allontanamento, l'onda sarà negativa). Può essere patologico (rispetto ai valori normali per età), in diverse condizioni (dislocazione del cuore, allargamento o ipertrofia delle camere, disturbi di conduzione). **Si calcola solo sul piano frontale, nelle derivazioni degli arti.**

Il calcolo dell'asse elettrico

Il calcolo della direzione dell'attività elettrica, o asse elettrico, è spesso fonte di grande confusione! Proveremo ad agevolarne il più possibile la comprensione.

Definizione di asse: l'asse indica la direzione media verso cui è diretto il vettore elettrico del QRS (Figura 1.5).

Definizione di vettore: un vettore rappresenta l'entità e la direzione del potenziale d'azione generato da ogni singolo miocita. La somma dei singoli vettori generati dalle onde di depolarizzazione è chiamata vettore medio. **La direzione del vettore medio costituisce l'asse elettrico** (Figura 1.5).

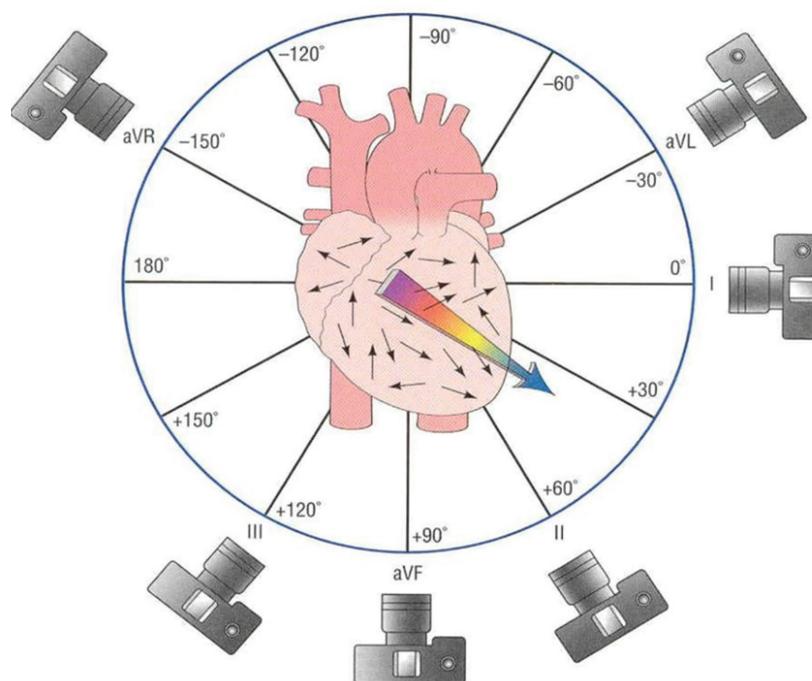


Figura 1.5. La somma di tutti i singoli vettori generati dalle onde di depolarizzazione (freccie nere piccole), costituisce il vettore medio (freccia blu grande). La direzione di questo vettore medio costituisce l'asse elettrico del cuore. **Da:** Medic Tests Quick and Dirty Guides to Cardiology

È possibile determinare l'asse di ciascuna onda del ciclo cardiaco. Tuttavia, **l'asse del QRS è il più importante** e a questo ci si riferisce quando si parla di asse elettrico. Poiché l'asse del QRS è quantificabile solo sul piano frontale, per il suo calcolo faremo riferimento esclusivamente alle 6 derivazioni degli arti (**Figura 1.7**). L'asse dell'onda P e dell'onda T vengono determinati molto di rado.

Calcolare l'asse elettrico del QRS, associato ad un determinato quadro ECG può aiutare, come vedremo, nella diagnosi di molte condizioni. **L'asse normale del QRS nel bambino è circa $90^\circ (\pm 30^\circ)$.**

Il calcolo dell'asse elettrico reso facile

Per avere una idea immediata sull'orientamento predominante dell'asse del QRS, sarà sufficiente osservare le derivazioni D2, D3 e aVF, **se in queste derivazioni il QRS è positivo**, l'asse del QRS è certamente normale (**Figura 1.6**).

Per un calcolo ancora più accurato dobbiamo individuare, tra le derivazioni degli arti, quella nella quale il QRS è più isodifasico (uguale ampiezza di deflessioni positive e negative): la perpendicolare alla derivazione isodifasica è quella nella quale si trova l'asse elettrico. Così, ad esempio, se l'isodifasica è in D1 (**Figura 1.8** cerchietto verde), l'asse si troverà sulla perpendicolare a D1, cioè aVF; quindi, se il QRS in aVF (cerchietto viola) è positivo, l'asse sarà $+90^\circ$ (**Figura 1.8**). Quindi basta memorizzare l'intersezione di ciascuna derivazione e il gioco è fatto (**Figura 1.6**). Un piccolo trucco è quello di memorizzare le derivazioni degli arti nell'ordine riportato, dall'alto, nella **Figura 1.7**. La perpendicolare della prima sarà l'ultima (collegate in azzurro), la perpendicolare della seconda derivazione sarà la penultima (collegate in rosso), la perpendicolare della terza sarà la terz'ultima (collegate in bordeaux).

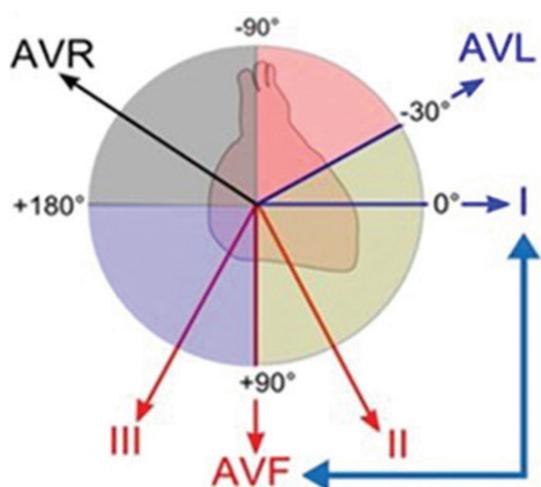


Figura 1.6. Essenziale la direzione del QRS in D2, D3 e aVF (frecce rosse) (mod. da ECG pedia.org)

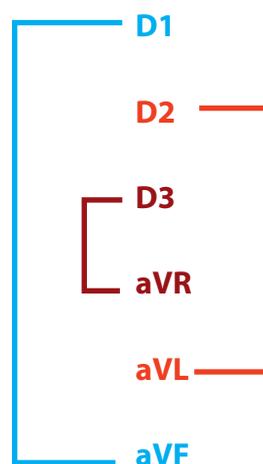


Figura 1.7. Sistema per il calcolo rapido delle perpendicolari di ciascuna derivazione



Figura 1.8. Esempi per il calcolo dell'asse elettrico: D3 isodifasica (cerchietto rosso), aVR perpendicolare, (cerchietto blu) = asse + 30°.

ECG striscia singola: isodifasica D1 (cerchietto verde), aVF perpendicolare (cerchietto viola) = asse + 90°

! La stima dell'asse elettrico può non essere sempre precisissima, tuttavia un **margine di errore di 10-15° non è significativo** e non ha nessuna rilevanza clinica. **Quello che a noi preme sapere, in concreto, è solo l'orientamento medio del vettore del complesso QRS!**

Deviazione dell'asse elettrico e significato clinico

Nel bambino si parlerà di deviazione assiale sinistra quando l'asse elettrico è a - 30° o più (R in aVL più alta di R in D2), di deviazione assiale destra quando è oltre + 120° (R di D3 più alta di R in D2).

Come vedremo nei capitoli successivi, una deviazione assiale (destra o sinistra) può essere presente in una serie di condizioni patologiche, a partire dalle ipertrofie ventricolari per finire ai blocchi fascicolari. Ma le deviazioni assiali sono tipiche anche di diverse cardiopatie congenite, prima tra tutte il canale atrio ventricolare completo, dove la deviazione assiale sinistra, insieme alla ipertrofia destra, è addirittura diagnostica.

Ci siamo soffermati soltanto sull'asse del QRS (come detto il più importante), ma gli stessi criteri possono essere applicati anche per il calcolo, sempre sul piano frontale, dell'asse onda P e dell'onda T. Decisiva, ad esempio, una onda P normalmente positiva in tutte le derivazioni (tranne che in aVR) per la definizione di ritmo sinusale; al contrario, in presenza di un segnapassi diverso dal nodo del seno, ad esempio segnapassi migrante o ritmo del seno coronarico (molto frequenti in età pediatrica), l'attivazione degli atri procede in senso retrogrado, avremo quindi una deviazione assiale sinistra dell'onda P (onde P negative in D2, D3 e aVF) (**Figura 1.9**).

Gli stessi principi sono utilizzati per il calcolo dell'asse elettrico medio dell'onda T. La regola di base è che l'asse dell'onda T si muova nella stessa direzione dell'asse del QRS (onda T consensuale alla direzione del QRS, quindi positiva in D2, D3 e aVF).

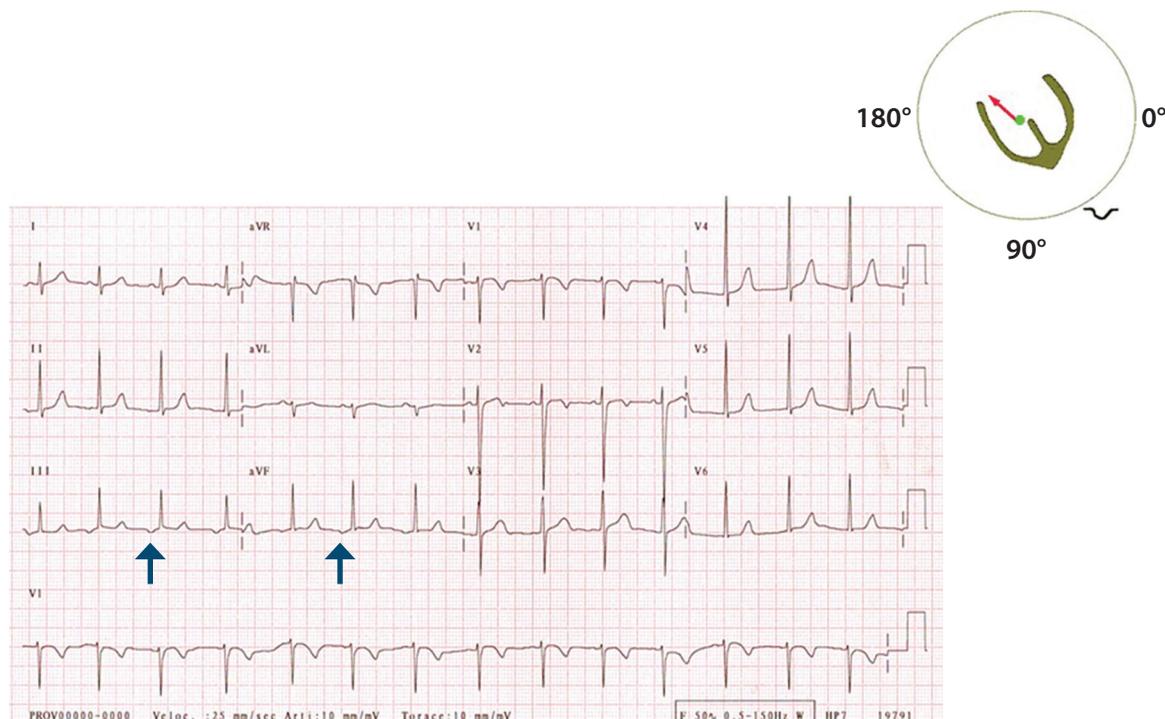


Figura 1.9. Notare le onde P negative in D3 e aVF (freccie **blu**) causate da una anomala origine dell'attivazione atriale dall'atrio destro basso (freccia **rossa** pannello in alto a destra)

Determinare onde e intervalli

Proseguendo nella analisi sequenziale dei singoli eventi che costituiscono il ciclo cardiaco (**Tabella 1.III, Figura 1.11**) studieremo nell'ordine:

- **l'onda P:** rappresenta la depolarizzazione di entrambi gli atri. Inizia in atrio destro, sede del nodo del seno, per cui la prima componente (la parte iniziale) di ogni onda P rappresenta la depolarizzazione dell'atrio destro, la seconda (parte terminale) quella dell'atrio sinistro. Pertanto, l'attivazione atriale sinistra avviene con un lieve ritardo rispetto a quella dell'atrio destro (questo concetto ci tornerà utile quando parleremo degli ingrandimenti atriali nel capitolo successivo). Procedendo l'impulso elettrico da destra verso sinistra e dall'alto verso il basso, l'asse normale dell'onda P è tra 0 e 90°. Nell'ECG normale l'onda P è sempre positiva in tutte le derivazioni e negativa solo in aVR, in V1 e V2. La durata non è superiore a 0,08 sec nei piccoli di età inferiore a 12 mesi e a 0,10 sec nei bambini più grandi (**Figura 1.3 e 1.13.**)
- **l'intervallo PR:** misura il tempo che intercorre dall'inizio dell'onda P all'inizio del complesso QRS. Rappresenta il tempo impiegato dall'impulso elettrico per giungere dagli atri ai ventricoli (**Figura 1.11**). L'intervallo PR aumenta tipicamente con l'età
- **il complesso QRS:** rappresenta la depolarizzazione ventricolare. Una volta attivato il setto interventricolare (onda Q), a differenza di quanto avviene negli atri, l'impulso procede



simultaneamente nei 2 ventricoli. L'ampiezza del QRS è influenzata dalla massa ventricolare e le caratteristiche del complesso cambiano con l'età: nel neonato il ventricolo destro ha uno spessore maggiore del sinistro, per cui all'ECG avremo una "prevalenza destra", al contrario che nell'adulto ove avremo una "prevalenza sinistra" (**Figura 1.12**)

■ **il rapporto R/S:** L'ECG pediatrico si caratterizza per il cambiamento nella morfologia del QRS dall'età neonatale all'età adulta. Nel neonato avremo ancora una prevalenza elettrica del ventricolo destro, tipica del periodo fetale; a mano a mano che il bambino cresce si passerà a una prevalenza elettrica del ventricolo sinistro, tipica dell'età adulta. Questi cambiamenti, fisiologici, possono essere classificati in tre modelli ECG: neonatale, pediatrico e adulto, caratterizzati da una modifica del rapporto R/S nelle derivazioni V1 e V6 (**Figura 1.10**):

- **Pattern neonatale** (dalla nascita e per tutto il primo mese): V1: R/S > 1, V6: R/S < 1
- **Pattern pediatrico** (dal primo mese ai due anni): V1: R/S > 1, V6: R/S > 1
- **Pattern adulto** (dai due/tre anni in poi): V1: R/S < 1, V6: R/S > 1

È sempre patologico un **pattern non adeguato all'età del paziente!** Vedremo nel capitolo successivo come questo rapporto si modifica in caso di ipertrofia ventricolare.

■ **il segmento ST:** è espressione della prima parte della ripolarizzazione ventricolare. Il segmento (o tratto) ST si misura dalla fine del complesso QRS all'inizio dell'onda T e, nel normale, segue la linea isoelettrica (**Figura 1.11**). Un minimo sopra o sottoslivellamento (< 1 mm nelle periferiche < 2 mm nelle precordiali) non ha significato. Il punto di congiunzione tra la fine del QRS e l'inizio del tratto ST è definito punto J (vedi nel capitolo XIV focus su ripolarizzazione precoce)

■ **l'onda T:** rappresenta la seconda parte della ripolarizzazione ventricolare. Una onda T normale presenta aspetto asimmetrico (il picco è più vicino alla fine che all'inizio dell'onda). Nel bambino la direzione dell'onda T è sempre positiva, tranne in aVR, V1 e V2

■ **l'intervallo QT:** misura, insieme, la durata di depolarizzazione e ripolarizzazione dei ventricoli e si calcola dall'inizio del QRS alla fine della T (**Figura 1.11**). La sua durata è funzione della frequenza cardiaca, ovvero maggiore è la frequenza, minore è l'intervallo QT. Il calcolo dell'intervallo (o tratto) QT richiede grande attenzione per le possibili, gravi implicazioni (le vedremo dettagliatamente nel capitolo VI) che una sua alterazione può avere (v.n. 340-450 ms)

■ **l'onda U:** rappresenta la ripolarizzazione delle fibre del Purkinje. Raramente presente, di significato incerto e solitamente di basso voltaggio, segue l'onda T ed è sempre consensuale ad essa. **Una onda U normale (non prominente e < 25% dell'onda T), se presente, non va mai inclusa nella misurazione del QT (Figura 1.13)**

■ **l'onda J:** rappresenta la giunzione tra la fine dell'onda S e l'inizio del tratto ST, è raramente evidente (**Figura 1.13**). L'intervallo JT misura la distanza tra l'inizio del punto J (fine dell'onda S) e la fine dell'onda T. Una depressione del tratto J in età pediatrica, in assenza di cambiamenti dell'onda T, è da considerare normale. Un allungamento del tratto JT ha lo stesso

significato dell'allungamento del tratto QT. L'intervallo JT viene misurato quando è presente un aumento in durata del complesso QRS, come in caso di blocchi e preeccitazione (vedi capitolo VI), per cui il calcolo del QT potrebbe risultare non attendibile. L'intervallo JT va corretto, come quello QT, per la frequenza cardiaca (JTc) usando la stessa formula di Bazett. Il JTc normale è 220 e 340 ms.

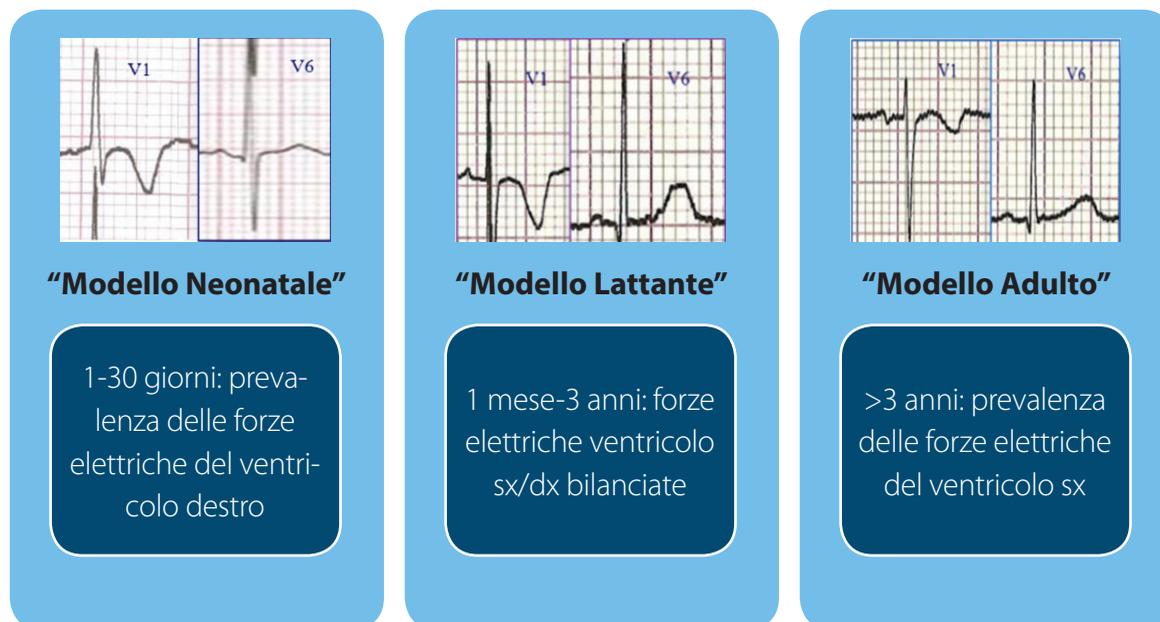


Figura 1.10. Modelli elettrocardiografici specifici per età

! Definizione delle linee rette

La linea retta che collega le varie onde è chiamata:

- **Segmento:** se collega due onde, non includendole
- **Intervallo:** se comprende al suo interno almeno 1 onda

Il **segmento PR** è la linea che congiunge la fine dell'onda P e l'inizio del complesso QRS

Il **segmento ST** è la linea che congiunge la fine del complesso QRS e l'inizio dell'onda T

L'**intervallo PR** è la linea che unisce l'inizio dell'onda P con l'inizio del QRS

L'**intervallo QT** è la linea che unisce l'inizio del complesso QRS con la fine dell'onda T

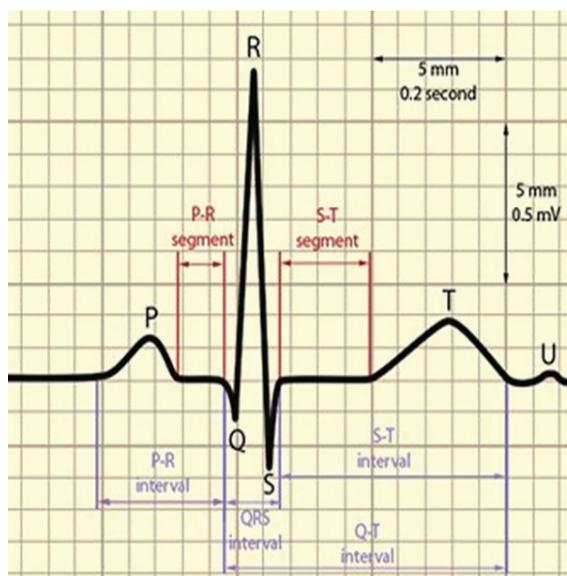


Figura 1.11. Rappresentazione dei vari segmenti e intervalli presenti in un ciclo cardiaco

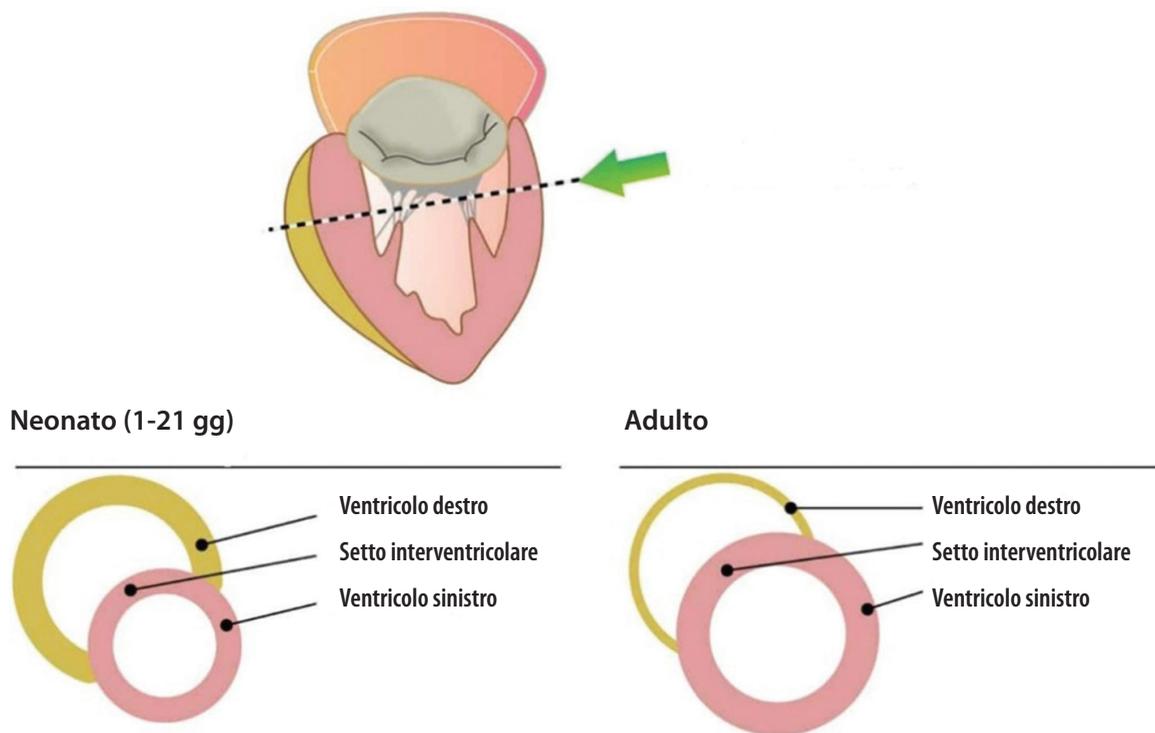


Figura 1.12. Differenze nello spessore delle pareti cardiache tra neonato a sx e adulto a dx. **Modificato da:** *Introduction to pediatric & neonatal ECG interpretation, ECG & Echo learning*

Per ogni onda si dovrà verificare:

- ❗ **Durata** (espressa in sec)
- ❗ **Ampiezza** (espressa in mm)
- ❗ **Forma** (morfologia, localizzazione e deflessione)

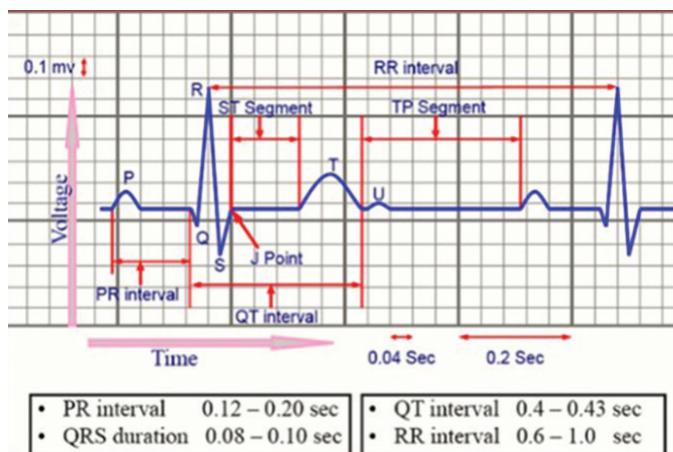


Figura 1.13. Criteri di valutazione delle singole componenti di un ciclo cardiaco

Tabella 1.V. Valori ECG normali per età. Normalizzare i valori ottenuti per l'età del bambino

Età	FC (bpm)	Asse QRS (gradi)	Interval- lo PR (sec)	Intervallo QRS (sec)	R in V1	S in V1	R in V6	S in V6
1st sett.	90-160	60-180	0,08-0,15	0,03-0,08	5-26mm	0-23mm	0-12mm	0-10mm
1-3 sett.	100-180	45-160	0,08-0,15	0,03-0,08	3-21mm	0-16mm	2-16mm	0-10mm
1-2 mesi	120-180	30-135	0,08-0,15	0,03-0,08	3-18mm	0-15mm	5-21mm	0-10mm
3-5 mesi	105-185	0-135	0,08-0,15	0,03-0,08	3-20mm	0-15mm	6-22mm	0-10mm
6-11 mesi	110-170	0-135	0,07-0,16	0,03-0,08	2-20mm	0,5-20mm	6-23mm	0-7mm
1-2 aa	90-165	0-110	0,08-0,16	0,03-0,08	2-18mm	0,5-21mm	6-23mm	0-7mm
3-4 aa	70-140	0-110	0,09-0,17	0,04-0,08	1-18mm	0,5-21mm	4-24mm	0-5mm
5-7 aa	65-140	0-110	0,09-0,17	0,04-0,08	0,5-14mm	0,5-24mm	4-26mm	0-4mm
8-11 aa	60-130	- 15-110	0,09-0,17	0,04-0,09	0-14mm	0,5-25mm	4-25mm	0-4mm
12-15 aa	65-130	- 15-110	0,09-0,18	0,04-0,09	0-14mm	0,5-21mm	4-25mm	0-4mm
16 aa e +	50-120	- 15-110	0,12-0,20	0,05-0,10	0-14mm	0,5-23mm	4-21mm	0-4mm

Le possibili morfologie del complesso QRS: non solo una questione semantica

Prima di addentrarci nella lettura dell'ECG, abbiamo bisogno di familiarizzare con la corretta nomenclatura del complesso QRS. Come già detto, il QRS rappresenta l'attivazione ventricolare (depolarizzazione) e quindi la diffusione dello stimolo elettrico attraverso i ventricoli. Tuttavia, **non tutti i complessi QRS (a dispetto del nome) contengono in sequenza un'onda Q, un'onda R e un'onda S**, il che potrebbe creare un po' di confusione. La definizione delle onde diventa immediatamente comprensibile se facciamo riferimento alle caratteristiche di base del complesso QRS (**Figura 1.14**):

- La prima deflessione del complesso QRS negativa (al di sotto della isoelettrica) si chiama onda Q.
- La prima deflessione del complesso QRS positiva si definisce onda R.
- La prima deflessione negativa, che segue l'onda R, è chiamata onda S.
- Se l'intero complesso QRS è positivo, si parla semplicemente di "onda R" (cerchietto *verde*).
- Se l'intero complesso QRS è negativo, viene definito "complesso QS" (cerchietto *rosso*).

Il complesso QRS "vero" contiene un'onda Q, un'onda R e un'onda S ed è raffigurato in figura (cerchietto *blu*).

Può capitare che il complesso QRS contenga più di due o tre deflessioni. In tali casi le onde extra sono chiamate onde R' (R primo) se sono positive e onde S' (S primo) se sono negative. La **Figura 1.14** mostra le varie possibili morfologie del complesso QRS e la nomenclatura delle rispettive onde. Si noti che anche la distinzione in lettere maiuscole e minuscole ha un



significato preciso. Le lettere maiuscole (QRS) sono usate per designare onde di ampiezza relativamente grande e le lettere minuscole (qrs) indicano onde relativamente piccole. Se, come detto, diverse definizioni dello stesso complesso potrebbero indurre qualche confusione, imparare la corretta definizione è importante perché ci consente di descrivere, in modo appropriato, qualsiasi complesso QRS (al telefono come per mail) e di evocare, nella mente dell'interlocutore esperto, l'immagine mentale esatta del complesso. Ad esempio, nel descrivere un ECG potremmo dire che in V1 è presente un complesso rSR' (r minuscola, S maiuscola, R' maiuscola) che, con una durata normale del QRS, richiama immediatamente la presenza di un ritardo di conduzione di branca destra (cerchietto *viola*).

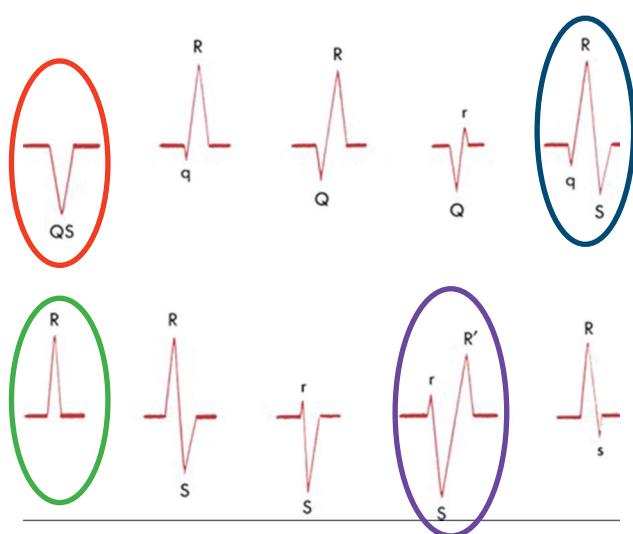


Figura 1.14. Possibili morfologie del QRS. **Modificato da:** Goldberg's clinical electrocardiography 8th edition

A proposito di semantica, attenzione ai tranelli

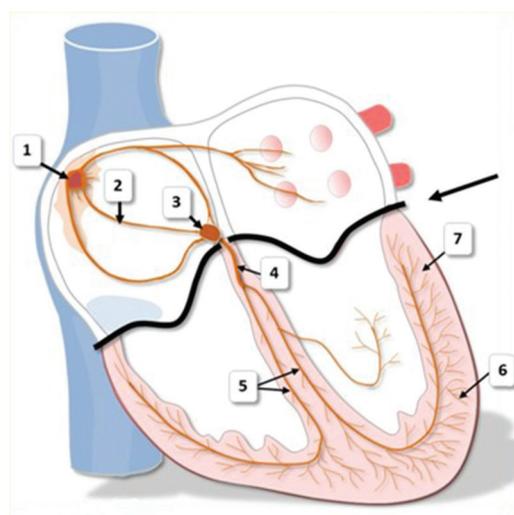
Vi sono termini, pur privi di logica stringente, ma oramai entrati nell'uso corrente, che dobbiamo imparare a conoscere per evitare incomprensioni. Eccoli:

- L'intervallo o tratto PR, abbiamo visto si misura dall'inizio dell'onda P sino all'inizio del QRS. Ma la prima onda del QRS potrebbe essere anche una onda Q; quindi, dovremmo chiamarlo tratto PQ...
- L'intervallo QT (dall'inizio del QRS sino alla fine dell'onda T), in realtà sarebbe intervallo QRS-T...
- Parliamo, per abitudine, di complesso QRS, ma abbiamo visto che non sempre sono presenti tutte e tre le onde Q, R ed S; ce ne possono essere di meno, ma anche di più...

! La funzione pacemaker: dove tutto ha origine

Prima di proseguire occorre ritornare, brevemente, su un concetto chiave, che ci tornerà molto utile nel prosieguo della lettura: il ruolo e il significato delle cellule pacemaker. Normalmente le cellule pacemaker, cioè quelle dotate di più alta scarica spontanea e più alto

automatismo, sono quelle che determinano il ritmo cardiaco e sono localizzate nel nodo del seno, situato nel tetto dell'atrio destro. Queste cellule hanno una ricca vascolarizzazione e una densa innervazione. Se queste cellule non funzionano correttamente o sono rallentate, altre cellule, localizzate nelle parti inferiori del sistema di conduzione, possono prendere il loro posto e quindi il sopravvento nel dettare il ritmo cardiaco. Tipicamente, a mano a mano che si procede verso il basso, la frequenza di scarica spontanea si riduce (Figura 1.15). Occasionalmente sono presenti cellule pacemaker ectopiche al di fuori del nodo del seno: negli atri o in prossimità dell'orifizio delle vene cave o delle vene polmonari, e tali cellule possono generare battiti prematuri (extrasistoli).



	FC/min
	↓
1. Nodo Senoatriale	60-100
2. Vie di conduzione atriale	55-60
3. Nodo Atrioventricolare	45-50
4. Fascio di His	40-45
5. Fascicoli ventricolari	35-45
6. Fibre del Purkinje	35-40
7. Miocardio comune	30-35

Figura 1.15. Localizzazione delle cellule pacemaker (freccie nere) all'interno del sistema di conduzione con (in legenda) relativa frequenza di scarica (freccia rossa)

KEY POINTS PERLE E TRANELLI NELLA INTERPRETAZIONE DI UN ECG PEDIATRICO

In questa sezione, forniremo alcuni consigli pratici per la corretta interpretazione di un elettrocardiogramma pediatrico. La refertazione di un ECG pediatrico richiede attenzione e competenza, poiché può essere necessario dirimere alcuni dubbi che possono portare a "perle" (informazioni preziose) o "tranelli" (errori devastanti) (Tabella 1.VII). Ecco alcuni dei punti chiave da tenere presente:

1. Età del bambino

L'età del paziente è un fattore cruciale nella refertazione di un elettrocardiogramma pediatrico. Le caratteristiche elettriche del cuore variano significativamente nel corso degli anni. È importante essere consapevoli delle normali modifiche elettrocardiografiche in base all'età, in modo da evitare interpretazioni errate. Consultare i riferimenti, specifici per l'età del paziente, può essere utile per una valutazione accurata.



KEY POINTS PERLE E TRANELLI NELLA INTERPRETAZIONE DI UN ECG PEDIATRICO

(Continua)

2. Modifiche fisiologiche

Come detto, il cuore di un neonato si differenzia in modo significativo da quello dell'adulto e questo comporterà evidenti variazioni anche nei tracciati ECG corrispondenti (**Figura 1.12**). Alla nascita, il ventricolo destro è dominante a causa dell'elevata resistenza vascolare polmonare presente in utero; questa dominanza può persistere fino all'età di tre anni. Questo si riflette sull'ECG per la presenza di un asse elettrico deviato a destra e di onde R prominenti nelle precordiali destre. Le onde T sono positive per la prima settimana dopo la nascita, quindi si invertono sino a V3-V4, per diventare gradualmente di nuovo positive durante l'adolescenza. La frequenza cardiaca è più elevata nei neonati e nei bambini più piccoli, mentre l'intervallo QT può essere più breve rispetto agli adulti. La conoscenza di tutte queste modifiche fisiologiche aiuta a evitare equivoci e ad adattare l'interpretazione in base all'età (**Figure 1.16 e 1.17**).

3. Artefatti e interferenze

Artefatti e interferenze possono compromettere la qualità dell'ECG e influenzarne l'interpretazione. È importante identificare e distinguere tra artefatti di movimento e interferenze da dispositivi esterni. Verificare sempre che l'elettrocardiogramma sia stato registrato correttamente, con una esatta disposizione degli elettrodi e buona aderenza alla pelle del paziente. Prestare attenzione agli artefatti, come tremori muscolari o interferenze elettriche, che potrebbero compromettere la qualità del segnale. Se necessario, eseguire una nuova registrazione per ottenere un segnale pulito e affidabile.

4. Posizionamento corretto degli elettrodi

L'inversione degli elettrodi periferici è uno degli errori più comuni quando si esegue l'ECG (**Tabella 1.VI**).

Tale inversione produce derivazioni I e aVL con polarità inversa rispetto alla norma (onda P, complesso QRS e onda T negativi). Inoltre, la polarità è invertita nella derivazione aVR (P e QRS positivi). La diagnosi differenziale va posta con la dextrocardia (cuore posizionato sul lato destro del torace). Nella dextrocardia, tuttavia, la progressione dell'onda R nelle derivazioni precordiali è invertita, mentre nel caso di inversione degli elettrodi la progressione è normale.



KEY POINTS PERLE E TRANELLI NELLA INTERPRETAZIONE DI UN ECG PEDIATRICO

(Continua)

5. Considerare il contesto clinico

La valutazione di un elettrocardiogramma pediatrico deve sempre essere effettuata alla luce del contesto clinico del paziente. L'anamnesi, l'esame fisico e altri dati clinici forniscono importanti informazioni che possono aiutare nell'interpretazione.

6. Conoscere le cardiopatie congenite

Le cardiopatie congenite sono comuni in ambito pediatrico e possono presentare segni ECG caratteristici (vedi capitolo 12). Una conoscenza approfondita delle principali cardiopatie congenite e dei loro segni elettrocardiografici può aiutare a identificare anomalie e orientare la diagnosi (Tabella 1.VII).

7. Valutare l'importanza di una seconda opinione

In alcuni casi, potrebbe essere utile richiedere una seconda opinione da parte di un esperto. Situazioni complesse, ambigue o rare possono richiedere una valutazione aggiuntiva per garantire una diagnosi accurata. Qualche volta è importante riconoscere i propri limiti e consultare colleghi più esperti, quando necessario!

Tabella 1.VI. Memorizzare PASSERI: approccio semplificato per ricordare le più frequenti cause di errore nell'esecuzione di un ECG

	Reperto anomalo	Significato
P	Progressione anormale dell'onda R nelle derivazioni precordiali (onda R predominante in V1, onda S predominante in V6)	Inversione elettrodi precordiali (V1 con V6)
A	Ampiezza del QRS molto bassa (< 1 mm) in una sola derivazione degli arti (derivazione "piatta" isolata)	Inversione elettrodi gamba destra con braccio sinistro o braccio destro
S	Scambiata ampiezza delle onde P (P in D1 più alta che in D2)	Inversione elettrodi braccio sinistro con gamba sinistra
S	Sospetta dextrocardia (onde P negative in D1)	Inversione elettrodi braccio sinistro con braccio destro
E	Estrema deviazione assiale: asse del QR tra +180° e -90° (onda R negativa in D1 e positiva in aVF)	Inversione elettrodi braccio sinistro con braccio destro
R	R positiva in aVR (con onde P positive)	Inversione elettrodi braccio sinistro con braccio destro
I	Identificare artefatti o interferenze, che possono mimare tachicardie o alterazione del tratto ST	



Tabella 1.VII. Riepilogo Perle e Tranelli da ricordare nell'interpretazione di un ECG pediatrico

PERLE

Utilizzare elettrodi e posizione appropriati: gruppi di età diversi richiedono un diverso posizionamento degli elettrodi. Ad esempio, nei neonati e nei lattanti, le derivazioni precordiali devono essere posizionate in modo specifico sul torace, a causa delle maggiori dimensioni del cuore rispetto al torace.

Prestare attenzione ai valori normali per l'età: gli ECG pediatrici hanno valori normali molto diversi rispetto a quelli registrati negli ECG degli adulti. Ad esempio, l'intervallo PR normale è tipicamente più breve nei bambini.

Calcolare l'asse elettrico: una deviazione dell'asse negli ECG pediatrici è comune e spesso normale. Nei bambini una deviazione assiale destra è normale.

Calcolare la frequenza cardiaca: un calcolo accurato della frequenza cardiaca è importante nei bambini con tachicardia o bradicardia. La FC normale nel bambino è maggiore che nell'adulto. Controllare sempre le tabelle di riferimento normalizzate per l'età!

TRANELLI

Errata interpretazione delle varianti normali: alcune varianti normali, come l'onda T prominente nella derivazione III o le onde T negative nelle precordiali destre, possono essere scambiate per patologie e portare alla richiesta di ulteriori test non necessari, se non riconosciute.

Artefatti: i bambini possono essere irrequieti e muoversi durante l'ECG, il che può causare artefatti da movimento. È importante cercare di mantenere il bambino il più tranquillo possibile durante la registrazione.

Inversione delle derivazioni: le inversioni delle derivazioni sono un errore comune nell'interpretazione dell'ECG pediatrico e possono portare a diagnosi errate.

Cardiopatie congenite: le cardiopatie congenite sono relativamente frequenti nei bambini e possono causare alterazioni nell'ECG. Considerare sempre la possibile presenza di una cardiopatia congenita quando si refertano ECG pediatrici

Conclusioni

La refertazione di un elettrocardiogramma pediatrico richiede attenzione ai dettagli, conoscenza delle basi e un approccio olistico. Prendere in considerazione l'età del paziente, conoscere le basi dell'elettrocardiografia, valutare la qualità del segnale, controllare la posizione degli elettrodi, considerare il contesto clinico, applicare criteri diagnostici specifici, valutare l'opportunità di una seconda opinione, sono elementi importanti per ridurre al minimo gli errori interpretativi. Ultimo, ma non per ultimo, è fondamentale rimanere aggiornati sulle più recenti evidenze scientifiche, partecipare a corsi di formazione e consultare fonti affidabili.

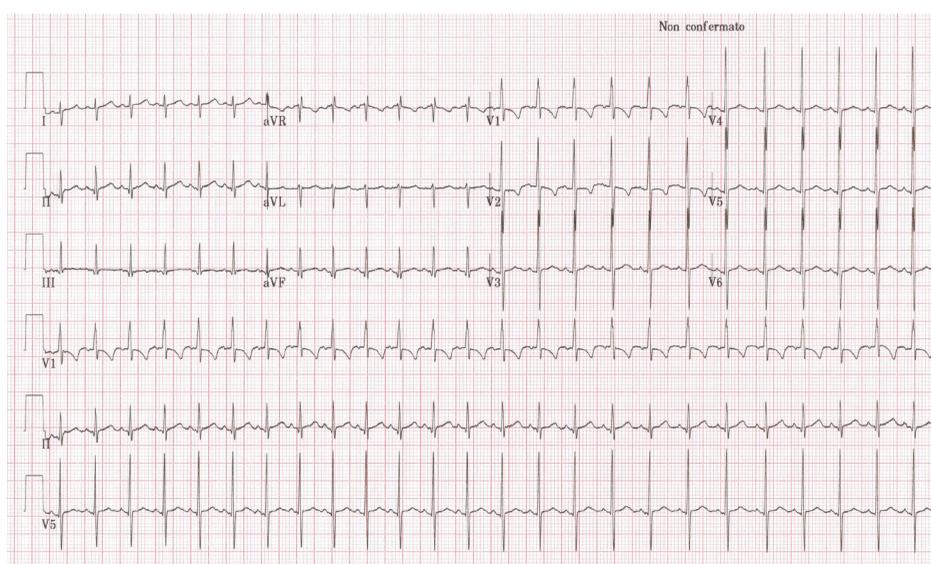


Figura 1.16. Neonata di 20 giorni: ECG normale

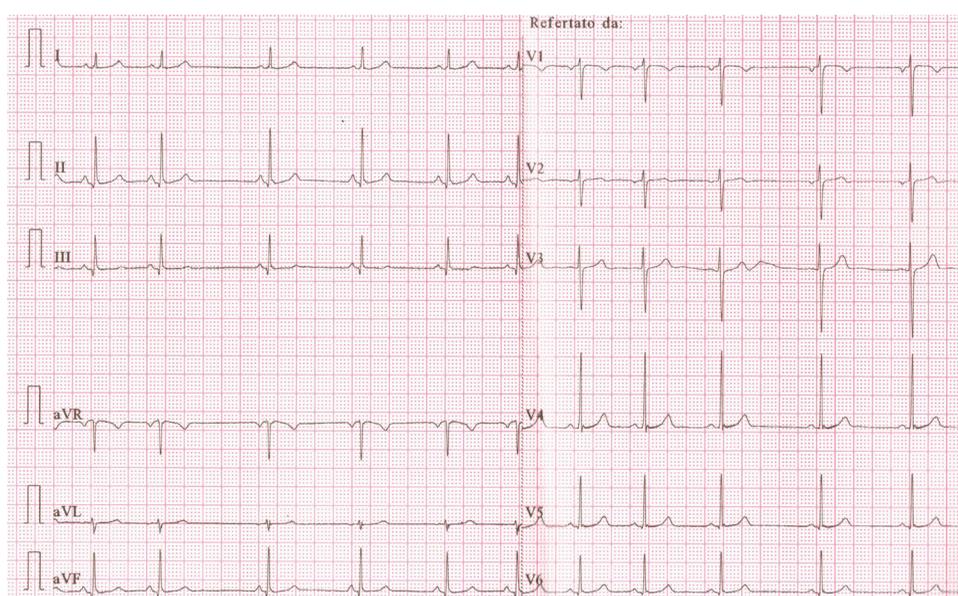


Figura 1.17. Bambina di 9 anni: ECG normale. Notare le differenze significative con il tracciato precedente

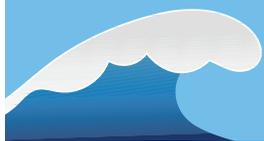


CONSIGLI PER APPROFONDIRE

1. David F Dickinson: The Normal Ecg in Childhood and Adolescence. Heart 2005; 91:1626–1630
2. Elizabeth V. Saarel: Electrocardiograms in Healthy North American Children in the Digital Age; Circ Arrhythm Electrophysiol. 2018
3. L. Lambrechts and B. Fourie: How to interpret an electrocardiogram in children; BJA Education, 20(8): 266-277 (2020)
4. P. R. Rijnbeek, M. Witsenburg et al: New normal limits for the paediatric electrocardiogram; European Heart Journal (2001) 22, 702–711
5. Matthew O'Connor, Nancy McDaniel et al: The pediatric electrocardiogram Part I: Age-related interpretation; American Journal of Emergency Medicine (2008) 26, 506–512
6. Adrian Baranchuk et al: Electrocardiography Pitfalls and Artifacts: The 10 Commandments; Criticalcare nurse Vol 29, No. 1, February 2009



Scansiona il QR Code per visionare il materiale digitale



Uomo libero, tu amerai sempre il mare! (Charles Baudelaire)

Note Biografiche

Vorrei presentarmi non in maniera asettica attraverso un elenco freddo di date e titoli accademici, tralascierò quindi ogni formalità. Mi scuserete e scuserete anche l'uso della prima persona, inusuale in questi contesti.

Il mio curriculum è comunque molto facilmente reperibile, per chi avesse voglia di leggerlo.

Sono nato a Messina, 66 anni fa. Mio Nonno e mio Padre erano pediatri, anche mio Fratello lo era, forse il percorso della mia vita era già scritto: dedicare tutte le mie energie alla cura dei piccoli cuori. Sono sposato e padre di una splendida figlia (che non ha seguito la mia strada, con mia grande gioia).



Le mie radici accademiche, dopo la laurea, si sono sviluppate attraverso due specializzazioni, una in cardiologia e l'altra in pediatria, aprendo la strada ad una passione che avrebbe plasmato il corso della mia carriera. Sono diventato professore associato di pediatria molto giovane e ho avuto l'onore di guidare, in qualità di Direttore, la struttura complessa di cardiologia pediatrica a Catania.

Il mio percorso di formazione si è intrecciato con diverse città di tutto il mondo, da Parma a Milano a Padova, da Parigi a San Francisco, passando per Rotterdam e tanti altri luoghi straordinari. Queste esperienze hanno arricchito il mio bagaglio professionale e umano, conferendomi una prospettiva cosmopolita sulla medicina e sulla vita stessa.

La mia carriera di cardiologo pediatrico è stata la realizzazione di un sogno. Mia moglie scherza dicendo che è la cosa che faccio meglio (non si sbaglia di tanto!), ma la verità è che adoro i bambini e mi sento veramente a mio agio con loro.

Oltre alla mia passione per la pediatria, nutro un amore profondo per il mare che riflette il mio spirito libero e indipendente e un'affinità naturale per l'arte in tutte le sue sfumature.

La lettura è un'altra mia grande passione, in particolare mi appassiona la Divina Commedia, il viaggio iniziatico per eccellenza, che ha ispirato e dato significato e bellezza alla mia ricerca. Ho fondato molti anni fa una associazione per portare la lettura ai bimbi ospedalizzati...

Sono molto sensibile ai problemi sociali, in particolar modo a quelli che riguardano i minori, e mi sforzo di dare sempre il mio piccolo contributo e la mia testimonianza, laddove possibile.

Amo insegnare e diffondere il più possibile le mie conoscenze. Penso che la condivisione e la generosità nel donarsi rappresentino un dovere per tutti, soprattutto per i più fortunati.

*Dopo tante collaborazioni prestate per prestigiose opere di colleghi super bravi e famosi (dal compianto Giorgio Bartolozzi a Gianni Bona, solo per citarne alcuni), che ringrazio sempre per le grandi opportunità, ho deciso di "mettermi in proprio" e di provare a scrivere un testo, seguendo solo le mie idee ed il mio istinto. **Così nasce "Elettrocardiografia Pediatrica un approccio semplificato".***

In ogni pagina di questo libro, alla cui preparazione ho dedicato con passione anni di lavoro, ho cercato di trasmettere il mio impegno, la mia dedizione e il mio amore per la cardiologia e l'elettrocardiografia pediatrica, tentando di armonizzare rigore scientifico e umanesimo.

A voi dire se ci sono riuscito!

Dediche

Al mio amato fratello Filippo,

che non è più tra noi fisicamente, ma continua a vivere nei nostri cuori.

Egli ha rappresentato per me un esempio di bontà, onestà e serietà. Le sue virtù e il suo amore incondizionato hanno illuminato il mio cammino, ed ogni parola di questo testo è ispirata dalla sua saggezza e dalla sua generosità.

Dedicandoti questo libro, Caro Filippo, voglio onorare il tuo ricordo e provare a portare avanti l'eredità di gentilezza, empatia e solidarietà che hai lasciato.

A mia moglie Renata e a mia figlia Caterina Pia,

siete i pilastri della mia vita, la mia forza e la mia ispirazione. La vostra pazienza infinita, la vostra comprensione profonda e i vostri incoraggiamenti costanti sono stati il motore che mi ha spinto a superare ogni ostacolo e a dare vita a queste pagine.

Senza il vostro prezioso supporto, questo libro non avrebbe mai visto la luce.

A tutte le centinaia di colleghi, maggioranza silenziosa,

che hanno seguito con passione ed impegno i miei corsi di Elettrocardiografia in questi anni. Siete stati voi, con il vostro entusiasmo ed il vostro sostegno, a fornirmi le motivazioni necessarie per affrontare questa impresa titanica. Vi avvolgo tutti in un abbraccio simbolico.

Ringraziamenti

Voglio ringraziare l'Editore Biomedica per lo straordinario supporto, mai venuto meno.

Ma soprattutto desidero esprimere la mia più sincera gratitudine al Direttore Responsabile, Raffaella Agosta, per avere sempre creduto nel progetto e per l'Amicizia e la Stima Vera che mi ha sempre manifestato.

Grazie Raffaella!

Ultimo ma non per ultimo, voglio ringraziare la Coordinatrice Editoriale, Lucrezia Monterisi, per la gentilezza, la professionalità, la competenza e la pazienza dimostrata nell'assecondare tutte le mie fisime, anche le più stravaganti...

Se questo libro ha una veste tipografica accattivante e innovativa, il merito è tutto suo.

Grazie Lucrezia!



ELETTROCARDIOGRAFIA PEDIATRICA UN APPROCCIO SEMPLIFICATO



Ivan Aivazovsky *la nona onda*, 1850

Orazione di Enea per chiedere ospitalità a Didone, regina di Cartagine:

Huc pauci vestris adnavimus oris. Quod genus hoc hominum? quaeve hunc tam barbara morem permittit patriā? hospitio prohibemur harenae; bella cient primaque vetant consistere terra. Si genus humanum et mortalia temnitis arma, at sperate deos memores fandi atque nefandi.

Qui, in pochi, nuotammo alle vostre spiagge. Che razza di uomini è questa? O quale patria così barbara permette simile usanza? Ci negano il rifugio della sabbia; dichiarano guerra e ci vietano di fermarci sulla terra più vicina. Se disprezzate il genere umano e le armi degli uomini, temete almeno gli Dei, memori del bene e del male.

Sono alcuni versi dell'Eneide di Publio Marone Virgilio, poema composto tra il 29 a.C. e il 19 A.C. Questa grandiosa opera epica, alla base della nostra cultura, racconta da oltre duemila anni, la "lotta per la vita" di un uomo e dei suoi compagni. La leggendaria storia di un gruppo di profughi che, per sfuggire dalla guerra, viaggiarono tra tempeste, morti e naufragi per il Mediterraneo, fino ad approdare nel Lazio e diventare i progenitori del popolo romano.