

# eHealth

Innovazione e Tecnologia in Ospedale

61 gen/feb 2018

MIS  
Management  
in Sanità

52  
ECM

ISSN 2038 - 4238  
Bimestrale - Anno X - Poste Italiane S.p.A.  
Sped. in Abb. Postale - D.L. 353/2003  
(conv. in L. 27/02/2004 n. 46) Art. 1 Comma 1 - DCB Roma

corso di alta formazione

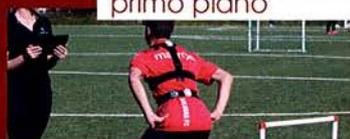
HTA

imaging biomedico



Potenzialità e risorse  
per l'ospedale di nuova  
generazione

primo piano



Nuove applicazioni  
per la tecnologia  
indossabile

informatica



Touch Surgery,  
un'innovativa app  
che allena i chirurghi

Il protagonista del mese  
**Armando Ferraioli**

Bioingegnere - Studio di Ingegneria Medica  
e Clinica - Cava De' Tirreni (SA)

focus

ICS Maugeri e Carestream



5 editoriale

6 overview

8 **protagonista del mese**

L'ECG a 18 derivazioni

*Armando Ferraioli*

13 **primo piano**

Le nuove frontiere  
della tecnologia indossabile

*Laura Rota*

18 **focus**

ICS Maugeri e Carestream

*Paolo Poggi, Paolo Migliavacca*

contatta la redazione

QR



Per accedere ai contenuti da QRCode, devi utilizzare un lettore QR. Inquadra il codice

QR tramite la fotocamera digitale del tuo telefono. Il tuo cellulare aprirà l'indirizzo corrispondente.

Se non hai un lettore QR installalo sul tuo cellulare o smartphone, puoi trovarne molti gratuiti nei negozi/store di applicazioni per il tuo cellulare (iTunes, App store, Android market, Blackberry Appworld, Ovi store, ecc.).

24 **IMAGING BIOMEDICO**

Le potenzialità della risonanza magnetica da 3 Tesla

*Milena Calderone*

28 Guardare e non toccare...  
imaging touchless in sala operatoria

*Palmino Sacco*

32 TSRM e stampa 3D: il progetto RADLAB

*Dario Baldi*

36 L'imaging biomedico in sala operatoria

*Elisa Flavi*

40 Nuove Frontiere nell'imaging biomedico:  
la radiomica

*Michele Avanzo, Giovanni Pirrone*



**45** corso di alta formazione in HTA

Valutazione delle tecnologie sanitarie:  
dalle esperienze sul campo  
alla formazione universitaria

Chirurgia del glaucoma  
e alternative procedurali:  
una valutazione di HTA

*Emanuela Foglia, Lucrezia Ferrario, Francesco Bandello,  
Paolo Bettin, Federico Di Matteo, Federico Marcoli,  
Graziano Gussoni, Antonio Fea, Enrico Gremmo,  
Simonetta Morselli, Davide Croce*

**55** la struttura

L'ossigeno al 93% è una realtà  
*Artemio Brusa, Paolo Colombo*

**60** fisica medica

Giornata Internazionale  
della Fisica Medica  
*Lorenzo Nicola Mazzoni*

**64** informatica in sanità

Touch Surgery, la *app*  
che allena i chirurghi  
*Danilo Poccia*

**67** Tutte le risposte a portata di click

*Massimiliano Genna*

**70** VETRINA

La rivista  
eHealth sceglie  
quest'anno di  
ospitare un corso  
di formazione  
specifico in HTA.



Il perché di questa scelta è presto detto: considerato il crescente sviluppo delle tecnologie applicate in ambito ospedaliero e l'innegabile esigenza di ottimizzare spese e risorse, è sembrato doveroso da parte nostra offrire ai nostri lettori un approfondimento sull'Health Technology Assessment che, come è noto, è un campo multidisciplinare di ricerca che studia le implicazioni mediche, sociali, etiche ed economiche dello sviluppo, della diffusione e dell'uso delle tecnologie sanitarie. Ad aiutarci in questa mission, sono i docenti del corso di specializzazione in HTA dell'Università Cattaneo di Varese.



Armando Ferraioli

*Bioingegnere - Studio di Ingegneria  
Medica e Clinica - Cava De' Tirreni (SA)*

Maria Giulia Mazzone

*Direttore Responsabile*

autore

# L'ECG a 18 derivazioni

Il protagonista di questo mese, il dott. Armando Ferraioli, ci presenta i dettagli di una nuova tecnica studiata ed applicata allo scopo di ottenere maggiori informazioni nel rilevamento dell'infarto della parete posteriore o destra del cuore. Ecco quindi una panoramica esaustiva di come funziona un ECG a 18 derivazioni e di quali sono le sue potenzialità diagnostiche

La malattia ischemica cardiaca è una delle maggiori cause di eventi patologici riscontrabili in tutto il mondo. Si è stimato a livello mondiale che il 50% delle cause di morte sia dovuto a malattie cardiovascolari di cui una metà da attribuire all'infarto miocardico. La diagnosi dell'infarto acuto del miocardio (AMI) richiede una valutazione congiunta degli aspetti clinici, elettrocardiografici e dell'attività enzimatica del siero. Il segmento ST dell'ECG (elevazione nelle derivazioni sovrapposte all'infarto e depressione delle reciproche derivazioni) risulta essere precocemente alterato in corso di un AMI ed è inoltre uno dei segnali indiretti del danno miocardico. Quest'ultimo avviene sull'inversione di onde patologiche Q e T. In molti casi (circa il 50% dei pazienti con AMI), esso non viene mostrato in variazioni diagnostiche dell'ECG. L'ECG standard a 12 derivazioni è uno strumento relativamente insensibile per rilevare l'infarto miocardico posteriore. L'infarto acuto miocardico (AMI) della parete posteriore e l'infarto miocardico del ventricolo destro sono sotto-diagnosticati in quanto l'ECG standard a 12 derivazioni, non accedendo direttamente su queste aree, dà origine a notevoli e perniciosi ritardi nelle diagnosi precoci inficiando un pronto intervento terapeutico.

Le derivazioni  $V_7$ ,  $V_8$ ,  $V_9$  mostrano la parete posteriore del ventricolo sinistro mentre le derivazioni  $V_{3R}$ ,  $V_{4R}$ ,  $V_{5R}$  riflettono lo stato del ventricolo destro e della sua parete posteriore. L'utilizzo di queste derivazioni aggiuntive non solo può confermare la presenza di un AMI, ma può fornire una più accurata riflessione della vera estensione del danno

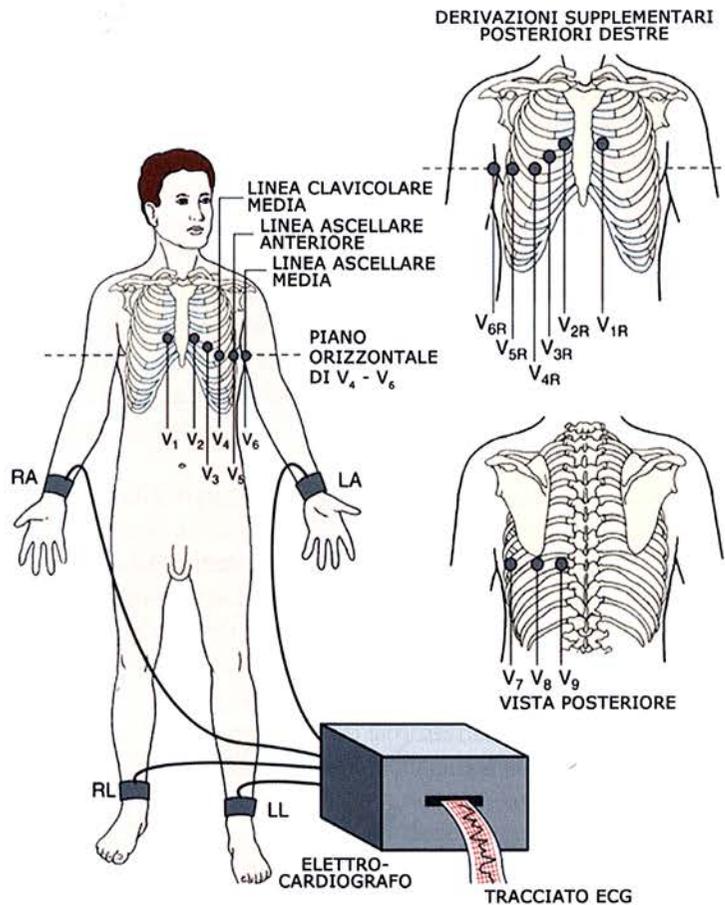


Fig. 1



miocardico, aiutare ad identificare il vaso occluso prima di un intervento coronarico percutaneo, ridurre il rischio, consentire di pianificare la procedura dell'intervento da effettuare, identificare una riuclusione dopo un intervento coronarico. L'ECG a 15 derivazioni può essere utilizzato di routine in caso di pazienti con verosimile dolore toracico ischemico. La diagnosi precoce ed accurata dell'AMI è clinicamente essenziale poiché le varie procedure di riperfusione permettono una riduzione della dimensione dell'infarto. L'elettrocardiogramma (ECG)

è la riproduzione grafica dell'attività elettrica del cuore durante il suo funzionamento, registrata sulla superficie del corpo. Sinteticamente si può asserire che un ECG standard non è altro che la registrazione dell'attività elettrica del cuore, esplorata contemporaneamente da dodici posizioni diverse su due piani: quello frontale, per le sei derivazioni periferiche rilevate dagli arti di cui 3 bipolari (I, II, III) e 3 unipolari ( $aV_R$ ,  $aV_L$  e  $aV_F$ ) e quello trasversale, per le 6 derivazioni precordiali unipolari ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$ ,  $V_5$ ,  $V_6$ ). Per poter diagnosticare l'infarto acuto posteriore e l'infarto del miocardio ventricolare destro, è necessario posizionare differenti elettrodi oltre quelli standard (ovvero delle 12 derivazioni), per evitare che la diagnosi sia sottostimata ritardando eventuali interventi o trattamenti. In particolare, è necessario posizionare gli elettrodi anche sul dorso del paziente dove però i tradizionali elettrodi a ventosa non potrebbero essere posizionati, perché il paziente dovrebbe essere rigitato e, anche e soprattutto in situazioni di emergenza, sarebbe oltremodo difficoltoso apporre elettrodi posteriori (con ovvia complicanza per la procedura dell'esame). Questa nuova metodica "ECG sintetizzato a 18 derivazioni" utilizza le forme d'onda dell'ECG a 12 derivazioni per derivare matematicamente le forme d'onda sintetizzate dello stato del ventricolo destro e della parte posteriore del ventricolo sinistro (ovvero le derivazioni  $V_{3R}$ ,  $V_{4R}$  e  $V_{5R}$ ) e le forme d'onda sintetizzate della parete posteriore del ventricolo sinistro (ovvero  $V_{7r}$ ,  $V_{8r}$  e  $V_{9r}$ ). La procedura di misura è la stessa per l'ECG a 12 derivazioni, con l'acquisizione di maggiori informazioni ottenute dall'ECG sintetizzato a 18 derivazioni, utilissime per il rilevamento dell'infarto della parete ventricolare destra o della parete posteriore del ventricolo sinistro. L'ECG standard a 12 derivazioni non valuta queste aree direttamente, mentre le derivazioni  $V_7$ ,  $V_8$  e  $V_9$  valutano la parete posteriore del ventricolo sinistro, le derivazioni  $V_{3R}$ ,  $V_{4R}$  e  $V_{5R}$  (Fig. 1) riflettono

lo stato del ventricolo destro e la parte posteriore del ventricolo sinistro. In sintesi, si può dire che l'infarto miocardico posteriore non è usualmente visibile con le derivazioni standard.

La depressione del tratto ST è assente nelle derivazioni anteriori di alcuni pazienti che hanno il sopraslivellamento del tratto ST nelle derivazioni posteriori, con il rallentamento della diagnosi e l'implementazione della terapia trombolitica. L'ECG sintetizzato a 18 derivazioni derivato dalle 12 derivazioni, può fornire forme d'onda virtuali della parte destra del torace ( $V_{3R}$ ,  $V_{4R}$  e  $V_{5R}$ ) e delle derivazioni posteriori ( $V_7$ ,  $V_8$  e  $V_9$ ). Nella tecnologia degli elettrocardiografi specialistici, le in-

formazioni vengono fornite da computazioni matematiche utilizzando le 12 derivazioni tradizionali senza ulteriore utilizzo di derivazioni addizionali o tecniche innovative. Nella recente letteratura medica, l'utilità dell'ECG sintetizzato a 18 derivazioni è già ampiamente dimostrato per la diagnosi dell'infarto acuto miocardico nel ventricolo destro o nella sindrome di Brugada. Il principio di funzionamento della nuova tecnica è che il vettore cardiaco ( $V$ ) viene stimato utilizzando le 12 derivazioni standard ( $j$ ) e proiettato in derivazioni addizionali ( $i$ ). Nelle elaborazioni effettuate, ogni derivazione addizionale ( $i$ ) viene derivata con un calcolo matriciale di ogni coefficiente ( $\alpha$ ) per ogni derivazione standard ( $j$ ). Il coefficiente ( $\alpha$ ) risulta da circa 150 registrazioni effettuate precedentemente da ogni derivazione del lato destro dell'ECG con la metodica del minimo quadrato:

$$V_i = \sum_j \alpha_{ij} \cdot V_j$$

L'ECG standard a 12 derivazioni e l'ECG sintetizzato a 18 derivazioni vengono visualizzati utilizzando un VIEWER specialistico sulla stessa

Il principio di funzionamento della nuova tecnica è che il vettore cardiaco ( $V$ ) viene stimato utilizzando le 12 derivazioni standard ( $j$ ) e proiettato in derivazioni addizionali ( $i$ ). Nelle elaborazioni effettuate, ogni derivazione addizionale ( $i$ ) viene derivata con un calcolo matriciale di ogni coefficiente ( $\alpha$ ) per ogni derivazione standard ( $j$ )

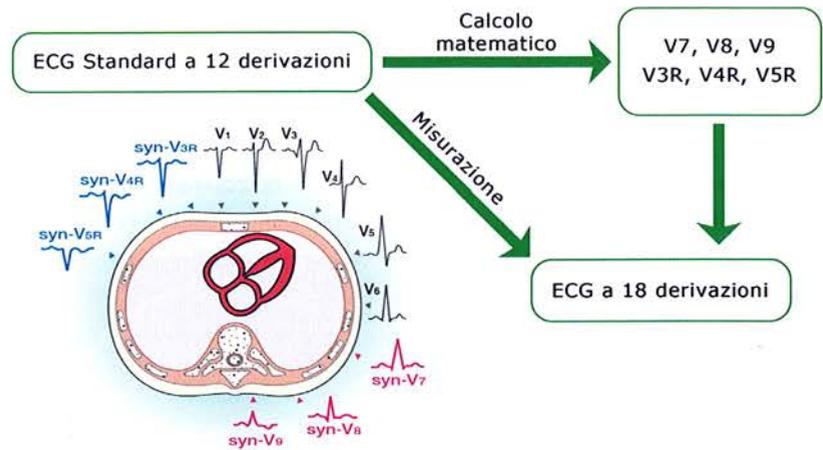


Fig. 2

	V3R	V4R	V5R
$ R \cdot R'  < 0.24 \text{ mV}$	97.3684	98.6842	98.6842
$ Q \cdot Q'  < 0.67 \text{ mV}$	99.3421	98.6842	98.6842
$ ST \cdot ST'  < 0.1 \text{ mV}$	97.3684	99.3421	99.3421
Correlazione $> 0.8$	97.3684	94.7368	88.8158

	V7	V8	V9
$ R \cdot R'  < 0.46 \text{ mV}$	97.3684	98.6842	98.6842
$ Q \cdot Q'  < 0.05 \text{ mV}$	99.3421	98.6842	98.6842
$ ST \cdot ST'  < 0.1 \text{ mV}$	98.6755	98.6755	99.6755
Correlazione $> 0.8$	98.6755	90.0662	76.1589

Tab. 1

pagina, brevettato dalla Nihon Kohden Inc. Il principio delle forme d'onda sintetizzate si basa sul fatto che i vettori cardioelettrici istantanei vengono misurati continuamente dai dati desunti dalle 12 derivazioni standard mentre l'ECG delle derivazioni virtuali destre ( $V_{3R}$ ,  $V_{4R}$ ,  $V_{5R}$ ) e delle derivazioni virtuali posteriori ( $V_{7r}$ ,  $V_{8r}$ ,  $V_{9r}$ ) viene sintetizzato da questi dati. L'esempio di Fig. 2 riporta un tracciato di forme d'onda realmente misurate e forme d'onda sintetizzate.

È possibile in questo modo ottenere una serie importante di dati che hanno un'ottima correlazione con l'ECG misurato per cui si può asserire che si possono ottenere informazioni ottimali relative alle condizioni del cuore. La Tab. 1 mostra l'alta correlazione tra le forme d'onda delle 12 derivazioni e le derivazioni sintetizzate.

Risulta evidente che in pazienti che hanno un significativo sovraslivellamento del tratto ST dovuto all'infarto miocardico acuto del ventricolo destro o sulla parete posteriore per cui, le derivazioni sintetizzate per il ventricolo destro e per la parete posteriore diventano indispensabili per identificare un'ischemia invisibile difficile da identificare con l'ECG standard a 12 derivazioni. Le derivazioni  $V_{7r}$ ,  $V_{8r}$ ,  $V_{9r}$  (elettrodi montati in estensione a  $V_{1r}$ ,  $V_{2r}$ ,  $V_{3r}$ ,  $V_{4r}$ ,  $V_{5r}$ ,  $V_{6r}$ ) e  $V_{3R}$ ,  $V_{4R}$ ,  $V_{5R}$  (derivazioni simmetriche di  $V_{3r}$ ,  $V_{4r}$ ,  $V_{5r}$  con elettrodi posizionati simmetricamente sul dorso), permettono una corretta diagnosi dell'infarto del miocardio posteriore, del cuore polmonare, dell'embolo polmonare, dell'infarto del ventricolo destro, dell'ipertrofia ventricolare destra, della destrocardia e di altre malattie del ventricolo destro stress-correlate. L'evidente difficoltà di posizionare gli elettrodi sul dorso del paziente che in tal caso dovrebbe assumere una posizione innaturale (soprattutto in situazioni di emergenza), necessita di ricavare matematicamente queste derivazioni. La nuova tecnica utilizza relazioni tra i potenziali, misurati dalle derivazioni standard, dal vettore cardiaco e dai vettori derivati, per poter determinare il vettore cardiaco sulla base dei potenziali misurati da un rilevatore e calcolare i potenziali delle derivazioni estese utilizzando il vettore cardiaco determinato. L'algoritmo brevettato utilizza i potenziali misurati dal rilevatore e li elabora utilizzando i coefficienti di trasferimento  $\alpha$  che rappresentano una relazione tra le derivazioni. Sinteticamente un elettrocardiografo con funzione di derivazioni estese comprende:

- un rilevatore di potenziali per misurare le 12 derivazioni standard;
- un software (algoritmo brevettato) che dai potenziali delle 12 derivazioni standard misurate, calcola le derivazioni estese  $V_{7r}$ ,  $V_{8r}$ ,  $V_{9r}$  e  $V_{3R}$ ,  $V_{4R}$  e  $V_{5R}$ .

Il principio dell'algoritmo è che i vettori della forza elettromotrice cardiaca istantanea siano calcolati in continuo dalle 12 derivazioni standard e processati matematicamente, per ottenere le 6 derivazioni sintetizzate (cioè del torace destro e del torace postero-laterale ovvero  $V_{3R}$ ,  $V_{4R}$ ,  $V_{5R}$  e  $V_{7r}$ ,  $V_{8r}$  e  $V_{9r}$ ) con il vantaggio di evitare l'applicazione di ulteriori elettrodi, difficoltosi e scomodi per il paziente (soprattutto in emergenza), e permettere così una diagnosi rapida del ventricolo posteriore sinistro o dell'infarto inferiore associato con l'infarto ventri-

L'algoritmo brevettato utilizza i potenziali misurati dal rilevatore e li elabora utilizzando i coefficienti di trasferimento  $\alpha$

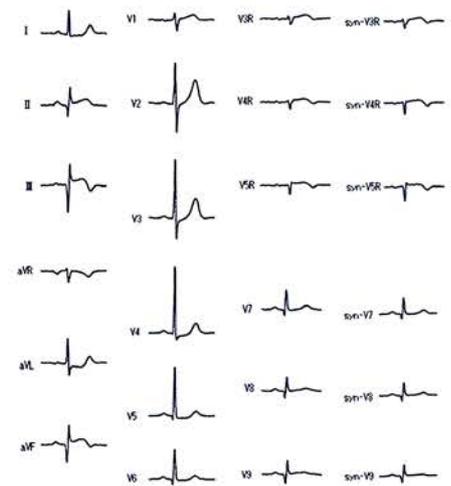


Fig. 3

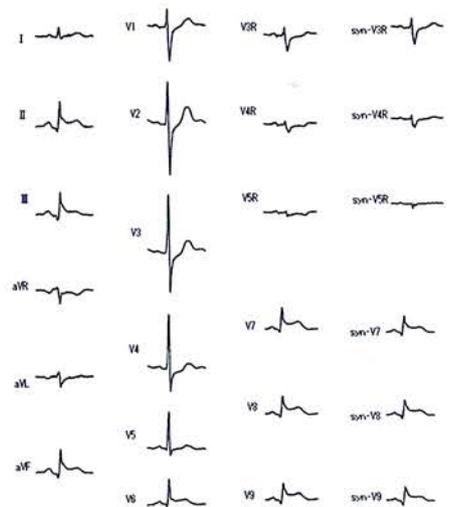


Fig. 4

	V3R	V4R	V5R	V7	V8	V9
P width	0.97	0.94	0.91	0.98	0.94	0.93
P amplitude	0.88	0.93	0.92	0.94	0.85	0.81
QRS width	0.97	0.91	0.88	0.98	0.91	0.86
QRS amplitude	0.96	0.92	0.89	0.92	0.81	0.81
QT interval	0.93	0.91	0.84	0.93	0.86	0.88
T amplitude	0.96	0.93	0.93	0.89	0.79	0.65
T morphology	86.0	72.1	81.4	82.7	82.7	82.7
Coincident rate (%)						
N = 44 for V3R-V5R, N = 52 for V7-V9						

Tab. 2

colore destro. Tutte le variabili dell'ECG, includendo la larghezza e l'ampiezza dell'onda P, la larghezza e l'ampiezza del QRS, l'ampiezza dell'onda T e l'intervallo QT, vengono automaticamente calcolate, individualmente comparate, correlate alle registrazioni realmente misurate, con i segnali sintetizzati calcolati per le derivazioni aggiuntive. Le deviazioni standard vengono calcolate mediante un'analisi di regressione lineare, utilizzata per valutare la consistenza delle variabili ECG, le forme d'onda e l'ECG sintetizzato. I segnali sintetizzati sono sovrapponibili per tutte le derivazioni estese come si può constatare dalle Fig. 3 e 4. La Tab. 2 mostra i coefficienti di correlazione dei parametri ECG tra le derivazioni rilevate e quelle sintetizzate. In conclusione, la nuova tecnologia elettrocardiografica rileva le 12 derivazioni standard dal paziente. Tutti i dati vengono digitalizzati dall'ECG standard e processati istantaneamente, con un campionamento di 1 KHz. I dati vengono trasferiti in un sistema informativo per l'analisi ed utilizzando un software brevettato dalla Nihon Kodan (ECAPS 18), vengono generate automaticamente le derivazioni sintetizzate.

La Fig. 5 mostra la perfetta corrispondenza tra le derivazioni  $V_{3R}$ ,  $V_{4R}$ ,  $V_{5R}$  rilevate e sintetizzate, la Fig. 6 mostra tale corrispondenza per le derivazioni  $V_7$ ,  $V_8$ ,  $V_9$ . ■

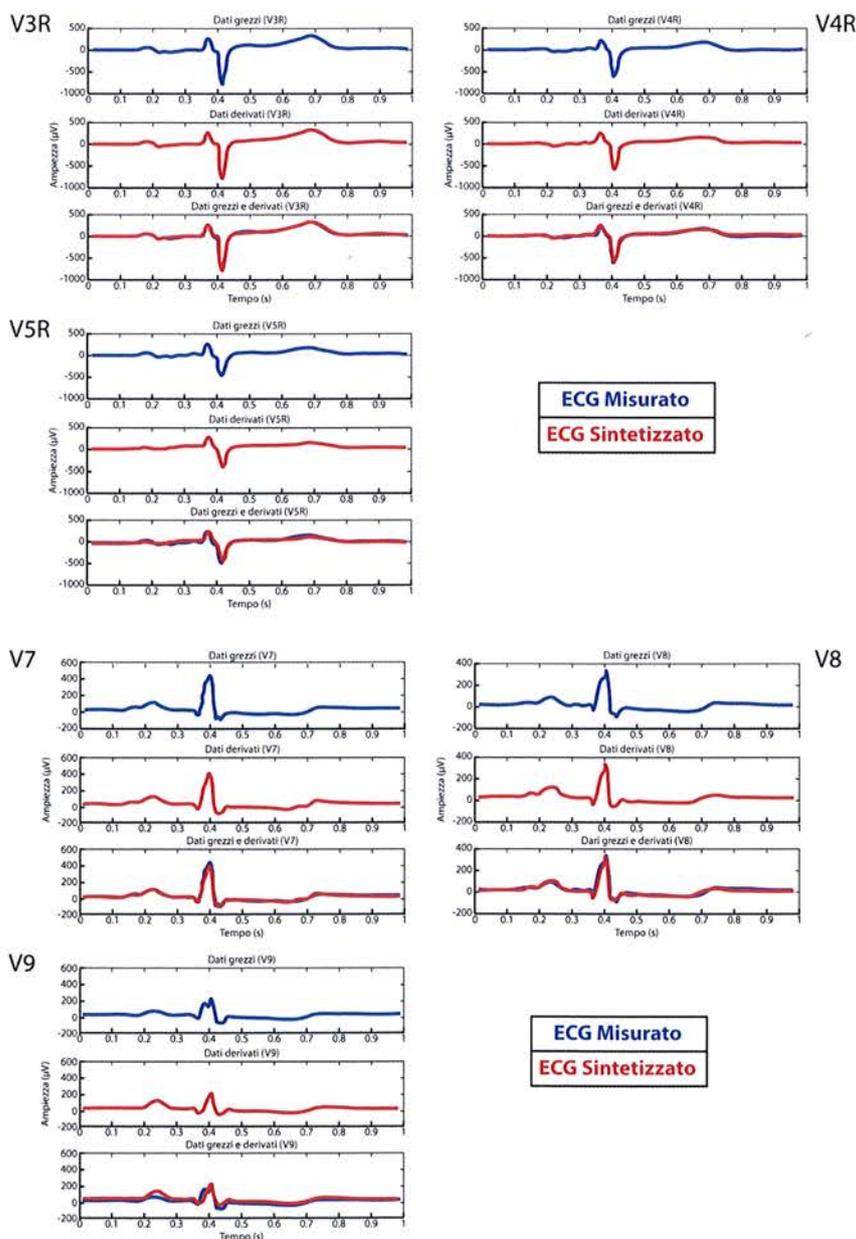


Fig. 5