



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

---

Corso di Laurea triennale in  
**INGEGNERIA BIOMEDICA**

**MONITORAGGIO CARDIOVASCOLARE NEL  
GIOCO DEL BASKET  
CARDIOVASCULAR MONITORING IN  
BASKETBALL**

Relatore:  
Prof.ssa Laura Burattini

Rapporto Finale di:  
Centis Giovanni

Anno Accademico 2021/2022



## **ABSTARCT**

Lo scopo di questo studio è confermare quanto sia importante il monitoraggio cardiovascolare in ambito sportivo, nell'essere a conoscenza degli eventuali rischi a cui è esposto l'atleta e nel cercare di prevenire eventuali arresti cardiaci o morti cardiache improvvise. Ciò che caratterizza gran parte dei rischi sono le malattie o le disfunzioni cardiache, il più di queste si verifica senza preavviso o con sintomatologia estremamente ridotta, la maniera più efficiente per poter individuarle è avere il più possibile sotto controllo la attività elettrica del cuore e per fare ciò si utilizzano cardiofrequenzimetri e dispositivi portatili per riuscire ad ottenere l'elettrocardiogramma e la serie di frequenza cardiaca durante gli allenamenti.

In questo studio è stato svolto il monitoraggio cardiovascolare attraverso il dispositivo Kardiamobile 6L in atleti maschi che praticano un allenamento di basket, sport che oltre competenze tecniche richiede determinati standard fisici, ossia corporature massicce che diversamente da quello che ci si aspetti sono tra quelle più a rischio tra tutti gli sport.

Per avere una visione completa delle condizioni dell'individuo che si vuole studiare, è necessario sono state effettuate più acquisizioni: la prima vede il soggetto a riposo in modo da avere un elettrocardiogramma di riferimento mentre le altre lo vedono in fase di recupero dopo l'allenamento per studiare come il soggetto reagisce allo sforzo stesso.

Il risultato delle acquisizioni è stato un database comprendente tracciati elettrocardiografici di atleti praticanti basketball sia a riposo che sotto sforzo durante un allenamento come supporto a studi futuri su indici cardiovascolari di performance e di rischio cardiaco.

# INDICE

INTRODUZIONE .....	I
<b>1 SISTEMA CARDIOVASCOLARE .....</b>	<b>2</b>
1.2. Fisiologia .....	5
1.3. Elettrocardiogramma .....	8
<b>2. BASKET .....</b>	<b>12</b>
2.1 Storia del basket .....	12
2.2 Regolamento .....	13
2.3 Situazioni tecniche .....	14
2.4 Allenamenti nel basket .....	17
<b>3 MONITORAGGIO CARDIOVASCOLARE NEL BASKET .....</b>	<b>19</b>
3.1 Rischio cardiovascolare nel basket .....	19
3.2 Incremento delle performance sportive .....	27
<b>4 SENSORISTICA INDOSSABILE .....</b>	<b>30</b>
4.1 Dispositivi indossabili e mobili per l'acquisizione dell'elettrocardiogramma .....	30
4.2 Sixlead Kardia Alivecor .....	33
<b>5 Costruzione database .....</b>	<b>37</b>
5.1 Protocollo di acquisizione dati .....	37
5.2 Acquisizione dati .....	37
<b>6. DISCUSSIONE E CONCLUSIONE .....</b>	<b>76</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>II</b>
<b>RINGRAZIAMENTI .....</b>	<b>IV</b>

## INTRODUZIONE

I fattori di rischio per un atleta non sono pochi, basta pensare a tutti gli infortuni a cui va incontro il soggetto durante l'attività stessa, molti di questi però hanno conseguenze lievi se non nulle con il passare del tempo. In questo studio si vogliono osservare i fattori di rischio più pericolosi per l'atleta che sono senza dubbio le problematiche di tipo cardiovascolare, infatti episodi come arresto cardiaco e morte cardiaca improvvisa sono proprio i principali responsabili dei decessi durante l'esercizio sportivo, sia per quanto riguarda i professionisti che per quanto riguarda gli amatoriali.

La risoluzione parziale a questo problema si ha nel monitoraggio cardiovascolare: è importante controllare lo sforzo a cui è sottoposto il soggetto e soprattutto qual è la risposta dell'organismo allo sforzo stesso. Questo risulta fondamentale sia per prepararsi al meglio per le competizioni sia per avere una visione generale delle problematiche cardiache che possono coinvolgere l'individuo preso in questione.

La tecnologia in tutto ciò sta facendo passi da giganti e infatti non è nuovo vedere soprattutto atleti professionisti monitorati a livello cardiovascolare non solo durante le competizioni ma anche durante tutte le sedute di allenamento. Anche per i non professionisti, soprattutto in Italia, l'attenzione verso questo aspetto risulta essere piuttosto elevata: vengono svolte periodicamente visite medico-sportive per controllare che il funzionamento del cuore sia idoneo alle attività sportive svolte.

La visita viene sempre affiancata ad un elettrocardiogramma, cioè il tracciato che permette di vedere i fenomeni elettrici del cuore, qui si pone attenzione alle varie curve del grafico in due differenti momenti: il primo quando il soggetto è a riposo mentre il secondo quando il soggetto è sotto-sforzo. L'elettrocardiogramma può essere anche acquisito attraverso sensoristica indossabile o portatile per garantire un monitoraggio cardiaco continuo durante gli allenamenti.

L'obiettivo di questo studio è monitorare gli atleti durante gli allenamenti di Basketball, e quindi costruire un database di segnali elettrocardiografici acquisiti durante l'allenamento.

.



# 1 SISTEMA CARDIOVASCOLARE

## 1.1. Anatomia

Il cuore è un muscolo involontario disposto nella cavità toracica, più precisamente nel mediastino, ossia lo spazio che separa i due polmoni, è localizzato posteriormente rispetto al piano sternale. L'asse del cuore non è esattamente verticale ma è leggermente spostato verso sinistra, in modo che circa i due terzi del cuore siano alla sinistra del piano mediano (Figura 1.1). È possibile considerare la suddivisione del cuore in due parti: la base e l'apice [1]. Per base si intende la porzione superiore dove prendono attacco i grandi vasi, che sono: arteria polmonare, vene polmonari, aorta, vena cava superiore e vena cava inferiore. Per apice si intende la parte inferiore che si restringe in una punta smussa, situata immediatamente al di sopra del diaframma. Un cuore adulto ha le dimensioni che possono essere grossolanamente approssimate a quelle di un pugno. Il cuore è avvolto all'interno di due fogli chiamati pericardio (figura 1.2.a e 1.2.b). Il foglietto esterno è il sacco pericardico (o pericardio parietale) che comprende uno strato fibroso in superficie e uno strato sieroso in profondità. Il foglietto interno è detto epicardio (o pericardio viscerale), riveste la superficie del cuore e lo andremo a descrivere nella parte successiva dedicata alla parete cardiaca [1]. A dividere i due foglietti c'è la cavità pericardica che contiene liquido pericardico, per cui la cavità pericardica si trova lungo tutta la superficie del cuore. Da qui nasce la figura associata al rapporto di posizione tra

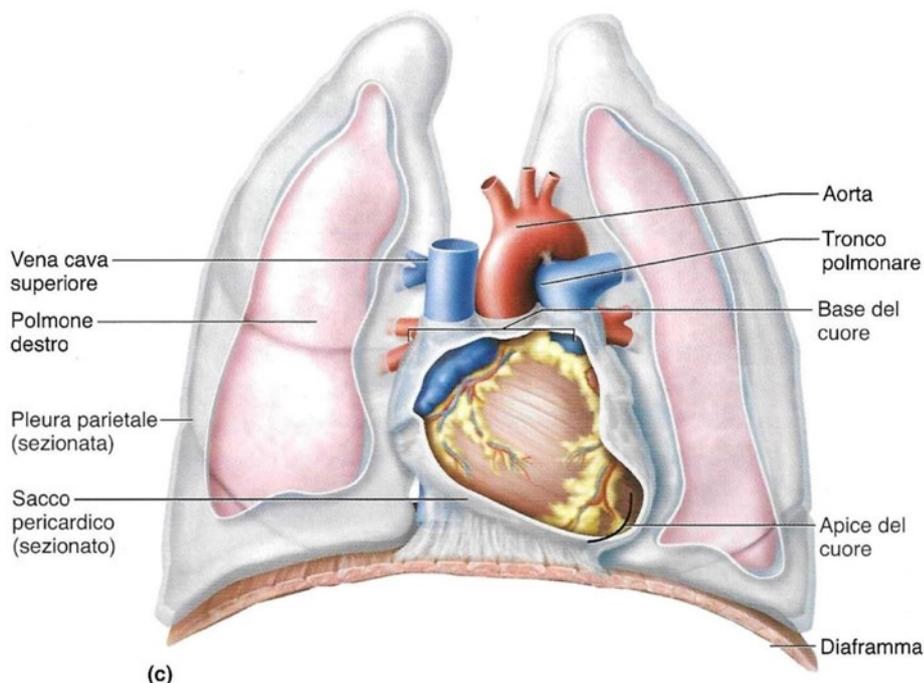


Figura 1.1 Posizione del cuore all'interno della cavità toracica

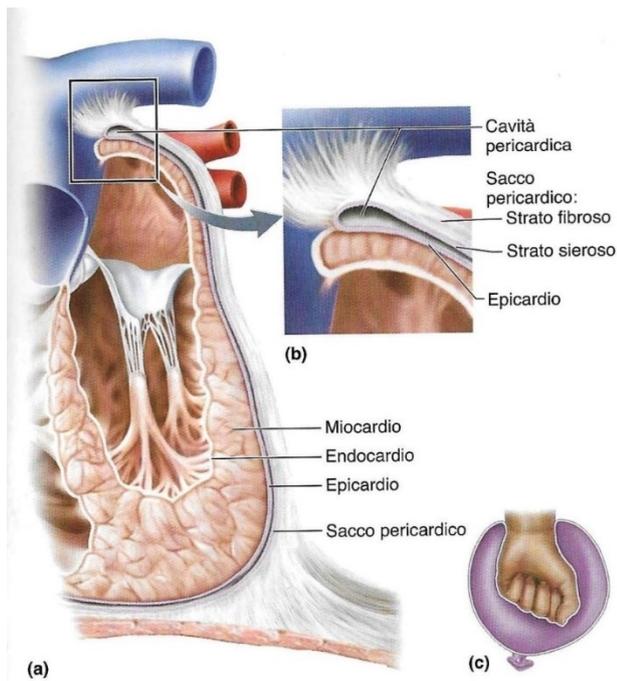


Figura 1.2: Il pericardio e sezione ingrandita del cuore: (a) parete del cuore; (b) foglietto ripiegato presente nella parete cardidaca; (c) pugno chiuso a contatto con un palloncino rappresentante il cuore nel pericardio.

pericardio e cuore infatti il cuore è metaforicamente rappresentato da un pugno che spinge contro un palloncino il quale rappresenta il pericardio. In questo modo abbiamo il pugno avvolto dal doppio foglietto ripiegato che appunto descrive perfettamente la posizione di cuore e pericardio (figura 1.2.c). La parete cardiaca è costituita da tre strati: epicardio, endocardio e miocardio. L' epicardio (o pericardio viscerale) è la parte più esterna della parete, presenta un epitelio squamoso semplice e al di sotto di questo un tessuto areolare, può essere anche presente tessuto adiposo mentre a volte è assente [1]. L'endocardio riveste le cavità cardiache interne e le valvole per poi proseguire con i vasi. Ha la stessa composizione dell'epicardio ma in questo caso non sono presenti zone di tessuto adiposo. Il miocardio è formato da tessuto muscolare cardiaco, si trova tra epicardio ed endocardio e rappresenta gran parte della superficie del cuore, svolge il lavoro di contrazione e il suo spessore varia a seconda del carico di lavoro [1]. Infine è presente uno scheletro fibroso costituito di collagene e fibre con il compito di sostenere la struttura, aiutare il cuore nella contrazione e permettere di isolare elettricamente atri e ventricoli. Il cuore è provvisto di quattro cavità, due nella parte superiore e due nella parte inferiore: queste sono rispettivamente dette atri e ventricoli, più specificamente si possono distinguere: atrio destro, atrio sinistro, ventricolo destro e ventricolo sinistro. Gli atri hanno pareti sottili, il sangue che arriva al cuore grazie alle vene arriva proprio a livello degli atri. I ventricoli sono le pompe effettive, il ventricolo sinistro pompa il sangue

in tutto il corpo mentre il ventricolo destro è coinvolto nella circolazione polmonare per essere ossigenato. Il solco coronario (atrioventricolare), costituito per gran parte da tessuto adiposo, ha il compito di dividere gli atri dai ventricoli, il setto interventricolare divide ventricolo destro da ventricolo sinistro e il setto interatriale divide atrio destro da atrio sinistro [1]. Per permettere il flusso del sangue, il cuore necessita di valvole che assicurino un percorso unidirezionale. Le valvole dividono atri e ventricoli ma anche ventricoli e vasi (per cui avremo quattro valvole), ogni valvola può essere formata da due o tre lembi. Le valvole atrioventricolari (AV), come si può intuire dal nome, dividono atrio e ventricolo destro e sinistro. La valvola AV destra è chiamata tricuspide perché presenta tre lembi (o cuspidi), la valvola AV sinistra possiede due cuspidi ed è detta anche valvola mitrale poiché assomiglia al copricapo episcopale. Le corde tendinee filiformi connettono i lembi delle valvole con i muscoli presenti sulle pareti del cuore, la contrazione di questi ultimi aiuta nell'apertura o chiusura delle valvole. Le valvole semilunari sono entrambe provviste di tre cuspidi e hanno il compito di permettere il passaggio del sangue dai ventricoli alle grandi arterie. La valvola polmonare divide atrio destro da tronco polmonare e la valvola aortica divide ventricolo sinistro e aorta. Il tutto è facilmente visualizzabile nella figura 1.3 [1]. Immediatamente dopo che l'aorta lascia il ventricolo sinistro, da origine alle arterie coronarie destra e sinistra. L'arteria coronaria sinistra si divide in altre due parti: ramo interventricolare anteriore e ramo circonflesso. L'arteria coronaria destra irrora l'atrio destro, il nodo senoatriale e si divide in ramo marginale destro e ramo interventricolare posteriore.

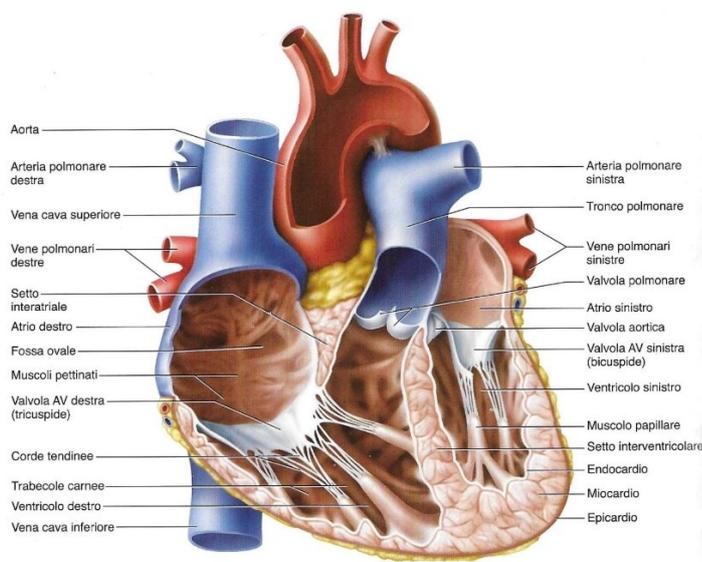


Figura 1.3: conformazione interna del cuore [1]

## 1.2. Fisiologia

Il sistema cardiovascolare è programmato per svolgere due percorsi: il circolo polmonare e il circolo sistemico, il primo trasporta il sangue dai polmoni al cuore e viceversa mentre il secondo trasporta il sangue dal cuore a tutto il corpo. La parte destra del cuore è coinvolta nel circolo polmonare: il sangue dopo aver percorso tutto il corpo arriva qua e viene pompato nell'arteria polmonare. Da qui il sangue arriva ai polmoni, dove rilascia anidride carbonica e carica ossigeno. Poi ritorna al cuore tramite le vene polmonari. La metà sinistra del cuore è coinvolta nel circolo sistemico: tramite l'arteria raggiunge tutto il corpo, raccoglie gli scarti prodotti dai tessuti e torna al cuore grazie alle vene cave superiore e inferiore. Il sangue segue un percorso ben stabilito all'interno del cuore e possiamo andarlo a descrivere semplicemente utilizzando alcuni passaggi. Il sangue giunge all'atrio destro grazie alla vena cava superiore e inferiore, l'apertura della valvola AV destra permette il passaggio del sangue dall'atrio destro al ventricolo destro, il ventricolo si contrae e questo implica la chiusura della valvola AV destra e la apertura della valvola polmonare (figura 1.4) [1]. Il sangue passa per tronco polmonare, arterie polmonari destra e sinistra per poi arrivare ai polmoni dove avverrà lo scambio tra CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>. Il sangue pieno di ossigeno ritorna al cuore grazie alle vene polmonari sinistre che permettono l'arrivo del sangue carico di O<sub>2</sub> nell'atrio sinistro, l'apertura della valvola AV sinistra permette al sangue di passare dall'atrio sinistro al ventricolo sinistro, il ventricolo sinistro si contrae (contemporaneamente al ventricolo destro) ciò implica l'apertura della valvola aortica e la chiusura della valvola AV destra. Il sangue passa la valvola aortica e arriva alla aorta ascendente dove verrà poi distribuito in tutto il corpo rilasciando O<sub>2</sub> per assumere CO<sub>2</sub> e da qui torna al cuore grazie alle vene cave [1]. Alcune cellule del tessuto cardiaco sono in grado di condurre segnali dato che hanno perso la capacità di contrarsi, queste cellule vanno a formare il sistema di conduzione del cuore che fa in modo che le contrazioni delle cavità cardiache siano coordinate. (figura 1.5). I segnali elettrici seguono un percorso ordinato: il nodo senoatriale (SA) è posizionato appena sotto l'epicardio in prossimità della vena cava, ha il compito di produrre una scarica e funge da vero e proprio pacemaker determinando il ritmo cardiaco e l'inizio di ogni battito. L'eccitazione prodotta dal nodo SA si propaga attraverso gli atri. Il nodo atrioventricolare (AV) è situato nei pressi della valvola AV destra, funge da cancello elettrico: tutti i segnali elettrici che vanno verso i ventricoli devono passare per il nodo AV, quindi produrrà una scarica elettrica. L'eccitazione si diffonde lungo il fascio atrioventricolare (AV) detto anche fascio di His, un cordone di miociti che permette ai segnali di lasciare il nodo AV, il fascio di His si divide poi in branche destra e sinistra. Le fibre del Purkinje

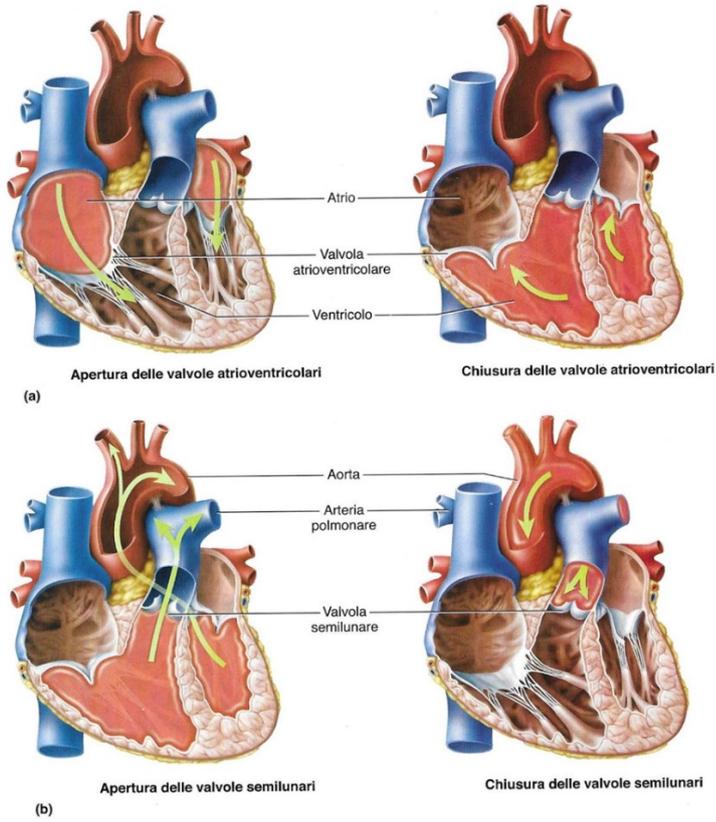


Figura 1.4: meccanismo di azione delle valvole cardiache. [1]

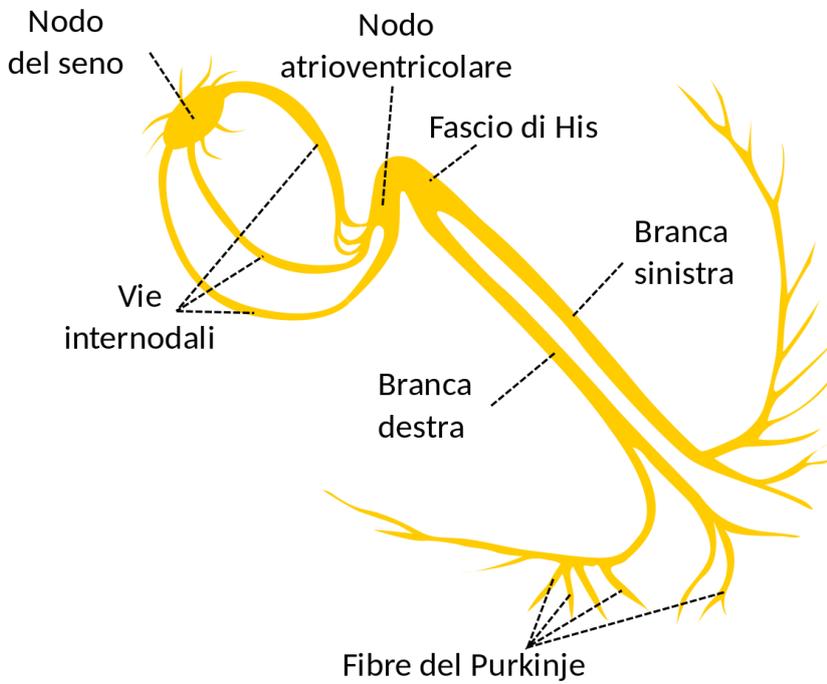


Figura 1.5: sistema di conduzione del cuore

sono fibre che nascono dalle estremità delle branche destra e sinistra e hanno il compito di spargere l'eccitazione a livello del miocardio ventricolare. La membrana plasmatica nelle cellule separa ambiente intracellulare da ambiente extracellulare, entrambi sono caratterizzati da una certa concentrazione di ioni. Gli stessi ioni si muovono tra i due ambienti secondo gradiente elettrochimico, quindi si andrà a formare una differenza di potenziale che impedisce così il passaggio di altri ioni nello spazio desiderato, avendo una condizione di equilibrio calcolabile come potenziale di equilibrio.

Il potenziale di equilibrio (1) è descritto dalla formula che segue.

$$V_{eq} = -\frac{RT}{ZF} \ln \left( \frac{[C]_i}{[C]_e} \right) \quad (1)$$

Con:  $V_{eq}$ = potenziale di equilibrio,  $R$ = costante universale dei gas,  $T$ =temperatura in Kelvin,  $F$ =costante di Faraday,  $Z$ = numero di elettroni scambiati,  $[C]_i$ = concentrazione interna dello ione e  $[C]_e$  concentrazione esterna dello ione.

Qualora si considerino tutti gli ioni presenti possiamo definire il potenziale di membrana (2) con la seguente formula.

$$V_m = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_K[K^+]_e + P_{Na}[Na^+]_e + P_{Cl}[Cl^-]_i}{P[K^+]_i + P[Na^+]_i + P[Cl^-]_e} \quad (2)$$

Dove  $P_i$ = permeabilità cioè facilità con cui uno ione attraversa la membrana

Nell'equazione ci sono solo K, Na e Cl perché è possibile approssimare gli altri ioni come influenti per il calcolo di potenziale di membrana.

In condizioni normali il valore di  $V_m$  è -80 mV, il potenziale di membrana nelle cellule eccitabili del cuore prende il nome di potenziale di riposo poiché corrisponde allo stato di riposo. Questo stato può essere modificato grazie a stimoli specifici: il potenziale di azione permette una transitoria inversione del potenziale di membrana. Per analizzare il potenziale di azione di una fibra di miocardio possiamo considerare cinque fasi:

- FASE 0 (fase di depolarizzazione): gli ioni  $Na^+$  entrano nella cellula dopo aver subito uno stimolo elettrico, questo processo continua idealmente fino a raggiungere il potenziale di Nernst.

- FASE 1 (fase di prima ripolarizzazione): di fatto il potenziale di Nernst del  $\text{Na}^+$  non viene mai raggiunto perché interviene un processo di inattivazione del  $\text{Na}^+$  che implica una prima ripolarizzazione.
- FASE 2 (fase di plateau): si aprono i canali di  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{K}^+$  per fare entrare i rispettivi ioni, sarà presente un eccesso di cariche positive all'interno della cellula
- FASE 3 (fase di seconda ripolarizzazione): inattivazione di  $\text{Ca}^{++}$  e gli ioni  $\text{K}^+$  escono dalla cellula, le cariche positive in uscita sono di più rispetto a quelle in entrata.
- FASE 4 (fase di equilibrio): si ritorna alle condizioni iniziali ossia lo stato di riposo.

### 1.3. Elettrocardiogramma

L'elettrocardiogramma (ECG) è un tracciato ottenuto grazie all'elettrocardiografo, strumento che usa diversi elettrodi posizionati in tutto il corpo e tramite questi riesce a individuare i fenomeni elettrici del cuore. La polarizzazione e ripolarizzazione del miocardio genera correnti elettriche che tramite la capacità conduttiva dei liquidi corporei arrivano alla cute dove sono posizionati gli elettrodi dell'elettrocardiografo. Morfologicamente possiamo distinguere diversi tratti per quanto riguarda la curva stessa: per iniziare abbiamo la onda P, succeduta poi dal complesso QRS, per terminare infine con la onda T. Questa successione di onde si avrà per ogni battito registrato. Si possono avere due diversi tipi di rilevazione: ECG di superficie ed ECG interno. Quello di superficie si limita a registrare il segnale elettrico a livello della cute, è il più utilizzato e meno pericoloso; quello interno registra il segnale a livello dell'epicardio, essendo così invasivo è molto più pericoloso ed è utilizzato per lo più in casi sperimentali. Il ciclo cardiaco è il ciclo che comprende contrazione e rilassamento del cuore, come già detto in precedenza possiamo associare ciascun evento elettrico del ciclo con un tratto dell'elettrocardiogramma. La contrazione dovuta a scarica elettrica è chiamata sistole mentre il rilassamento della cavità è detto diastole, durante la sistole il sangue viene pompato fuori dal cuore mentre durante la diastole il sangue stesso occupa tutto il volume possibile all'interno delle cavità cardiache. Per facilitare l'analisi dividiamo il ciclo in quattro parti:

1. Si consideri come condizione iniziale la condizione di diastole dove tutte le cavità sono distese, le valvole AV sono aperte e il sangue è libero di riempire anche se inizialmente solo parzialmente i ventricoli.
2. Si ha l'attivazione del nodo senoatriale, la contrazione degli atri permette il riempimento totale dei ventricoli, a livello elettrico la contrazione atriale corrisponde alla onda P dell'ECG.

3. Si ha l'attivazione del nodo atrioventricolare e l'eccitazione passa ai ventricoli, si chiudono le valvole AV e si aprono quelle semilunari perciò il sangue è pompato nelle arterie. A livello elettrico la contrazione ventricolare corrisponde al complesso QRS dell'elettrocardiogramma.
4. Si ha il rilassamento dei ventricoli, le valvole semilunari si richiudono mentre si aprono le valvole AV, tutte e quattro le cavità sono rilassate e si è tornati alla condizione di diastole iniziale. A livello elettrico la depolarizzazione dei ventricoli corrisponde all'onda T dell'elettrocardiogramma.

Il segnale può essere considerato pseudoperiodico, non è mai costante ma è molto vicino ad esserlo. Analizziamo la struttura che viene ripetuta (figura 1.6) possiamo trovare diverse componenti.

L'Onda P corrisponde alla depolarizzazione degli atri, viene presa come elemento iniziale della struttura ripetuta. Il complesso QRS corrisponde alla depolarizzazione ventricolare, viene preso come riferimento dato che è facile da riconoscere grazie al picco. La particolarità di questo complesso è che la durata del QRS in prima misurazione rimane la stessa a prescindere dalla attività che stiamo svolgendo in quel momento perché è il momento più importante dell'attività cardiaca dato che genera la contrazione del cuore. L'Onda T rappresenta la ripolarizzazione ventricolare, malformazioni e prolungamenti sono i segni di un rischio cardiaco. L'onda T varia al variare delle condizioni a cui è sottoposto l'individuo. L'intervallo PR fornisce informazioni sulla durata della conduzione atrio-ventricolare. L'intervallo QT: Indica il tempo di depolarizzazione e ripolarizzazione ventricolare, comprende complesso QRS e onda T. Il prolungamento o accorciamento dell'intervallo QT è il primo indice di rischio cardiaco, può essere indotto da farmaci o anche dall'inquinamento o dal consumo di alcool e droghe. Il segmento PR: va dalla fine dell'onda P all'inizio del complesso QRS, qui gli atri sono depolarizzati. Il segmento ST: deve essere piatto, è uno dei tratti più osservati indica che il cuore è elettricamente fermo, in condizioni di infarto si alza o si abbassa.

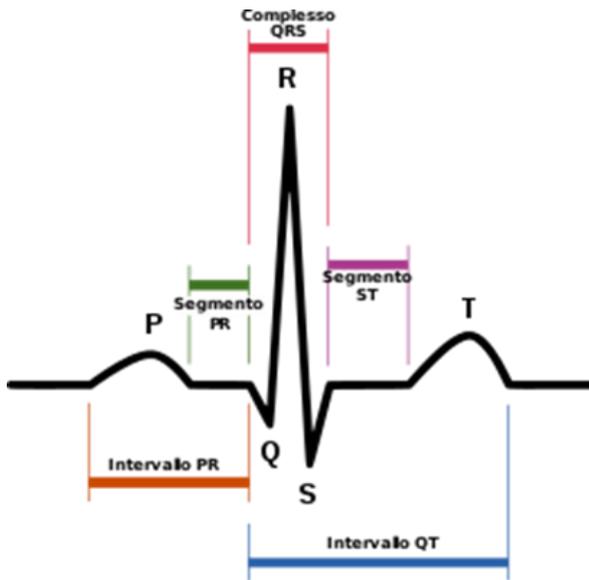


Figura 1.6: struttura che viene ripetuta all'interno dell'ECG

La registrazione viene effettuata grazie agli elettrodi connessi tra loro seguendo un sistema di derivazioni, solitamente viene seguito uno schema a 12 rilevazioni: 6 degli arti di cui 3 bipolari e 3 unipolari hanno il compito di rilevare la attività elettrica sul piano frontale. Le derivazioni bipolari misurano la differenza tra il potenziale di due elettrodi diversi, in questo caso si avranno derivazioni bipolari I, II, e III. La I misura la differenza di potenziale tra braccio destro e braccio sinistro, la II misura la differenza di potenziale tra gamba sinistra e braccio destro e la III misura la differenza di potenziale tra braccio sinistro e gamba sinistra. Le derivazioni unipolari hanno due elettrodi: uno di riferimento (indifferente) costituito da un terminale centrale si connette a due dei tre arti che vanno a costruire un triangolo immaginario detto triangolo di Einthoven, qui il potenziale rimane costante per tutta la durata del ciclo cardiaco, sull' altro arto che costituisce il triangolo si avrà posizionato l'altro elettrodo scollegato (esploratore). Possiamo distinguere quindi: aVR con l'elettrodo esplorante è posizionato sul braccio destro, aVL dove l'elettrodo esplorante è posizionato sul braccio sinistro e infine aVF dove l'elettrodo esplorante è posizionato sulla gamba sinistra. Le altre 6 sono derivazioni precordiali, unipolari, che misurano l'attività elettrica sul piano orizzontale, l'elettrodo indifferente è connesso con i tre elettrodi agli arti di Einthoven, l'elettrodo esplorante viene posto in punti di riferimento del torace per poter rilevare al meglio gli eventi elettrici. Tali punti sono denominati come V1, V2, V3, V4, V5 e V6. Utilizzando il metodo delle derivazioni ortogonali di Frank, gli elettrodi sono posizionati sui tre assi: X, Y, Z in modo da ottenere tridimensionalità. Si posiziona un elettrodo per caviglia, per stabilire un potenziale di riferimento e altri 5 elettrodi sono disposti

sul torace, in questo modo è possibile ottenere le proiezioni sui tre assi ortogonali diretti come le direzioni principali: testa-piedi, torace-schiena, spalla destra-spalla sinistra.

## 2. BASKET

### 2.1 Storia del basket

La storia della pallacanestro ha inizio nell'ultimo decennio del 1800 e ad oggi è uno degli sport più praticati e diffusi soprattutto oltre oceano, questo risultato è dovuto al fatto che è in grado di rimanere al passo con i tempi e garantire spettacolarità andando proprio a modificare anche il regolamento che è in continua evoluzione proprio per garantire il miglior spettacolo al pubblico. La pallacanestro nasce nel 1891 a Springfield (Massachusetts) dove vive James Naismith, un pastore luterano che lavora all'YMCA Training School, il tutto nasce dal fatto che Naismith vorrebbe tenere in forma i suoi ragazzi durante la stagione invernale vista l'impossibilità di praticare football americano e baseball. Da qui nasce l'idea di uno sport al chiuso: vennero appesi due cesti da frutta su due pareti, la classe venne divisa in due squadre e furono stabilite inizialmente tre semplici regole: bisogna far entrare la palla nel cesto avversario, si deve correre senza trattenere la palla e non si deve placcare l'avversario [2]. Nel 1892 le regole da tre sono passate a tredici e vengono pubblicate sul giornale della scuola, il gioco inizia a prendere sempre più piede e un anno dopo si avranno i primi canestri con anello in ferro e reti in corda, come culmine di affermazione a livello nazionale nel 1896 si disputa il primo campionato nazionale americano [2]. Nel 1904 si tiene un torneo dimostrativo alle Olimpiadi di Saint Louis ma ancora non venne considerata una vera e propria disciplina olimpica, raggiungimento che si avrà in corrispondenza delle Olimpiadi del 1936 tenute a Berlino: la finale si disputò all'aperto e sotto la pioggia e terminò con il risultato di 19-8. Per terminare la ascesa di questo sport nella prima metà del '900, nel 1940 venne trasmessa in diretta nazionale la prima partita tra Pittsburgh e Fordham tenutasi allo storico Madison Square Garden [2]. In Italia la pallacanestro arriva nel 1907 tramite la Federazione Italiana Ginnastica che organizza il primo campionato nazionale a distanza di dodici anni dall'approdo effettivo dello sport nel paese. Il 2 novembre 1921 nella birreria Colombo di Milano viene istituita la allora denominata Federazione italiana di basketball, ribattezzata poi dal regime fascista nel 1931 come Federazione Italiana pallacanestro (FIP) [2]. Nella seconda metà del '900 si ha la definitiva ascesa del basket che si conferma uno sport tra i più seguiti, un passo fondamentale si ha nel riconoscimento del giocatore di basket come un professionista, mentre in America questo fu riconosciuto anni prima, in Italia e nel resto del mondo si riuscì ad ottenere nel 1989 [2] e questa lo si può definire come la consacrazione definitiva di questo sport a livello mondiale. Ora come ora il campionato di riferimento è quello americano, ossia la National Basketball Association (NBA) che a livello di

marketing, pubblicità, merchandising e visibilità è una delle migliori se non la migliore lega tra tutti gli sport. A seguire questo livello ci sono le leghe nazionali europee che vivono più di passione da parte dei tifosi, in Europa il livello si alza nelle coppe internazionali come ad esempio Eurolega o Eurocup: competizioni che coinvolgono i maggiori club delle leghe nazionali in torneo che dura tutta la stagione.

## 2.2 Regolamento

Consideriamo il regolamento FIBA, che è quello applicato a livello internazionale ad eccezione degli Stati Uniti dove vige un regolamento a parte, il regolamento NBA. L'articolo 1 del regolamento tecnico ufficiale recita: "La pallacanestro viene giocata da 2 squadre di 5 giocatori ciascuna. Lo scopo di ciascuna squadra è realizzare nel canestro degli avversari e impedire alla squadra avversaria di realizzare punti. La gara viene diretta dagli arbitri, dagli ufficiali di campo e da un commissario, se presente" [3]. La partita è formata da quattro quarti della durata di 10 minuti effettivi l'uno, in caso di parità alla fine dei quattro quarti si avranno i tempi supplementari dalla durata di 5 minuti che si susseguiranno fino a che si avrà parità al termine del tempo di gioco. Il tempo di gioco inizia al tocco della palla da parte di uno dei due giocatori coinvolti nel salto a due (momento iniziale della partita) e si interrompe ogni volta che l'arbitro fischia [3]. Per quanto riguarda il campo da gioco questo ha dimensioni rettangolari di 28 m di lunghezza e 15 m di larghezza, sono evidenziate diverse linee all'interno del campo: zone del tiro libero area dei tre secondi e area dei tre punti, linee centrali laterali e di fondo campo. Il canestro deve essere posizionato ad altezza di 3,05 m e sporgere all'interno del campo di 120 cm [3]. Quando la palla esce dal terreno di gioco viene detta "morta", invece viene considerata quando dopo essere stata effettuata la rimessa, la palla viene toccata da un qualsiasi giocatore. La rimessa viene effettuata dopo un canestro realizzato o quando si commette un'infrazione e si hanno al massimo 5 secondi per effettuarla [3]. Quando viene realizzato un canestro, il suo valore può cambiare dalle condizioni in cui questo è stato effettuato: nel caso del tiro libero si assegna un punto, se il tiro è stato effettuato durante un'azione ma dentro l'arco dei 6,75 m allora questo vale 2 punti mentre se è stato effettuato durante l'azione ma fuori dall'arco allora il suo valore è di 3 punti. Il tiro libero si assegna in diverse situazioni: per un fallo tecnico, fallo antisportivo o fallo commesso su azione di tiro. Nel caso del fallo tecnico si avrà un tiro libero per la squadra avversaria, fallo antisportivo due tiri liberi più possesso, per il fallo durante l'azione di tiro dentro l'arco avremo due tiri liberi, fuori dall'arco tre infine se viene fatto un fallo durante l'azione di tiro ma il tiro va a segno si avrà un libero aggiuntivo [3].

Un fallo “un’infrazione alle regole che consiste in un contatto personale illegale con un avversario e/o in un comportamento antisportivo” [3]. Pur essendo uno sport fisico e di contatti, per mettere limite all’agonismo ed evitare che l’unico aspetto ad emergere sia quello fisico vengono introdotti i falli. Ogni giocatore ha a disposizione 5 falli da spendere durante la partita, una volta spesi tutti e 5 il giocatore viene detto escluso e non potrà più entrare nel terreno di gioco. I falli personali si sommano in falli di squadra e una volta superati i 5 falli di squadra ogni fallo sarà punito con due tiri liberi, i falli di squadra sono resettati a fine quarto [3]. Oltre ai falli personali ci sono altri due tipi di falli: fallo antisportivo e fallo tecnico. Il fallo tecnico è un fallo che non implica alcun tipo di contatto ma viene fischiato in caso di proteste e può essere commesso sia dai giocatori che dagli allenatori, è punito con un tiro libero. Il fallo antisportivo è un fallo che secondo l’arbitro è considerato volontario e quindi si disinteressa della palla, questo è punito con due tiri liberi e possesso di palla [3]. Altra componente fondamentale del basket sono le infrazioni che sono diverse e spesso non di facile interpretazione, in generale queste comportano la perdita del possesso della squadra che commette la violazione e la rimessa per la squadra avversaria. Senza scendere troppo nei particolari visto che sono spiegate in pagine e pagine del regolamento tecnico analizziamo brevemente alcune di queste violazioni [3].

L’infrazione di passi si commette se si fanno più di due passi una volta chiuso il palleggio.

L’infrazione di doppio palleggio si ha quando una volta fermato il palleggio si inizia nuovamente a palleggiare.

L’infrazione di campo si verifica se una volta superata la metacampo difensiva vi ci si ritorna con la palla durante l’azione. Per superare la metà campo difensiva si hanno 8 secondi.

L’infrazione di 24 secondi consiste nel non riuscire a costruire un tiro (tocco anche accidentale del ferro) entro 24 secondi.

L’Interferenza si ha quando un giocatore tocca la palla dopo il tiro dell’avversario e questa è in parabola discendente, qualora lo facesse, il canestro è da considerare valido.

### 2.3 Situazioni tecniche

Per avere una visione totale seppur grossolana a livello tecnico, è necessario conoscere i ruoli dei giocatori all’interno del campo, avendo 5 giocatori in campo per squadra si avranno 5 ruoli diversi. I ruoli in realtà non sono così importanti dato che con il passare del tempo questi tendono a diventare sempre più ibridi ma in questo caso sono utili per capire a grandi linee gli attributi fisici di un giocatore e quali dovrebbero essere i suoi punti di forza e di debolezza.

Il playmaker (detta anche posizione di 1) è il regista del gruppo, fa le veci del coach all'interno del rettangolo di gioco. Si occupa di chiamare gli schemi, portare avanti la palla e dettare i ritmi dell'azione. Solitamente sono giocatori rapidi, non imponenti fisicamente ma comunque in grado di mettere pressione difensiva. In teoria dovrebbe essere il giocatore più piccolo in campo (non sempre lo è) e la sua altezza nei livelli professionistici si aggira intorno ai 190-195 cm [2].

La guardia (detta anche posizione di 2) è il principale terminale offensivo della squadra, infatti è anche chiamata guardia tiratrice. Solitamente è un giocatore molto tecnico, che può segnare in maniera differente con diverse soluzioni sono buoni tiratori soprattutto da tre punti mentre la difesa non è il punto forte in linea di massima. La guardia essendo il protagonista offensivo deve sapere giocare anche senza la palla riuscendosi a smarcare per poter arrivare alla conclusione [2].

L'ala piccola (detta anche posizione di 3) è il giocatore equilibratore per eccellenza, spesso possiede sia una dimensione interna, quindi gioco vicino a canestro, che una dimensione esterna ossia gioco lontano da canestro. Difensivamente si deve occupare del pari ruolo ma deve essere anche in grado di marcare avversari più grossi e più piccoli di lui, fisicamente si parla di un giocatore dai 200 ai 205 cm che deve avere rapidità velocità e una discreta forza fisica [2].

L'ala forte (detta anche posizione di 4) è un ibrido tra l'ala e il centro, ha un gioco più perimetrale rispetto al centro e una componente fisica maggiore rispetto all'ala piccola. In attacco è protagonista di blocchi per liberare i compagni e tiro da tre in modo da consentire di allargare il campo e creare spaziature per agevolare i compagni, in difesa insieme al centro si occupa spesso della protezione dell'area e quindi chiude le incursioni e deve essere abile a stoppare i tiri avversari. Fisicamente deve essere ben piazzato e si parla di giocatori di altezza tra i 205 e i 210 cm [2]. Per il ruolo di ala forte diventa fondamentale essere complementare al tipo di gioco del centro, infatti di solito uno dei due ha un gioco più esterno e l'altro più interno oppure sono entrambi abili nelle due caratteristiche sono interscambiabili.

Il centro (detta anche posizione di 5) è il giocatore più fisico solitamente supera i 210 cm di altezza e la sua massa va dai 100 kg in su. In attacco principalmente porta i blocchi per liberare i compagni e gioca vicino a canestro usando sia armi tecniche che fisiche. Deve essere un ottimo rimbalzista, cioè deve catturare i tiri sbagliati dagli avversari (rimbalzi difensivi) o dai suoi compagni (rimbalzi offensivi) [2].

Il bagaglio tecnico dei fondamentali di un giocatore di pallacanestro è di una lunghezza infinita, per comprendere il gioco ad un livello generale consideriamo tre fondamentali principali: posizionamento tiro e palleggio. Per quanto riguarda il posizionamento, prima di iniziare a giocare

con la palla, ai bambini che si avvicinano a questo sport gli si insegna a tenere la posizione suddetta posizione fondamentale. Questa posizione permette di avere equilibrio e di essere esplosivi qualora il momento lo richiedesse, è valida sia per l'attacco cioè con il possesso della palla che in difesa cioè senza avere la palla in mano [2]. A livello pratico si devono tenere i piedi paralleli aperti leggermente di più rispetto alle spalle, bacino basso, spalle aperte e sguardo avanti, se non si ha in possesso la palla le braccia vanno tenute larghe, altrimenti si tengono sulla palla che viene portata lateralmente rispetto all'asse mediano del corpo.

Il palleggio è il fondamentale che permette di muoversi con la palla dentro il quadrato di gioco, è la specialità dei piccoli cioè playmaker e guardie ma anche gli altri giocatori non possono esimersi dal saper palleggiare. Si hanno tre tipi di palleggio: alto basso e protetto [2]. Il palleggio alto si ha quando non c'è pressione difensiva e si vuole andare in velocità verso il canestro, la palla arriva all'altezza della cintura più o meno. Il palleggio basso viene usato qualora si presentassero ostacoli sulla direzione di penetrazione dell'atleta, il controllo di palla è maggiore e l'altezza non supera il ginocchio. Il palleggio protetto consiste nel posizionare tra difensore e palla il proprio corpo in modo da poter difendere il possesso del pallone, si usa se il difensore mette molta pressione sulla palla [2]. Il tiro rappresenta la vera e propria essenza del gioco, ha una componente innata (legata alla sensibilità dei polpastrelli e al talento vero e proprio) ma anche una di allenamento, cioè si fanno talmente tante ripetizioni che il tiro diventa un movimento meccanico e automatico.



Figura 2.1: Posizione fondamentale difensiva e offensiva

Il tiro da sopra la testa è la forma di tiro che si è abituati a vedere ed è anche la più efficace visto che garantisce una parabola elevata e ciò permette di avere una percentuale realizzativa maggiore [2]. Le condizioni di tiro sono principalmente due: piazzato e in sospensione. Il tiro piazzato si esegue quando la difesa contesta con bassa aggressività il tiro per cui le percentuali sono maggiori, viceversa il tiro in sospensione lo si esegue per mandare fuori tempo il difensore a causa della sua elevata pressione [2].

## 2.4 Allenamenti nel basket

L'allenamento è una altra parte fondamentale di questo sport, la preparazione degli atleti alla partita andrà a influenzare fortemente il risultato della partita stessa. A livello generale si possono individuare due macrocicli: la preparazione alla stagione (preseason) e la stagione vera e propria; scendendo più nello specifico la stagione è di solito divisa in stagione regolare e playoff. La preseason ha il compito di riportare gli atleti nella loro forma ideale dopo un periodo di stop dovuto alla fine del campionato precedente quindi di solito ha un'alta percentuale di allenamenti metabolici e di condizionamento fisico alternato magari con l'introduzione del sistema di schemi che si vuole adottare quella determinata stagione [2]. Durante la stagione regolare gli allenamenti sono in funzione della partita che si giocherà, hanno l'obiettivo di preparare la partita stessa, nella maggior parte dei casi (tolte le squadre coinvolte in coppe infrasettimanali) si ha a disposizione una settimana intera e gli allenamenti variano in base alla distanza dalla partita. L'allenamento immediatamente dopo la partita giocata in precedenza è di scarico quindi a bassa intensità per permettere il recupero ai giocatori, a seguire ci saranno allenamenti più intensi che hanno come apice il metà settimana e per terminare l'ultimo allenamento sarà di natura tattica dove si analizzano le scelte e gli schemi degli avversari per arrivare pronti alla partita. Durante i playoff la frequenza di gioco è molto più elevata visto che si gioca ogni 2-3 giorni, in questo periodo gli allenamenti non hanno eccessiva intensità ma sono anche in questo caso di natura tattica e tecnica. In parallelo agli allenamenti tenuti sul rettangolo di gioco è necessario portare avanti anche la dimensione della preparazione fisica, questa è affidata al preparatore atletico e si svolge in una struttura diversa dal campo di gioco cioè nella sala pesi. Anche qui il lavoro è differenziato in base al periodo, teoricamente la intensità maggiore sul piano fisico si dovrebbe tenere durante la off-season cioè dopo la fine del campionato, intensità che scende leggermente durante la preseason per poi avere semplicemente mantenimento fisico e allenamento propedeutico alla performance durante la stagione. Altra parte dell'allenamento comprende il recupero dagli infortuni dove sono

coinvolti spesso fisioterapista e medico di squadra. Il fisioterapista si occupa degli infortuni meno gravi quali ad esempio distorsioni, stiramenti o contusioni, se l'infortunio dovesse essere ad esempio del calibro di una frattura entra in gioco il medico. La riabilitazione è composta da esercizi che nascono dal confronto dello staff medico della squadra e l'atleta durante questo periodo è seguito dal preparatore fisico.

### 3 MONITORAGGIO CARDIOVASCOLARE NEL BASKET

#### 3.1 Rischio cardiovascolare nel basket

Nonostante normalmente ci si aspetti una forma fisica brillante da parte degli atleti, soprattutto ad alti livelli, ciò non implica che questi siano immuni a patologie di qualsiasi tipo. Una vita da atleta non è sempre sinonimo di perfetta salute, anzi non sono nuove notizie di professionisti e non che vanno incontro a morte improvvisa proprio durante l'attività fisica, quindi è necessario capire e valutare a quale rischio sono sottoposti i diversi atleti che si avvicinano al mondo del basket e allo sport in generale. La morte cardiaca improvvisa tra tutte è quella che prende più attenzione da parte dei media proprio per il paradosso dell'atleta non in salute descritto precedentemente, soprattutto se il soggetto chiamato in causa è addirittura un bambino o appena adulto. La maggior parte delle morti improvvise durante attività fisica riguarda proprio la morte cardiaca improvvisa (MCI) parallelamente la parte minori delle morti improvvise è dovuta a cause non cardiache come possono essere ad esempio: aneurisma cerebrale, colpo di calore, disagi polmonari oppure si possono avere addirittura cause non spiegabili [4]. Il tutto è facilmente visibile nel grafico che segue: ( figura 3.1)

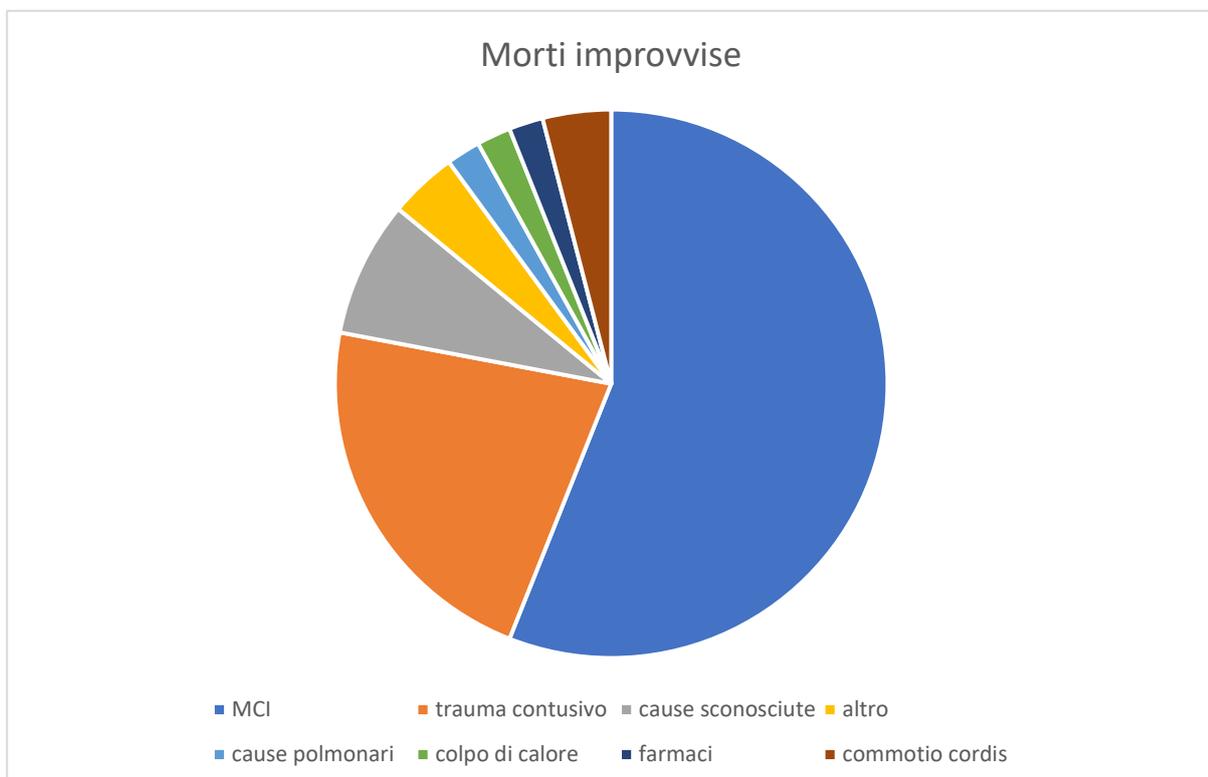


Figura 3.1: Il grafico considera le morti improvvise di atleti in competizioni con età  $\leq 39$  anni. [4]

Un metodo per cercare di limitare questo problema è quello di sottoporre i soggetti a rischio e non a controlli (detti screening) ma ci sono ancora molti dubbi su ad esempio quale tipo di controllo sia più affidabile o ad esempio ogni quanto sottoporre l'atleta al test. Essendo molto soggettivo e non avendo molto chiara ancora la situazione fuori pericolo da quella in pericolo si è in difficoltà nel gestire i vari test. La MCI è definita come una morte improvvisa inaspettata dovuta a cause cardiache o come una morte improvvisa in un cuore strutturalmente normale con nessun'altra spiegazione e con una storia coerente con la possibile morte per cause cardiache. L'arresto cardiaco improvviso è definito come morte da un inaspettato arresto circolatorio solitamente a causa di una aritmia cardiaca che si verifichi entro un'ora dall'inizio dei sintomi, in cui l'intervento medico (cioè la defibrillazione) inverte l'evento [4]. L'incidenza di MCI negli atleti di tutte le età è stimata per un range che va da 1/39000 a 1/281000, dove l'incidenza nei giovani atleti è approssimativamente 1-2 su 100000 atleti all'anno. La partecipazione a sport o all'allenamento per uno sport specifico può aumentare il rischio di MCI e ACI da 2.4 fino a 4.5 volte tanto rispetto alla popolazione non-atleti. Nella popolazione generale, Kong et al hanno stimato che l'incidenza annuale di MCI comprende un range che va da 180000 a 450000 che corrispondono rispettivamente al 7 e al 18% di tutte le morti in uno studio del 2011 [4]. Durante gli anni, gli studiosi hanno cercato di determinare l'incidenza della MCI ma sono stati limitati dalla mancanza di strutture di screening obbligatorie, con gran parte degli studi che fanno riferimento a fonti non del tutto affidabili come: casi riportati dai media e/o sinistri assicurativi. Un'altra difficoltà sta nel considerare o meno i risultati come morte cardiaca improvvisa, la complessa e forviante definizione di MCI può causare una profonda differenza nei risultati dato che non si sa se considerare o meno una data morte come morte cardiaca improvvisa o no. Questo va a incidere sui possibili soggetti che in futuro possono andare incontro a MCI, alcuni includono solo eventi che portano alla morte, altri includono anche coloro che sopravvivono all'arresto cardiaco. La differenza nelle fonti dei dati (dagli anni '80 ai giorni nostri) e la variabilità nei criteri di assegnamento dei casi porta inconsistenza nelle stime dell'incidenza della MCI [4]. Un altro ostacolo che si presenta per poter ottenere una vera stima dell'incidenza della MCI è la sua natura poco presente ed il bisogno di avere una popolazione stabile per un lungo periodo. Nonostante le differenze nell'incidenza, c'è consistenza nel fatto che gli atleti maschi hanno una incidenza maggiore di 3-5 volte rispetto alle atlete femmine. In più, dai dati della National College Athletic Association (NCAA), gli atleti neri hanno un aumento del rischio di tre volte maggiore comparato con gli atleti bianchi, questo è ancora più pronunciato se si considerano i giocatori della Division I di basket della NCAA. Comprendere questa eterogeneità potrebbe aiutare a dirigere studi futuri e

indurre strategie preventive verso popolazioni più vulnerabili [4]. Come detto in precedenza il paradosso atleta-malattia attira parecchio la attenzione dei media dato che risultano due attività molto distanti tra loro ma in realtà non è così. In realtà la MCI avviene spesso anche fuori da questi campi ma semplicemente riceve meno attenzione dai media. Molti studi passati si sono concentrati su atleti competitivi per rendere solida questa associazione. L'esagerata attività fisica è dannosa per il nostro organismo e se si è soggetti a rischio una semplice interruzione dell'attivazione simpatica può peggiorare in aritmie molto pericolose. Perciò è importante capire che lo sport in sé e per sé non causa anomalie cardiache ma rappresenta un pericolo che può diventare MCI nei soggetti che presentano certe condizioni cardiache preesistenti. Per cui il fatto che gli atleti sono più a rischio che i non-atleti può essere il risultato di una maggiore esposizione al rischio di esercizio consistente [4]. La maggior parte dei problemi cardiaci che implicano MCI sono per lo più fattori genetici che possono manifestarsi con l'impulso simpatico associato all'esercizio consistente con conseguenze letali. (tabella 1)

Tabella 1 cause delle MCI in atleti di diverse età [4].

<b>Autori</b>	<b>Paese</b>	<b>Età</b>	<b>N° MCI</b>	<b>HCM</b>	<b>ARVC</b>	<b>AAOCA</b>	<b>DCM</b>	<b>CAD</b>	<b>MVP</b>	<b>M</b>	<b>LQT or BS</b>	<b>WPW</b>
<b>9</b>	IT	12- 35	55	2%	22%	13%	2%	18%	11%	9%	2%	-
<b>10</b>	UK	≤35	89	12%	10%	7%	-	0%	2%	3%	-	-
<b>11</b>	UK	≤35	258	7%	12%	6%	3%	2%	-	2%	-	-
<b>12</b>	FR	10- 35	50	10%	4%	-	4%	6%	4%	4%	2%	2%
<b>13</b>	USA	≤39	1049	24%	3%	11%	1%	2%	2%	4%	2%	1%
<b>14</b>	USA	17- 24	79	6%	4%	9%	-	8%	-	8%	1%	3%
<b>15</b>	USA	17- 26	641	33%	5%	13%	3%	8%	2%	3%	2%	0%
<b>16</b>	USA	13- 25	842	36%	5%	19%	2%	5%	4%	7%	2%	1%
<b>17</b>	USA	11- 29	331	13%	4%	8%	2%	2%	-	3%	3%	3%

Con: MCI morte cardiaca improvvisa, HCM cardiomiopatia ipertrofica, ARVC cardiomiopatia aritmogena del ventricolo destro, AAOCA origine anormale della arteria coronaria, DCM cardiomiopatia dilatativa, CAD malattie coronariche, MVP prollasso della valvola mitrale, LQT sindrome del QT lungo, BS sindrome di Brugada, WPW sindrome di Wolff-Parkinson-White.

Determinare la causa di un caso di MCI è spesso una sfida. Per prima cosa, non esistono criteri standard per la diagnosi dell'autopsia di numerose condizioni legate alla MCI, quindi la variazione legata al laboratorio di patologia esiste a malapena nelle diagnosi. Uno studio del 2014 ha scoperto che un patologo specializzato in istopatologia cardiovascolare e il patologo di riferimento originale hanno differito nelle diagnosi finali nel 41% dei casi di MCI sottolineando entrambi di avere bisogno di specialisti per quei casi. Alcuni hanno suggerito che delle autopsie che seguano strettamente nuovi protocolli possa ridurre la variabilità dei risultati, ma anche con questo intervento, è molto probabile che quelli senza una precisa eziologia di MCI rimangano tanti. In secondo luogo, le diagnosi post-mortem possono essere prevenute verso le malattie cardiache strutturali semplicemente per la natura della autopsia. Viceversa, le anomalie elettriche possono essere meno riportate poiché spesso richiedono un ECG prima della MCI, che può essere presente o no, oppure fatto geneticamente post-mortem. Se non è svolta l'autopsia si avrà un margine di errore ancora più elevato dato che la causa della morte è stabilita tramite anamnesi del paziente, certificati di nascita e colloquio con la famiglia del paziente stesso. Dato che è un evento raro, identificare un caso di MCI con una revisione retrospettiva può essere difficile con strategie usate comunemente ma comunque superficiali, come ad esempio i report dei media o delle assicurazioni che spesso sono incompleti [4]. Tre anomalie cardiache strutturali sono comunemente associate alla MCI: Cardiomiopatia ipertrofica, cardiomiopatia aritmogena del ventricolo destro e anomalia dell'arteria coronaria. La cardiomiopatia ipertrofica (HCM) è una categoria di cardiomiopatia genetica con diversi sottotipi che successivamente possono produrre un range di variazioni emodinamiche e sintomi. La cardiomiopatia aritmogena del ventricolo destro (ARVC) è una cardiomiopatia ereditaria causata da sostituti fibroadiposi della parete muscolare libera del ventricolo destro e può predisporre ad aritmie che possono terminare in MCI. La ARVC è particolarmente difficile da rilevare prima della MCI perché inizialmente si presentano aritmie che mettono a rischio la vita dell'individuo. Anomalia dell'arteria coronaria (CAA) è un termine molto ampio che può riferirsi alla anomalia del numero o dimensioni delle arterie coronarie, che hanno origine dalla aorta o al decorso dei vasi. La CAA più associata alla MCI si ha quando la arteria coronaria sinistra ha origine dalla cuspide coronaria destra, in particolar modo quando il vaso presenta un segmento intramurale prematuro che porta un deflusso interatriale tra arteria

polmonare e aorta [4]. Inoltre come è possibile vedere dalla tabella 1, un fattore che influisce sulle malattie cardiache strutturali è anche la zona geografica che si prende in considerazione negli studi per l'eziologia della MCI [4]. Anormalità cardiache acquisite, sono identificate nei registri come cause di MCI negli atleti. La miocardite può essere indotta da patologie infettive e non. Distinguiamo tra fase iniziale acuta, che causa una infiammazione cardiaca la quale può essere pericolosa per le condizioni elettriche del cuore, mentre nella fase post acuta gli eventi più rilevanti sono le cicatrici che si formano a livello cardiaco. Il gruppo delle anormalità acquisite include anche la commotio cordis (trauma contusivo al torace con conseguente MCI), fattori ambientali come colpi di calore, e sostanze illecite come ad esempio farmaci potenziatori delle performance. Anche la sindrome respiratoria acuta coronavirus 2 (SARS-CoV-2), che è responsabile della pandemia del coronavirus 2019 (COVID 19), è nota per causare conseguenze a livello del miocardio e ci si è soffermati più che sulla fase di infezione sulla fase post-infezione, quindi i danni che ci si porta dietro una volta guariti dal COVID-19 ad esempio una condizione che si verifica spesso è la miocardite post virale. Anche qui il coinvolgimento del miocardio dipende dallo screening che si effettua. In due studi multicentrici su atleti NCAA con COVID-19, lo screening primario per coinvolgimento miocardico con la risonanza magnetica cardiaca ha prodotto una prevalenza del 2.3-3.0% nonostante molti di questi atleti non avessero nessun sintomo clinico e una probabilità pre-test molto bassa rendendo le interpretazioni delle immagini più difficile. Mentre quando è stato utilizzato uno studio graduale sia per la NCAA che per atleti professionisti, che inizialmente sono sottoposti ad uno screening con troponina cardiaca, ECG, e ecocardiogramma transtoracico seguito da risonanza magnetica cardiaca se si presentassero anormalità, in questo caso, seguendo questo protocollo la prevalenza stimata è di 0.6-0.8% [4]. Nonostante la conosciuta associazione di miocardite virale con MCI, uno studio del 2022, ha trovato solo un evento cardiovascolare avverso, un caso di fibrillazione atriale che è associabile al COVID-19. Questi dati sono rassicuranti e suggeriscono che le infiammazioni non dichiarate miocardiche durante l'infezione COVID-19 con conseguenti complicanze cardiache sono un evento raro [4].

Ad oggi per ritornare a giocare dopo aver contratto il COVID-19 le regole sono state definite dall' American College of Cardiology (ACC) e prevedono dei controlli divisi in step in base al rischio a cui è sottoposto il singolo paziente: per chi non ha patologie cardiache pregresse non sono previsti ulteriori accertamenti, mentre per chi ha patologie pregresse è raccomandato un ulteriore screening che comprende ad esempio ECG o ecocardiogramma. Se dovessero continuare ad esserci problemi

legati ai controlli potrebbe essere necessaria una risonanza magnetica cardiaca e se si dovesse presentare una miocardite l'atleta è costretto a un periodo di stop [4].

Oltre alle anomalie già analizzate ci sono anche quelle elettriche (ad esempio sindrome di Wolf-Parkinson-White, Sindrome di Brugada, Sindrome del QT lungo) il fatto che contraddistingue queste categorie è che alcune di queste non possono essere attribuite svolgendo l'autopsia canonica. Quindi soprattutto per le morti non spiegate spesso si fa riferimento a fenomeni elettrici (addirittura si parla di percentuali che vanno dal 22 al 27%)[4].

Nel 1966 grazie alla American Medical Association si introdusse il processo di esame pre-partecipazione (PPE) facendolo diventare routine. Il test consiste in un'analisi dell'anamnesi e delle caratteristiche fisiche del paziente, ad oggi negli Stati Uniti non è obbligatorio ma è solo raccomandato, un altro tipo di esame coinvolge ECG in aggiunta alla analisi dell'anamnesi e fisica e questo è stato approvato e reso obbligatorio in Italia e Israele. Tuttavia dato che non ci sono studi di controlli prospettici randomizzati, queste raccomandazioni si basano su dati osservazionali [4].

Questi test sono utili per mettere a contatto i giovani atleti con il sistema medico, circa il 18-19% degli atleti morti per MCI hanno condizioni patologiche pregresse che spesso si sottovalutano o che il bambino o ragazzo non è in grado di riconoscere o associare alcuni di questi sintomi sono: dolore al petto, palpitazioni, sincope o dispnea. Approssimativamente una vittima di MCI su cinque ha una importante anamnesi personale (o di un familiare stretto) passata, includendo la presenza di soffio cardiaco, diabete mellito, cardiopatia congenita, miocardite, o anche precedente arresto cardiaco.

Il metodo di screening più comune è l'AHA 14-point PPE, che include un'analisi dei sintomi, anamnesi, e anamnesi della famiglia del paziente in aggiunta a risultati rilevanti degli esami fisici associati ad anomalie cardiache potenzialmente letali ed è una raccomandazione di classe I da parte dell'AHA. Alcune società interessate alla salute degli atleti hanno pubblicato un nuovo protocollo che non sarebbe altro che la quinta edizione della Preparticipation Physical Evaluation (PPE-5) nel 2019. La PPE-5 comprende la precedentemente descritta AHA 14-point con alcune variazioni che comprendono il controllo non cardiaco. Altri hanno sviluppato delle piattaforme multimediali da utilizzare in parte nella PPE con l'intento di ridurre il falso andamento positivo associato alla PPE standard su carta. L'esame dell'anamnesi e fisico in sé e per sé ha delle limitazioni importanti. Solo all'incirca uno su cinque pazienti soggetti a MCI hanno sintomi precedenti, questo significa che la maggior parte degli individui risulterebbe negativa agli screening sintomatici. I singoli sintomi di cui si parla nella AHA 14-point PPE e nella PPE-5 sono basati sul parere degli esperti ma non sono mai

state testati. Queste limitazioni impattano significativamente la sensibilità che può essere ottenuta con il solo esame dell'anamnesi e fisico.

Il 14-point screening approvato dalla AHA riguarda anamnesi personale, anamnesi della famiglia ed esami fisici. Nell'anamnesi personale si considerano: dolore toracico da sforzo, sincope o simil sincope inspiegabile, precedenti di soffio cardiaco, pressione sanguigna elevata, precedenti esami cardiaci e precedenti limitazioni di attività sportiva. Per la anamnesi di famiglia si pone attenzione su: morte cardiaca di un parente prima dei 50 anni, malattie cardiache invalidanti prima dei 50 anni ed eventuali cardiomiopatie ipertrofiche o dilatate, sindromi del QT lungo o altre canalopatie ioniche, sindrome di Marfan o aritmie clinicamente rilevanti. Invece negli esami fisici si considera: soffio cardiaco, battiti femorali (per valutare la coartazione aortica), pressione sanguigna e stimate della sindrome di Marfan [4].

Per aumentare la accuratezza dello screening si è aggiunto l'esame ECG che può aiutare ad avere risultati che normalmente i test dell'anamnesi e fisico non avrebbero rilevato, quindi di aggiunge un gradino di specializzazione in più. Dati da 47,137 atleti presenti in 15 studi hanno mostrato che gli screening con ECG hanno maggiore sensibilità e specificità (94%/93%) messa a confronto con il 20%/94% dello screening con anamnesi e del 9%/97% dell'esame fisico. Queste percentuali derivano dal fatto che solo un paziente su quattro presenta sintomi pregressi rispetto alla MCI e in questo il test ECG aiuta a riconoscere situazioni che con il tempo posso diventare molto più gravi se non letali. Un altro studio ha scoperto che l'aggiunta di un test ECG a test anamnesi-fisico ha aumentato la sensibilità dal 45.5 al 90.9% a scapito di un aumento nei falsi positivi dal 5.5 al 16.9% [4]. Questi studi si sono soffermati su trovare condizioni associate alla MCI anziché capire se l'esame ECG decresce l'incidenza della MCI. Ad oggi non sono stati effettuati test per valutare l'efficacia degli screening con o senza ECG, l'unico è stato effettuato in Veneto e si è occupato dello screening diffuso con ECG che ha rilevato una riduzione dell'84% dell'incidenza annuale della MCI anche se gli autori credevano che questa risposta positiva derivasse dall'esclusione di chi avesse una cardiomiopatia, oltre al fatto che il tempo di misurazione pre-screening (2 anni) era sproporzionato rispetto a quello di post-screening (20 anni), in generale questo studio è accompagnato da molte critiche e perciò non gli è stato attribuito un enorme peso [4]. Invece altri studi non hanno trovato benefit nello screening ECG, in Israele si era imposto un protocollo che comprendesse un ECG per tutti gli atleti che volessero essere reputati idonei alla attività sportiva, ma uno studio successivo non ha trovato differenze nell'incidenza annuale di MCI degli anni precedenti, da qui si è arrivati a ipotizzare che

una incidenza relativamente più alta ma con numeri assoluti più bassi potrebbe distorcere i risultati [4].

L'atleta essendo sottoposto a sforzi diversi rispetto alla popolazione generale può avere delle variazioni che a livello generale potrebbero essere rischiose ma se contestualizzate nel contesto sportivo risultano normali. La maggior parte dei medici è abituata a leggere ECG di non-atleti e soprattutto i computer o gli algoritmi spesso non sono programmati per interpretare i risultati considerando questa condizione, questo può causare errori che comportano test o stop aggiuntivi non necessari. Per risolvere questi problemi si cerca di coinvolgere e specializzare sempre di più il personale medico e gli algoritmi o i computer utilizzati riducendo i falsi positivi [4].

Il primo passo per cercare di dar vita a criteri specifici si concentrò sulla cardiomiopatia ipertrofica per poi sfociare nelle linee guida sui criteri ECG per gli atleti per poi distinguere condizioni patologiche o no nel caso specifico dell'atleta. Il "Seattle Criteria" (2013), il "Refined Criteria" (2014) e l' "International Criteria" (2017) sono alcuni dei criteri che vengono utilizzati nell'identificazione delle situazioni cardiache dei pazienti, l' "International Criteria" è l'ultimo pubblicato e più specificamente descrive quali risultati possono essere definiti normali, borderline e anormali nell'ECG degli atleti. (figura 3.2)

Risultati ad alto rischio:	Risultati borderline:	Risultati a basso rischio:
<ul style="list-style-type: none"><li>• Inversione onda T</li><li>• Depressione segmento ST</li><li>• Onda Q patologica</li><li>• LBBB completo</li><li>• Durata QRS <math>\geq 140</math> ms</li><li>• Onda epsilon</li><li>• Pre-eccitazione ventricolare</li><li>• Intervallo QT lungo</li><li>• Modello di Brugada di tipo 1</li><li>• Bradicardia sinusale <math>\leq 30</math> bpm</li><li>• Intervallo PR <math>\geq 400</math> ms</li><li>• Mobitz di tipo II, blocco AV di secondo grado</li><li>• Blocco AV di III grado</li><li>• PVC <math>\geq 2</math></li><li>• Tachiaritmia atriale</li><li>• Aritmia ventricolare</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deviazione asse sinistro</li><li>• Allargamento atrio sinistro</li><li>• Deviazione asse destro</li><li>• Allargamento atrio destro</li><li>• RBBB completo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento tensione complesso QRS</li><li>• RBBB incompleto</li><li>• Ripolarizzazione anticipata e innalzamento segmento ST</li><li>• Innalzamento ST con inversione onda T in V1-V4 (solo in atleti neri)</li><li>• Inversione onda T in V1-V3 (in atleti <math>\leq 16</math> anni)</li><li>• Bradicardia sinusale</li><li>• Aritmia sinusale</li><li>• Ritmo atriale ectopico</li><li>• Ritmo giunzionale</li><li>• Blocco AV di I grado</li><li>• Mobitz di tipo I, blocco AV di secondo grado</li></ul>

Figura 3.2 [4]: L' "International Criteria" per l'interpretazione dell'ECG negli atleti definendo i risultati a basso rischio, borderline e ad alto rischio. Abbreviazioni: PVC=contrazione ventricolare prematura, RBBB=blocco di branca destra, LBBB=blocco di branca sinistra.

L'ECG non sarà mai accurato al 100% e infatti uno studio ha dimostrato che solo il 60% delle diagnosi responsabili della morte per MCI sarebbe potuto essere stato identificato se fosse stato presente un test ECG. Pur conoscendo tutti i limiti di interpretazione e accuratezza il test ECG è comunque significativamente migliore rispetto all'esame fisico e dell'anamnesi [4].

Per analizzare al meglio la struttura del cuore, visto che gran parte delle MCI coinvolgono proprio delle anomalie o malattie strutturali, viene anche utilizzato l'ecocardiogramma transtoracico che ha valenza anche se non associato al test ECG. È un test ideale in quanto è poco invasivo e che spesso presenta risultati inequivocabili, ancora però non è presente in versione fissa all'interno dei protocolli delle varie associazioni sportive, è considerato come un test addizionale e gli studi svolti non hanno aiutato a far cambiare idea in quanto hanno dimostrato che la sua efficacia non è così alta. Le motivazioni che non permettono il passaggio di questo test a test primario sono che innanzitutto l'ecocardiogramma transtoracico riconosce solo il più dei problemi strutturali mentre non da nessun altro tipo di informazioni sui problemi di diversa natura, il secondo motivo riguarda i costi che, per i risultati che danno, per molti sono troppo elevati. Infine il terzo motivo riguarda il caso particolare dell'atleta che avendo situazioni simili a quelle patologiche ha bisogno di accertamenti ulteriori oltre all'ecocardiogramma per cui quest'ultimo risulterebbe quasi inutile.

### 3.2 Incremento delle performance sportive

Per cercare di capire quanto incida il lavoro del cuore nel gioco del basket consideriamo uno studio che mette in relazione il battito cardiaco e quanto va a incidere sulla percentuale di realizzazione del tiro da tre [5]. L'allenamento nel basket richiede un mix di competenze tecniche, fisiche e tattiche. È uno sport di contatti quindi la componente fisica risulta importante, è uno sport di squadra e quindi la componente tattica risulta altrettanto importante soprattutto se si considera che ogni componente della squadra ha diverse caratteristiche positive o negative e queste devono essere espresse in modo da far rendere la squadra stessa al massimo livello possibile e infine la componente tecnica che è fondamentale in qualsiasi sport. Queste componenti non sono indipendenti tra di loro ad esempio il piano fisico e tecnico si intersecano figurativamente se consideriamo che il gesto tecnico del tiro comprende l'attivazione di diversi muscoli e questi devono essere nelle migliori possibilità del momento per aumentare la percentuale di realizzazione del tiro. Più semplicemente se si arriva stanchi al momento del tiro è molto facile che questo finisca corto sul ferro, mentre se si arriva in ritmo il gesto risulta essere quasi meccanico e molto più semplice. Per cui lo studio mette a confronto proprio questi due fattori.

Ventiquattro giovani giocatori di basket partecipanti al campionato under 17 nazionale sono stati scelti dall' Associazione Dilettantistica Basket Club 7 Laghi Squadre Gazzada Schianno. Affinchè venissero inclusi nello studio i giocatori dovevano soddisfare queste condizioni: partecipare almeno all'85% degli allenamenti durante la stagione, partecipare regolarmente alle competizioni della stagione, avere una valida certificazione medico sportiva e infine non essere infortunati e non consumare droghe. I test sono stati svolti per tutti i giocatori durante il periodo di preseason e sotto le stesse condizioni climatiche quindi le interferenze sono state ridotte al minimo possibile. I metodi utilizzati nello studio sono stati approvati dal Comitato Etico della Facoltà di Kinesiologia, Università di Spalato. [5]

Nella prima sessione i partecipanti hanno eseguito il test del beep, che consiste nel correre una data distanza in un dato tempo, per arrivare al battito cardiaco massimo (HRMAX). Una settimana dopo i partecipanti hanno effettuato tre sessioni di tiro, con un'ora di riposo più riscaldamento tra una sessione e l'altra. Tutte le sessioni consistevano in 10 tiri da 3 consecutivi da cinque diverse posizioni dietro la linea da tre punti FIBA (6,75 m di distanza dal canestro) (figura 3.3) a tre diverse frequenze del battito cardiaco (HR): riposo (0HR), dopo riscaldamento con HR al 50% rispetto all'HRMAX (50HR), e all'80% dell'HRMAX (80HR) (può essere comparato all'effettivo HR che si verifica in situazioni partita). Le stesse procedure sono ripetute una settimana dopo per valutare la correttezza delle misurazioni. Ciascuna frequenza (continuamente monitorata con Cardio-Suunto™) è raggiunta aumentando l'intensità della corsa. Gli atleti per raggiungere il 50HR e l'80HR hanno dovuto correre una media di rispettivamente 560 e 1600 metri.

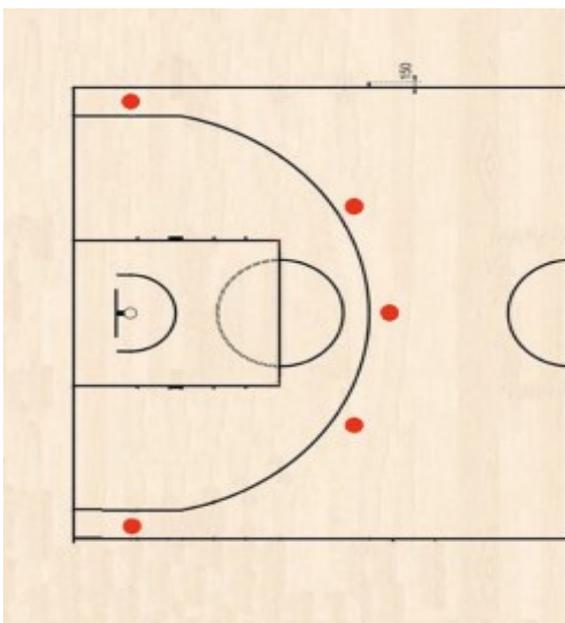


Figura 3.3[5]: posizioni da dove vengono effettuati i tiri

L'obiettivo dello studio era quello di capire se la fatica e quindi la frequenza cardiaca che aumenta incide sulle percentuali di realizzazione del tiro da tre degli atleti presi in considerazione, quindi dai risultati ottenuti si può dire che a frequenza 50HR, quindi post riscaldamento, non ci sono rilevanti modifiche sulla percentuale da tre mentre a 80HR la percentuale diminuisce significativamente. La differenza tra 0HR e 50HR è del 15% mentre tra 0HR e 80HR è del 28%, considerando che ad alti livelli una buona percentuale per gli specialisti si aggira intorno al 40% di realizzazione una differenza del 28% inizia ad incidere in maniera evidente [5].

Facendo un parallelismo con uno studio fatto sui tiri liberi da Padulo et al. nel 2015 si vede che la percentuale dei tiri liberi è diminuita del 22% (tra 80HR e 50HR) e del 23% (80HR e 0HR) qui la differenza è minore dato che le condizioni in cui si svolge il tiro libero sono diverse a quelle del tiro da tre. Il tiro libero potrebbe essere associato in modo grezzo al rigore nel calcio, viene battuto senza la pressione della difesa e si ha tempo per rifare e recuperare energie per arrivare al momento del tiro, quindi la fatica andrà a impattare in maniera meno vigorosa sulle percentuali che sono anche molto più alte rispetto a quelle del tiro da tre (buone percentuali ai tiri liberi si aggirano attorno all'80% di realizzazione) [5].

Per incrementare le performance in questo caso il lavoro di svolgere è quello di ricreare il più possibile il ritmo che si ha durante la partita e lavorare su queste determinate situazioni partendo dagli allenamenti, si è visto che a ritmi bassi non ci sono molti problemi, questi iniziano ad arrivare con l'aumento della fatica e quindi della frequenza cardiaca. Questa affermazione è tanto scontata quanto difficile da ricreare ma è ciò che veramente può fare la differenza nel miglioramento delle performance degli atleti.

## 4 SENSORISTICA INDOSSABILE

### 4.1 Dispositivi indossabili e mobili per l'acquisizione dell'elettrocardiogramma

I dispositivi indossabili possono essere divisi in categorie in base al tipo di dati che vengono raccolti, possono richiedere coinvolgimento attivo del paziente o no. Sono molto utili nel dare informazioni e monitorare lo stato clinico in cui si trova un individuo, lo scopo dei dati generati è di aiutare nella decisione il medico o addirittura offrono terapie integrate [6].

Holter iniziò a collaborare con i medici per provare ad ottenere un uso più pratico dell'ECG, inizialmente l'ECG era utilizzato per situazioni cliniche molto specifiche e fu solo all'inizio del XXI secolo che la visione del dispositivo portatile di ECG si è approfondita. Nel 2002 alla Cardionet Inc. fu attribuito il permesso della distribuzione sul mercato del sistema di ambulatorio cardiologico mobile che permette di registrare e calibrare i dati ECG ambulatoriali utilizzando una connessione tra cellulari [6].

Altri dispositivi innovativi ad esempio sono ad esempio la maglietta hWear ECG di Healthwatch un vero e proprio capo indossabile che permette tramite il tessuto di cui è fatta la maglietta di acquisire il segnale ECG completo a 12 derivazioni. Di norma i sensori o i dispositivi come questi vengono prescritti da un medico ma ultimamente si ha la disponibilità sul mercato anche per privati [6].

In precedenza si era accennato come alcuni apparecchi offrono la terapia per il paziente, un esempio può essere il defibrillatore indossabile LifeVest di Zoll, approvato nel 2001, è previsto per pazienti che potrebbero andare incontro a morte cardiaca improvvisa. A livello pratico è un indumento indossabile in spalla o in vita che funziona tramite batterie, comprende diversi algoritmi informatici in grado di capire se si presentano aritmie e se necessario può erogare scariche a fine terapeutico [6].

Ora come ora i tempi stanno cambiando e si ha un continuo sviluppo delle tecnologie, mentre prima si facevano controlli di rado, solo quando si era in ambulatorio, ora grazie anche al fatto che gran parte dei nuovi dispositivi sono comodi e tascabili si punta a un monitoraggio completo e continuo che permette la visione di un quadro più completo[6]. Un esempio lampante sono i cardiofrequenzimetri da polso che spesso fanno parte delle applicazioni presenti sullo smartwatch per cui si è monitorati senza nemmeno accorgersene, semplicemente portando un classico orologio, per lo più forniscono anche risultati affidabili, con errore inferiore al 10% [6].

Altro vantaggio che presentano i sensori indossabili riguarda il fatto della personalizzazione della medicina [7], questa è fondamentale soprattutto per il cuore e per gli atleti che come abbiamo visto

nei capitoli precedenti non fanno riferimento agli standard della popolazione classica ma presentano casi molto più specifici e condizioni che talvolta potrebbero essere considerate sospette ma se associate al continuo esercizio fisico hanno un senso. I sensori salvano i dati ottenuti su dei server facilmente accessibili da parte dei medici o degli operatori sanitari per cui andando a vedere i risultati e la storia medica del paziente si andrà a fare una diagnosi più precisa e spesso più azzeccata.

Se si considera che alcuni paesi come ad esempio gli Stati Uniti fanno ricorso ad assicurazioni mediche spesso molto costose per poter usufruire dei servizi sanitari, molti preferiscono anziché fare controlli di routine presso ospedali o cliniche, essere monitorati utilizzando questi strumenti e solo qualora si verificasse qualche problema andare ad accertarsi negli ospedali o nelle cliniche [7].

I tre componenti principali di un sistema di monitoraggio di salute da remoto sono: un sensore indossabile che ha il compito di raccogliere i parametri fisiologici, una interfaccia di rete che permette il passaggio dei risultati dal dispositivo a una stazione di monitoraggio che può tranquillamente essere anche lo smartphone e un cloud che permetta l'integrazione di grandi dimensioni di dati, estrae informazioni utili e permette la creazione di modelli per facilitare l'analisi caso per caso [7].

Il primo strumento portatile a cui si fa riferimento quando si parla di monitoraggio cardiovascolare è l'Holter che per quanto possa essere efficace e diffuso comunque resta poco pratico se si pensa ai fili che sono presenti e al monitor di comando. Con questi strumenti innovativi si conciliano sia la funzionalità dato che in ogni è la cosa più importante, che la praticità in quanto sono piccoli e tascabili oppure sostituiscono accessori che si portano normalmente (occhiali, orologi).

Un altro dispositivo utilizzato spesso è l'accelerometro che è in grado di rilevare piccoli movimenti e cambi di direzione utilizzando principi inerziali. Proprio grazie all'accelerometro sono nati dei sistemi di rilevamento dati che sfruttano questo strumento in diversi modi: o come bande fitness o all'interno dei tessuti. Questi sistemi captano i movimenti lungo gli assi e in più registrano la frequenza cardiaca [7].

Un altro campo di cui non si è parlato è quello sonoro, alcune variazioni che non sono visibili con il classico ECG lo possono essere se svolgono esami acustici. Le registrazioni possono essere acquisite grazie alla tecnica della fonocardiografia o seismocardiografia che registrano rispettivamente il suono e le vibrazioni del cuore [7].

Nella tabella 2 sono elencati alcuni dispositivi e le loro applicazioni cliniche [7]:

Tabella 2: Dispositivi indossabili e applicazioni.

Nome dispositivo	Tipo dispositivo	Applicazioni cliniche
Zio patch	Cerotto	Monitoraggio ECG, riscontro aritmie
NUVANT MCT	Cerotto	Monitoraggio ECG, riscontro aritmie
Scanadu Scout	Palmare	HR, RR, pressione sanguigna, temperatura, saturazione
Apple watch	Orologio	Monitoraggio ECG, HR, riscontro AF
Pulse Smart	App	Riscontro di AF, PAC e PVC
Kardia Mobile	Custodia smartphone	Monitoraggio ECG, riscontro AF
ECG Check	Custodia smartphone	Monitoraggio ECG
cvrPhone	App	Monitoraggio ECG, riscontro ischemia e apnea e sospetta aritmia
N/A	App	HR
N/A	Device	Pressione sanguigna
N/A	Cerotto flessibile	Pressione sanguigna
N/A	Cerotto e orologio	ECG, pressione sanguigna, contrattilità
Googlr Glass	Occhiali	HR, RR
Masimo Personal Health	Sonda	HR e saturazione
N/A	Sensori indossabili	Saturazioni, HR, RR, velocità e accelerazione
N/A	Cerotto	Variabilità HR, temperatura pelle, diagnosi stress

Abbreviazioni: HR = frequenza cardiaca, ECG = elettrocardiografia, N/A = non disponibile, PAC = contrazione atriale prematura, PVC = contrazione ventricolare prematura, RR = frequenza respiratoria, AF = fibrillazione atriale.

Quindi i sensori indossabili aiutano a ridurre i costi per il monitoraggio cardiovascolare evitando controlli ospedalieri non necessari, inoltre aiutano il paziente ad avere maggiore consapevolezza sulle sue condizioni e sulla cura da svolgere [7].

Nonostante questa crescita esponenziale nell'interesse per i dispositivi indossabili ancora si hanno alcuni dubbi: ci sono poche informazioni sull'accuratezza effettiva dei sensori indossabili, uno studio [7] svolto prendendo in considerazione i sensori indossabili più comuni come ad esempio Apple Watch, Fitbit Charge HR, Mio Alpha e Samsung Gear S ha riscontrato che nessuno dei 4 è accurato come un vero ECG, anche se la nuova versione dell'Apple Watch è quella che si avvicina di più.

Questi dispositivi hanno il compito di monitorare la situazione e dare una visione generale delle condizioni del paziente, tuttavia il più delle volte sono progettati con l'obiettivo di aiutare il personale medico a prendere decisioni o interpretare dei risultati, non sono stati progettati per sostituirli per cui prima di agire in qualsiasi modo è sempre obbligatorio consultarsi con il medico di riferimento.

## 4.2 Sixlead Kardia Alivecor

KardiaMobile 6L è un dispositivo di misurazione dell'ECG che presenta 3 elettrodi, una volta misurato il segnale trasmette i dati tramite un'app (Kardia) al dispositivo collegato che può essere un PC, smartphone o tablet [8].

I tre elettrodi sono posizionati in maniera differente: due sono posti sulla superficie superiore e uno sulla superficie inferiore, i primi due sono stati pensati per mettere a contatto elettrodo con mano destra e sinistra mentre il terzo è a contatto con la gamba sinistra. Funziona grazie ad una batteria che sta sotto l'elettrodo inferiore e trasmette dati utilizzando il Bluetooth [8].

KardiaMobile 6L può registrare sia un ECG a derivazione singola utilizzando solo due dei tre elettrodi e si avrà un unico punto di vista del segnale, oppure può registrare un ECG a sei derivazioni quindi si avrà una visione più generale e in questo caso vengono utilizzati tutti e tre gli elettrodi [8].

Dopo aver registrato il segnale viene svolta una analisi algoritmica istantanea del ritmo cardiaco che verifica: ritmo sinusale normale, fibrillazione atriale, bradicardia, tachicardia o un risultato non classificato.

Il KardiaMobile 6L si occupa della registrazione, trasmissione e memorizzazione dei segnali ECG nella modalità a canale singolo con registrazione a una derivazione o a canale doppio con registrazione a 6 derivazioni (derivazione I, derivazione II, derivazione III, aVR, aVF, aVL). Mostra anche i risultati dell'analisi svolta sul tracciato che consiste nell'individuare: ritmo sinusale normale, fibrillazione atriale, bradicardia, tachicardia e altro. Un limite per l'uso del dispositivo riguarda i bambini: lo strumento non è stato progettato per l'uso pediatrico [8].

Per poter registrare un segnale ECG a livello strettamente pratico si deve scaricare l'applicazione su smartphone, tablet o pc attivare il Bluetooth per connettere i dispositivi e creare un account sull'app Kardia. Una volta fatti questi semplici passi ci si può occupare delle registrazioni [8].

Per la registrazione a derivazione singola si susseguono diversi passaggi [8].

- Aprire l'app e toccare "Registra il tuo ECG".

- In caso di primo utilizzo associare i dispositivi in uso seguendo le informazioni sullo schermo.
- Selezionare l'opzione "ECG a derivazione singola".
- Posizionare il dispositivo su una superficie piana in prossimità dello smartphone, orientato con la "A" di Alivecore, presente al centro dello strumento, rivolta verso di sé.
- Posizionare senza premere eccessivamente ciascuna mano sui due elettrodi superiori.
- Una volta assestati l'app procede con l'inizio della registrazione.
- Tenere la posizione fino a che non scade il timer di 30 secondi visibile nel display, una volta finito il tempo la registrazione è completa.

Per la registrazione a sei derivazione il procedimento è simile, anche in questo caso vediamo i passaggi [8].

- Aprire l'app e toccare "Registra il tuo ECG".
- In caso di primo utilizzo associare i dispositivi in uso seguendo le informazioni sullo schermo.
- Selezionare l'opzione "ECG a sei derivazioni".
- Tenere il dispositivo con i due pollici sugli elettrodi superiori e appoggiare l'elettrodo inferiore sulla pelle nuda della gamba sinistra (ginocchio o interno caviglia).
- L'applicazione segnalerà quando tutti gli elettrodi sono a contatto con le rispettive parti e inizierà la registrazione.
- Tenere la posizione fino a che non scade il timer di 30 secondi visibile nel display, una volta finito il tempo la registrazione è completa.

Una volta effettuata la registrazione l'app prosegue con la analisi, i possibili risultati sono riportati nella seguente tabella (tabella 3)[8].

Tabella 3: risultati delle analisi immediate

<b>Analisi immediata</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Informazioni aggiuntive</b>
<b>Potenziale fibrillazione atriale</b>	L'ECG mostra segni di fibrillazione atriale	Kardia non è in grado di rilevare i segni di un infarto. Se si ritiene di avere un'emergenza medica, chiamare il pronto soccorso
<b>Bradycardia</b>	La frequenza cardiaca è inferiore a 50 battiti al minuto, che è più lenta del normale per la maggior parte delle persone.	Kardia non è in grado di rilevare i segni di un infarto. Se si ritiene di avere un'emergenza medica, chiamare il pronto soccorso.
<b>Normale</b>	Nell'ECG non sono state rilevate Anomalie	Kardia non è in grado di rilevare i segni di un infarto. Se si ritiene di avere un'emergenza medica, chiamare il pronto soccorso.
<b>Tachicardia</b>	La frequenza cardiaca è superiore a 100 battiti al minuto. Ciò può essere normale con lo stress o l'attività fisica.	Kardia non è in grado di rilevare i segni di un infarto. Se si ritiene di avere un'emergenza medica, chiamare il pronto soccorso.
<b>Nessuna analisi</b>	La registrazione ECG ha una durata insufficiente. L'analisi immediata non è in grado di fornire un'analisi su registrazioni ECG di durata inferiore a 30 secondi	Registrare un nuovo ECG. Provare a rilassarsi e a rimanere fermi, adagiare le braccia o spostarsi in un luogo più tranquillo che consenta una registrazione completa di 30 secondi
<b>Non classificato</b>	La fibrillazione atriale non è stata rilevata e l'ECG non rientra nelle classificazioni algoritmiche di Normale, Bradycardia o Tachicardia. Ciò può essere causato da altre aritmie, frequenze cardiache insolitamente veloci o lente o registrazioni di scarsa qualità.	Kardia non è in grado di rilevare i segni di un infarto. Se si ritiene di avere un'emergenza medica, chiamare il pronto soccorso.
<b>Non leggibile</b>	In questa registrazione è stata rilevata un'interferenza troppo elevata	Registrare nuovamente l'ECG. Provare a rilassarsi e a rimanere fermi, adagiare le braccia o spostarsi in un luogo più tranquillo o lontano da strumenti elettronici e macchinari.

Le prestazioni del KardiaMobile 6L per la registrazione dell'ECG a sei derivazioni sono state provate da uno studio che ha coinvolto 44 persone con e senza aritmie. Si sono confrontate le registrazioni del KardiaMobile 6L con un dispositivo standard a 12 derivazioni di livello clinico [8].

A livello qualitativo, due elettrofisiologi hanno stabilito che i due apparecchi sono del tutto equivalenti per la valutazione di aritmie. A livello quantitativo l'output fornito dai due strumenti risulta essere allo stesso modo equivalente.[8]

Pur essendo dotato di tantissimi pregi L'Alivecor KardiaMobile 6L presenta anche alcuni limiti[8]che si possono vedere nell' elenco successivo.

- Una volta preso il segnale ECG, anche se classificato come normale, non è detto che non ci siano altri problemi perché anche il dispositivo potrebbe sbagliare. Questa è una percentuale molto piccola ma va considerata dato che non è zero.
- Il dispositivo non può essere utilizzato per diagnosticare o autodiagnosticarsi condizioni correlate al cuore.
- In caso di pelle secca potrebbe non verificarsi una lettura chiara.
- Il dispositivo non è abilitato all'uso pediatrico.
- Non si può applicare il dispositivo in parti del corpo con eccessiva presenza di grasso.
- La misurazione non può avvenire durante l'attività fisica, questa deve essere interrotta per la misurazione.
- Non si può esporre il dispositivo a campi elettromagnetici intensi, oltre a causare interferenze vanno a danneggiare lo strumento stesso.
- Non può essere quindi utilizzato con pacemaker cardiaci o altri dispositivi elettronici impiantati.

## 5 Costruzione database

### 5.1 Protocollo di acquisizione dati

Le acquisizioni vengono fatte utilizzando il dispositivo AliveCor Kardia. La parte di condizionamento sarà svolta all'inizio soprattutto nel riscaldamento, poi con l'aumentare del tempo trascorso si andranno ad inserire sempre di più elementi tecnici, partendo da situazioni più semplici quindi collaborazioni 2 contro 2 o 3 contro 3 per arrivare alla parte finale dove ci sarà il cinque contro cinque che simula una vera e propria partita all'interno dell'allenamento stesso.

Le acquisizioni sono svolte in momenti diversi, essendo un numero piuttosto elevato di soggetti presenti allo studio, non era possibile andare a ricavare dati al termine di ogni esercizio presente nell'allenamento perché ciò avrebbe potuto compromettere i dati stessi a causa delle eccessive pause per le rilevazioni e quindi alle conseguenti pause tra un esercizio ed un altro.

La soluzione che è stata adottata prevede 5 acquisizioni per ogni individuo, ognuna svolta in un momento diverso dell'allenamento. Inizialmente si vuole valutare il soggetto a riposo, per avere una visione dell'andamento dell'ECG a riposo. Successivamente si svolgerà l'allenamento durante il quale non si prenderanno acquisizioni proprio per non compromettere il ritmo veritiero che porta all'affaticamento dei soggetti, una volta terminato si andrà a valutare come ogni singolo individuo risponde allo sforzo e si andranno a misurare progressivamente 4 diverse situazioni: ECG immediatamente dopo la fine dell'allenamento, 5 minuti dopo la fine, 10 minuti dopo la fine e per terminare 15 minuti dopo la fine.

### 5.2 Acquisizione dati

La tabella 4 riporta le risposte degli atleti ai questionari a cui sono stati sottoposti prima dell'allenamento.

Tabella 4: risposte al questionario degli atleti

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>S7</b>	<b>S8</b>	<b>S9</b>	<b>S10</b>	<b>S11</b>
<b>Età (anni)</b>	18	19	19	20	19	18	19	18	19	19	19
<b>Sesso</b>	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
<b>Studente</b>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
<b>Lavoratore</b>				X							X
<b>Peso (kg)</b>	87	75	90	79	79	74	70	73	82	75	75
<b>Altezza (cm)</b>	194	185	193	182	186	188	188	183	186	192	180
<b>Fumatore</b>											
<b>Uso di bevande alcoliche?</b>											

Continuo tabella 4

<b>Occasionalmente</b>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Astemio</b>	X											
<b>Farmaci</b>			X		X							
<b>Malattie familiari respiratorie</b>						X						
<b>Malattie familiari cardiache</b>												
<b>Nausea, svenimento o dolori al petto dopo l'allenamento</b>							X					
<b>Condizione fisica attuale</b>												
<b>Infortunato</b>												
<b>Recupero da infortunio</b>	X	X						X				
<b>Affaticato</b>												
<b>Normale</b>			X	X	X	X	X		X	X		
<b>Eccellente</b>												X
<b>Infortuni passati</b>							SI*1			SI*2		
<b>Sport principale praticato (numero anni)</b>												
<b>Basket</b>	13	12	15	12	12	9	13	12	12	10	13	
<b>Frequenza allenamento (n.volte a settimana)</b>	5	6	6	6	5	5	6	4	5	6	6	
<b>Durata media allenamento (minuti)</b>	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
<b>Motivo allenamento</b>												
<b>Migliorare le prestazioni fisiche per poter competere</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Ottenere buone prestazioni senza fare competizioni</b>												

Continuo tabella 4

<b>Attività affiancata ad un altro sport per migliorarne le prestazioni fisiche</b>												
<b>Fitness personale</b>												
<b>Intento a competere</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>Livello competizione</b>												
<b>Squadra regionale nazionale, olimpionica, professionale</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Competizioni ufficiali</b>												
<b>Competizioni amatoriali ed eventi aperti</b>												
<b>Attività affiancata allo sport principale praticato</b>												
<b>Palestra</b>	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
<b>Frequenza allenamento (n.volte a settimana)</b>	4	2	2	2			2	2	2	3	2	2
<b>Durata media allenamento (minuti)</b>	120	60	60	60			60	60	60	60	60	60
<b>Motivo allenamento</b>												
<b>Migliorare le prestazioni fisiche per poter competere</b>												
<b>Ottenere buone prestazioni senza fare competizioni</b>												
<b>Attività affiancata ad un altro sport per migliorarne le prestazioni fisiche</b>		X	X	X			X	X	X	X	X	X

Continuo tabella 4

<b>Fitness personale</b>	X										
<b>Bassa attività fisica sotto il livello raccomandato</b>											
<b>Intento a competere</b>	NO	NO	NO	NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Sport praticati in passato (numero anni)</b>											
<b>Calcio</b>			X	X						X	
<b>Tennis</b>		X						X			
<b>Nuoto</b>						X					
<b>Frequenza allenamento (n. di volte a settimana)</b>		3	3	2		3		2		2	
<b>Durata media allenamento (minuti)</b>		90	60	90		90		120		90	
<b>Motivo allenamento</b>											
<b>Migliorare le prestazioni fisiche per poter competere</b>											
<b>Ottenere buone prestazioni senza fare competizioni</b>		X	X	X		X					
<b>Attività affiancata allo sport principale praticato</b>								X			
<b>Fitness personale</b>										X	
<b>Bassa attività fisica sotto il livello raccomandato</b>											
<b>Intento a competere</b>	NO	NO	SI	SI		NO		NO		NO	
<b>Livello competizione</b>											
<b>Squadra regionale, nazionale, olimpionica, professionale</b>											

Continuo tabella 4

<b>Competizioni ufficiali</b>											
<b>Competizioni amatoriali ed eventi aperti</b>			X	X							
<b>Temperature allenamento preferite</b>											
<b>Basse</b>	X				X			X	X		
<b>Alte</b>		X	X	X		X	X			X	X
<b>Orario allenamento preferito</b>											
<b>Mattina</b>											
<b>Pomeriggio</b>	X	X		X		X		X	X		X
<b>Sera</b>			X		X		X			X	
<b>Tipo di allenamento preferito</b>											
<b>Breve e intenso</b>	X	X	X		X		X		X		X
<b>Lungo e resistivo</b>				X		X		X		X	
<b>Alimentazione</b>											
<b>Dieta</b>	X					X					
<b>Alimentazione attenta</b>		X		X	X			X			
<b>Nessuna dieta</b>			X				X			X	X
<b>Uso integratori</b>	SI* <sup>3</sup>	NO	SI* <sup>4</sup>	NO	SI* <sup>4</sup>	SI* <sup>5</sup>	NO	SI* <sup>4</sup>	NO	SI* <sup>4</sup>	NO

\*1: rottura legamenti della caviglia, \*2: frattura scomposta radio e ulna, \*3: proteine e creatina, \*4: Sali minerali, \*5: omega 3, amminoacidi, vitamine.

la tabella 5 riporta per ogni soggetto le fasi di acquisizione dell'ECG e alcune condizioni di interesse sull'individuo prima e dopo l'allenamento.

Tabella 5: Condizioni dell'individuo e dati riguardanti le acquisizioni

<b>Soggetto</b>	<b>Misurazioni effettuate</b>	<b>Caffeina 6 h prima</b>	<b>Alcol 24 h prima</b>	<b>Integratori pre-allenamento</b>	<b>Integratori post-allenamento</b>
<b>S1</b>	REST I CICLO II CICLO III CICLO IV CICLO	NO	NO	SI	SI
<b>S2</b>	REST I CICLO II CICLO III CICLO IV CICLO	NO	NO	NO	NO
<b>S3</b>	REST I CICLO II CICLO III CICLO IV CICLO	NO	NO	SI	NO

Continuo tabella 5

<b>S4</b>	REST I CICLO II CICLO III CICLO IV CICLO	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
<b>S5</b>	REST I CICLO II CICLO III CICLO IV CICLO	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>
<b>S6</b>	REST I CICLO II CICLO III CICLO IV CICLO	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>S7</b>	REST I CICLO II CICLO III CICLO IV CICLO	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
<b>S8</b>	REST I CICLO II CICLO III CICLO IV CICLO	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>
<b>S9</b>	REST I CICLO II CICLO III CICLO IV CICLO	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
<b>S10</b>	REST I CICLO II CICLO III CICLO IV CICLO	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>S11</b>	REST I CICLO II CICLO III CICLO IV CICLO	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>

Con: REST= acquisizione effettuata a riposo, I CICLO= acquisizione effettuata immediatamente dopo il termine dell'attività fisica, II CICLO= acquisizione effettuata 5 minuti dopo il termine dell'attività fisica, III CICLO= acquisizione effettuata 10 minuti dopo il termine dell'attività fisica, IV CICLO= acquisizione effettuata 15 minuti dopo il termine dell'attività fisica.

Successivamente si possono vedere gli andamenti delle acquisizioni svolte durante gli allenamenti, verranno illustrati i Lead I e Lead II rispettivi ad ogni soggetto.

Soggetto S1

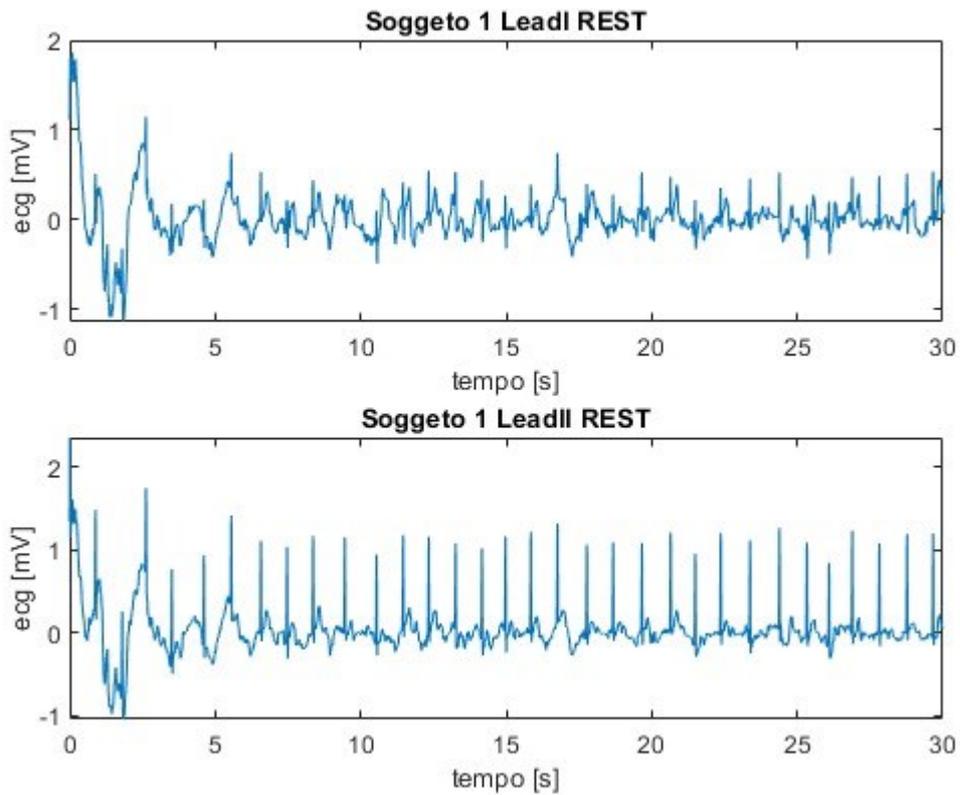


Figura 5.1: Acquisizioni soggetto 1 a riposo, Lead I e Lead II.

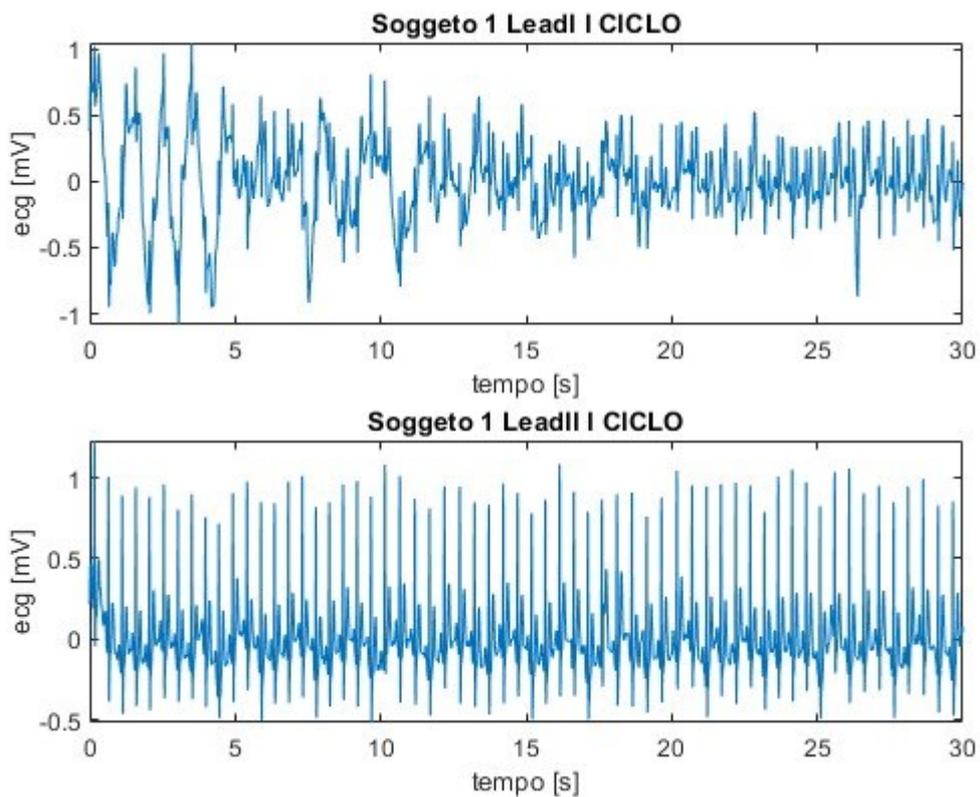


Figura 5.2: Acquisizioni soggetto 1 I ciclo, Lead I e Lead II.

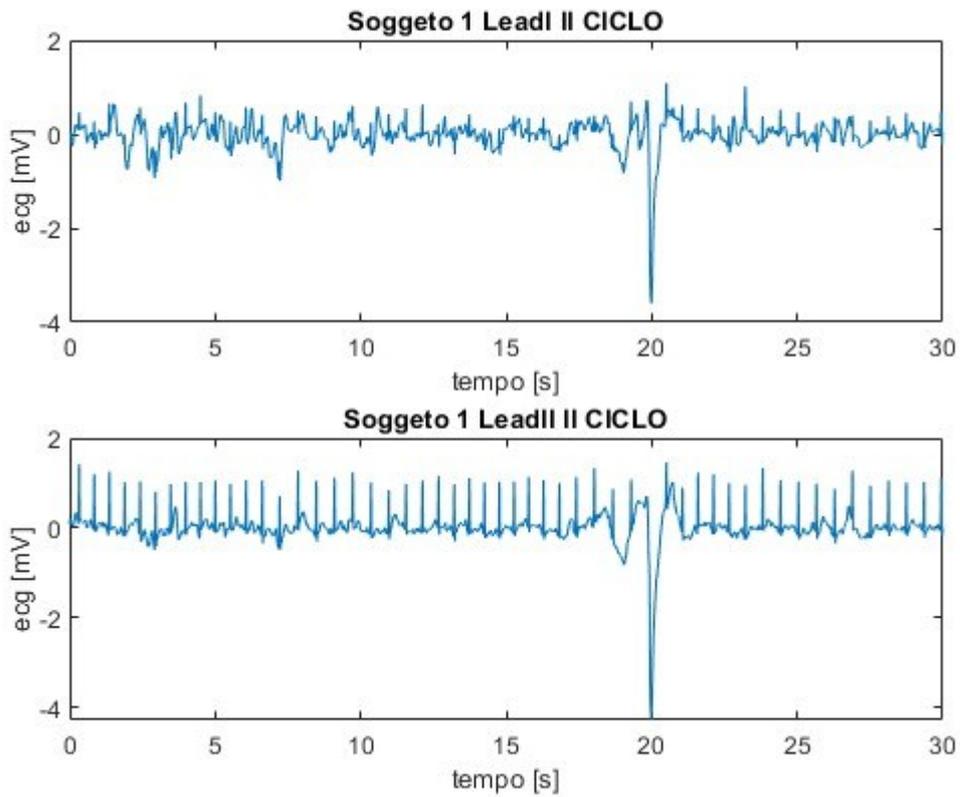


Figura 5.3: Acquisizioni soggetto 1 II ciclo, Lead I e Lead II

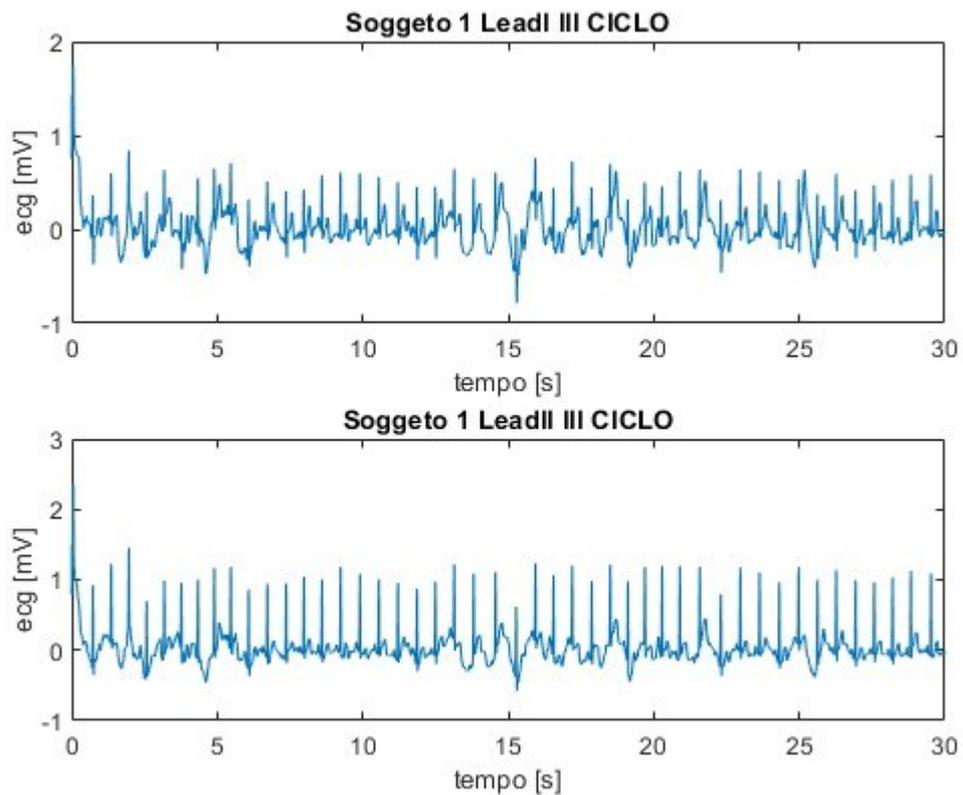


Figura 5.4: Acquisizioni soggetto 1 III ciclo, Lead I e Lead II

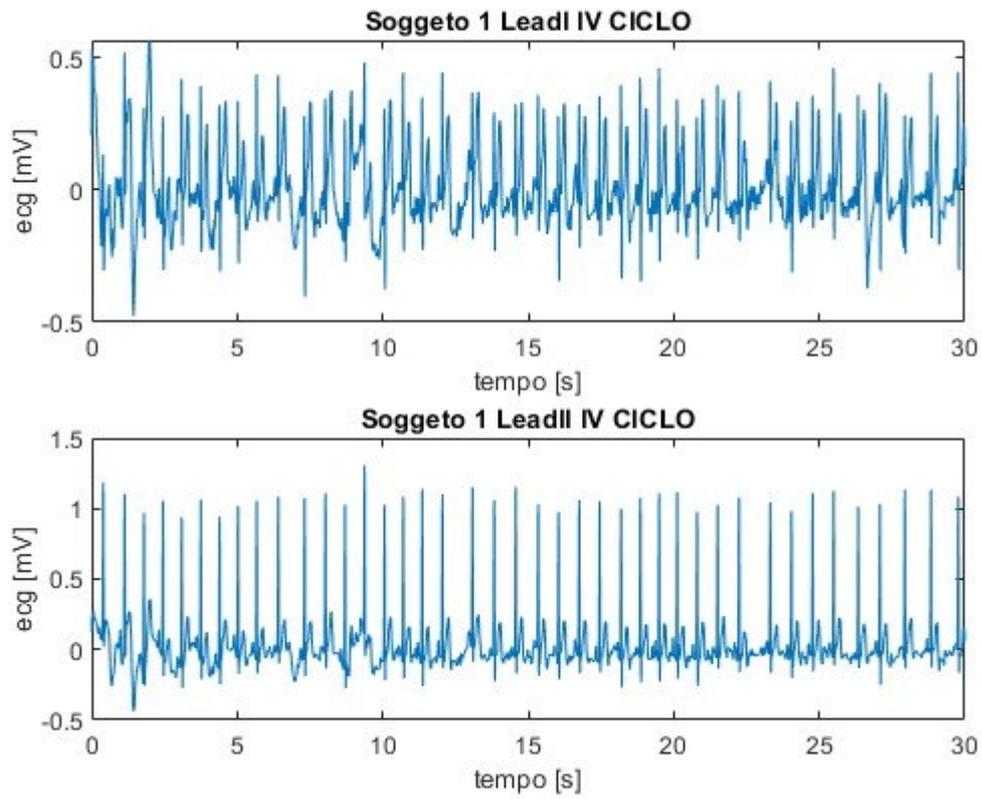


Figura 5.5: Acquisizione soggetto 1 IV ciclo, Lead I e Lead II

Soggetto S2

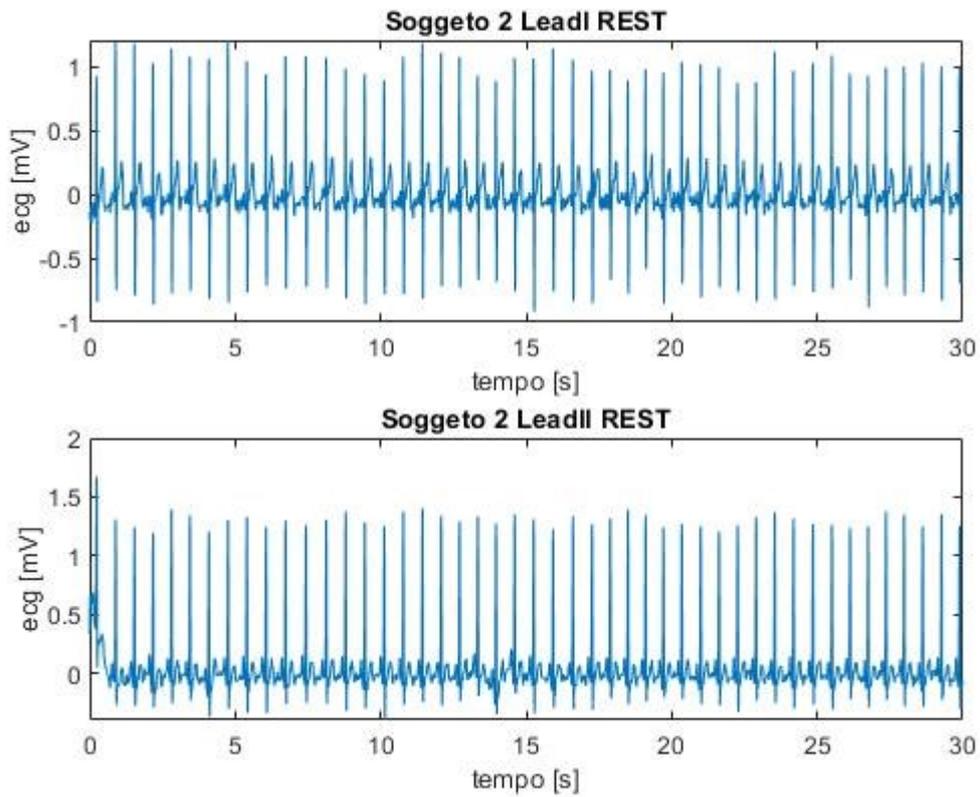


Figura 5.6: Acquisizione soggetto 2 rest, Lead I e Lead II

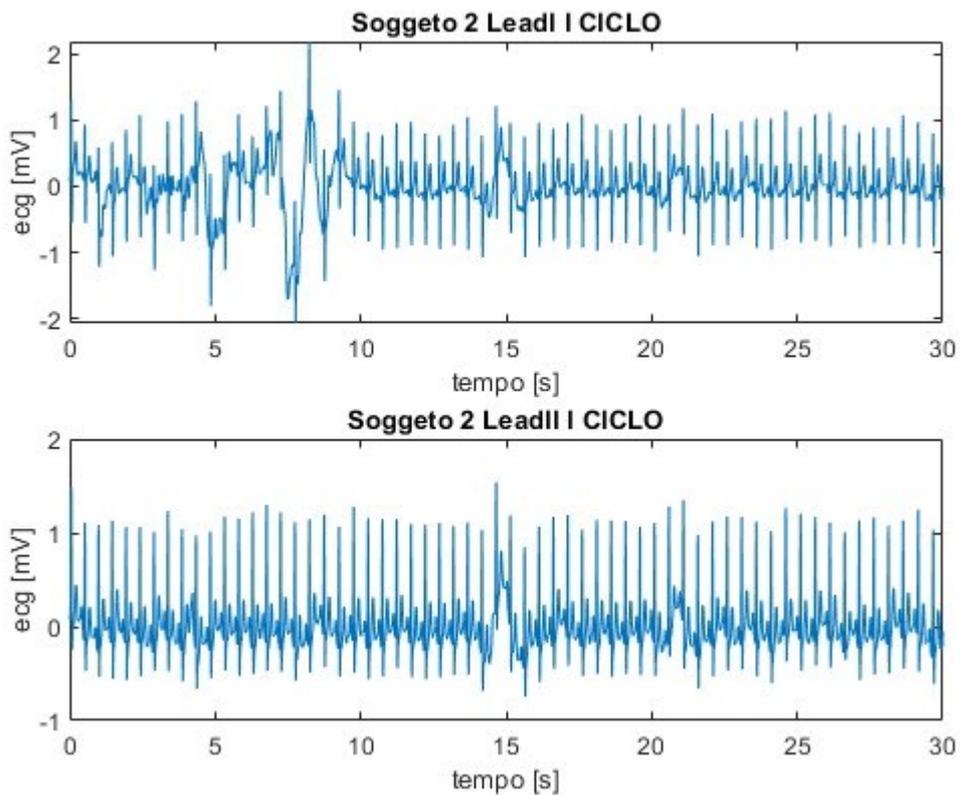


Figura 5.7: Acquisizione soggetto 2 I ciclo Lead I e Lead II

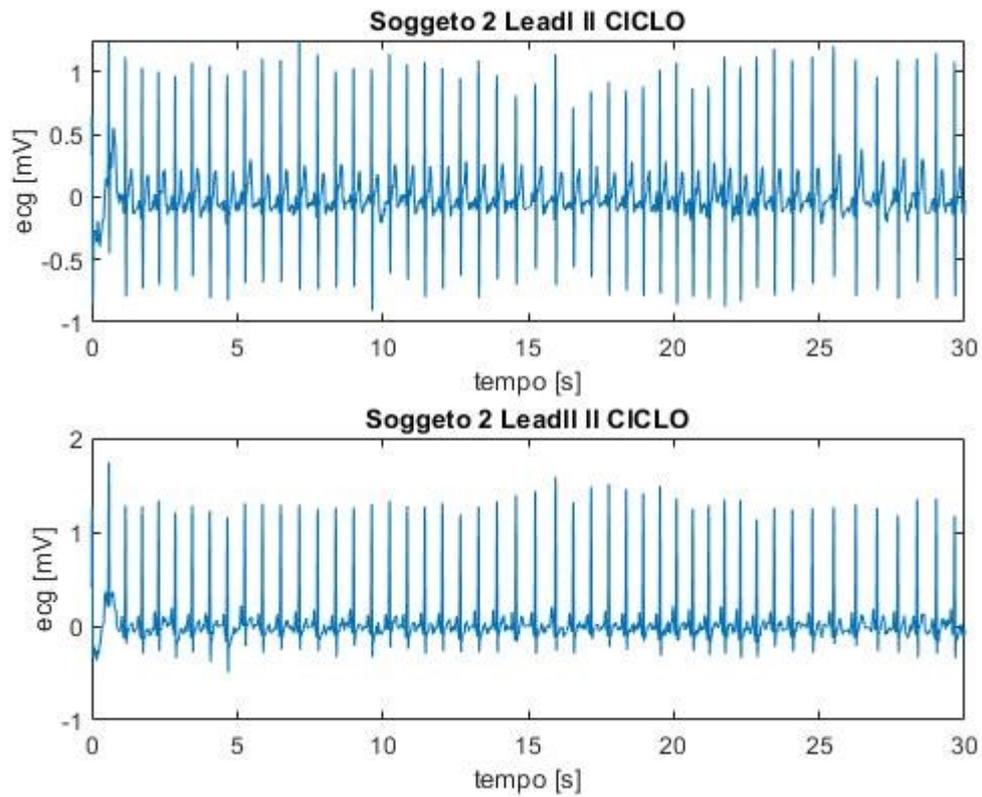


Figura 5.8: Acquisizione soggetto 2 II ciclo Lead I e Lead II

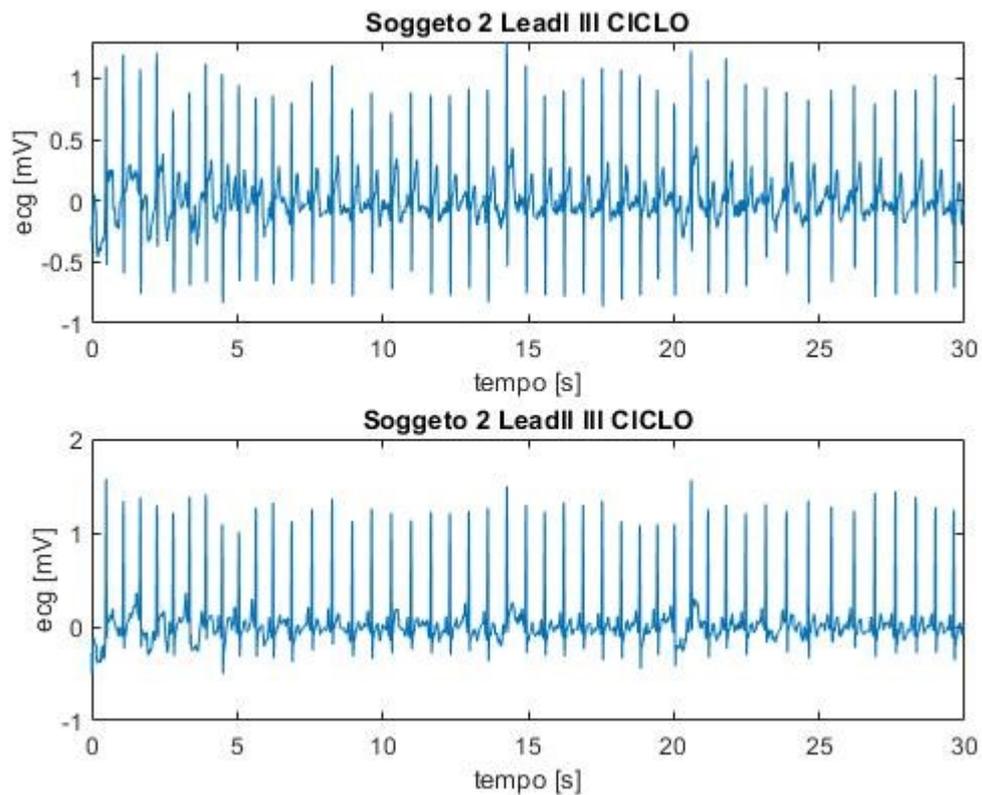


Figura 5.9: Acquisizione soggetto 2 III ciclo Lead I e Lead II

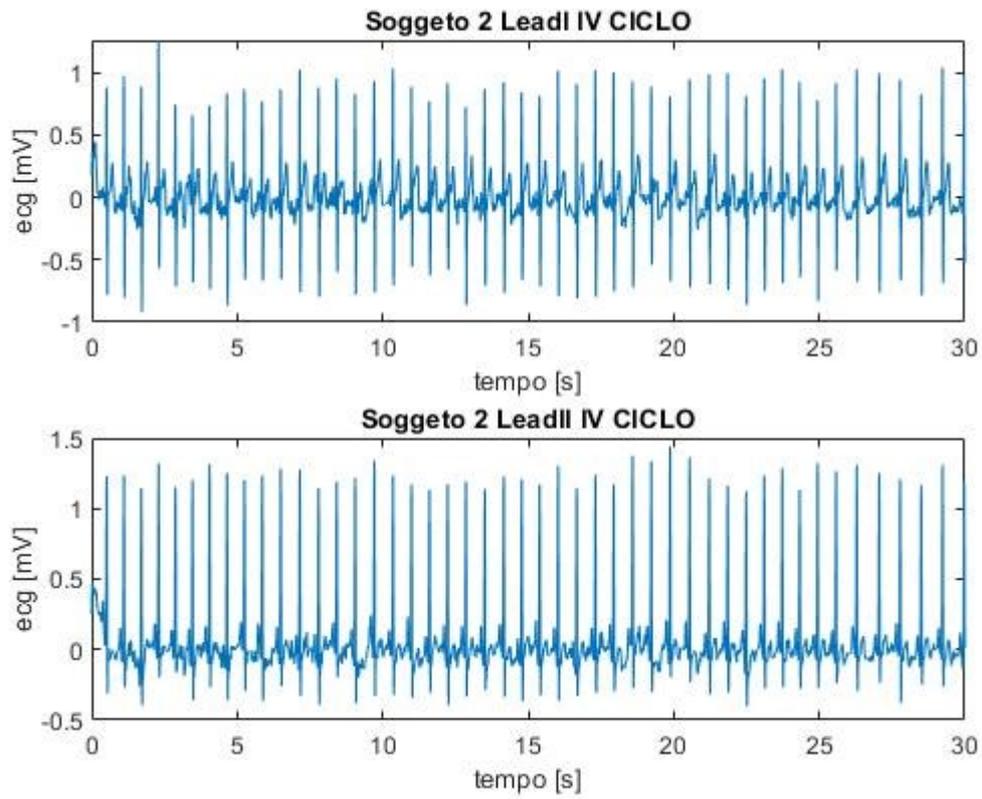


Figura 5.10: Acquisizione soggetto 2 IV ciclo Lead I e Lead II

Soggetto 3

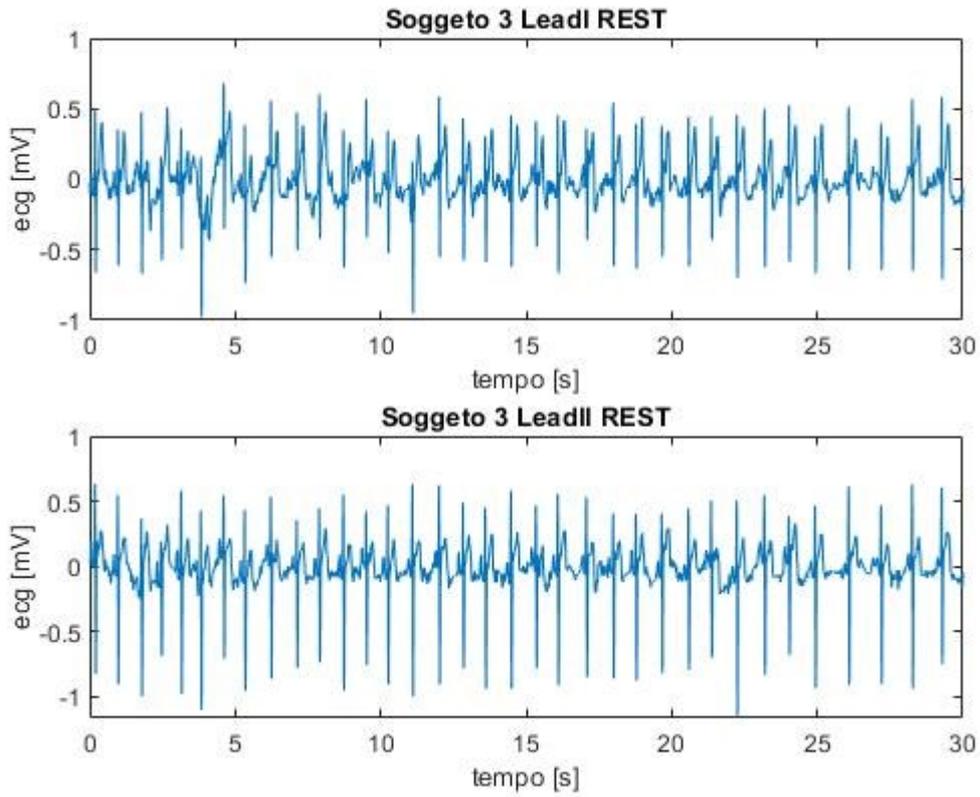


Figura 5.11: Acquisizione soggetto 3 rest Lead I e Lead II

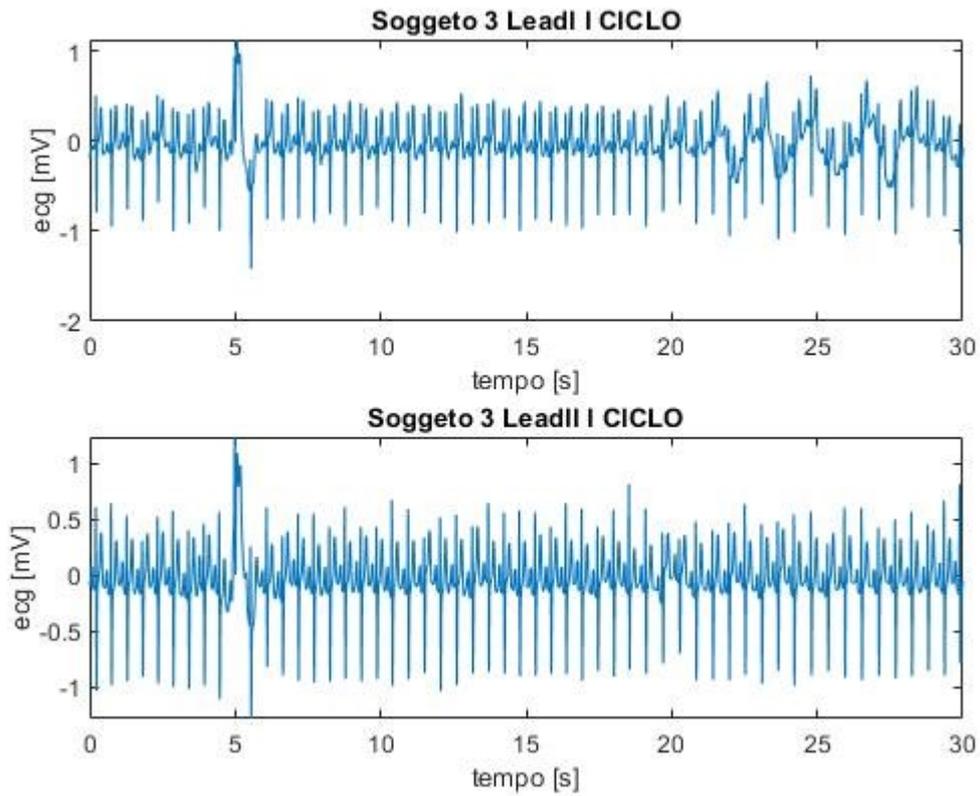


Figura 5.12: Acquisizione soggetto 3 I ciclo Lead I e Lead II

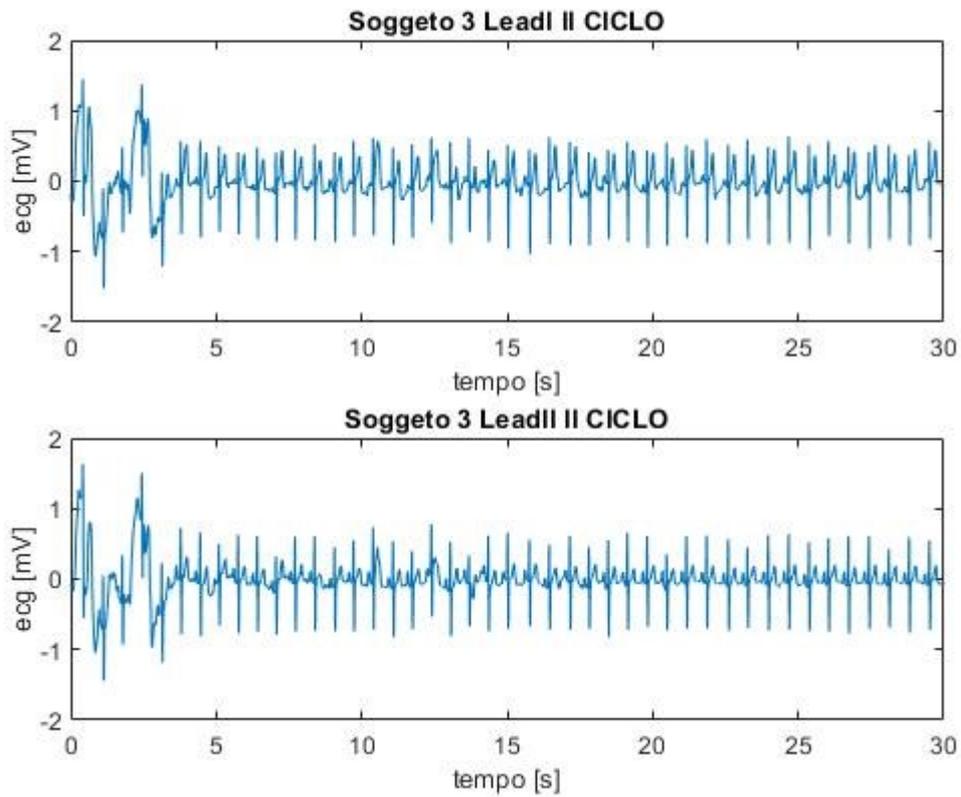


Figura 5.13: Acquisizione soggetto 3 II ciclo Lead I e Lead II

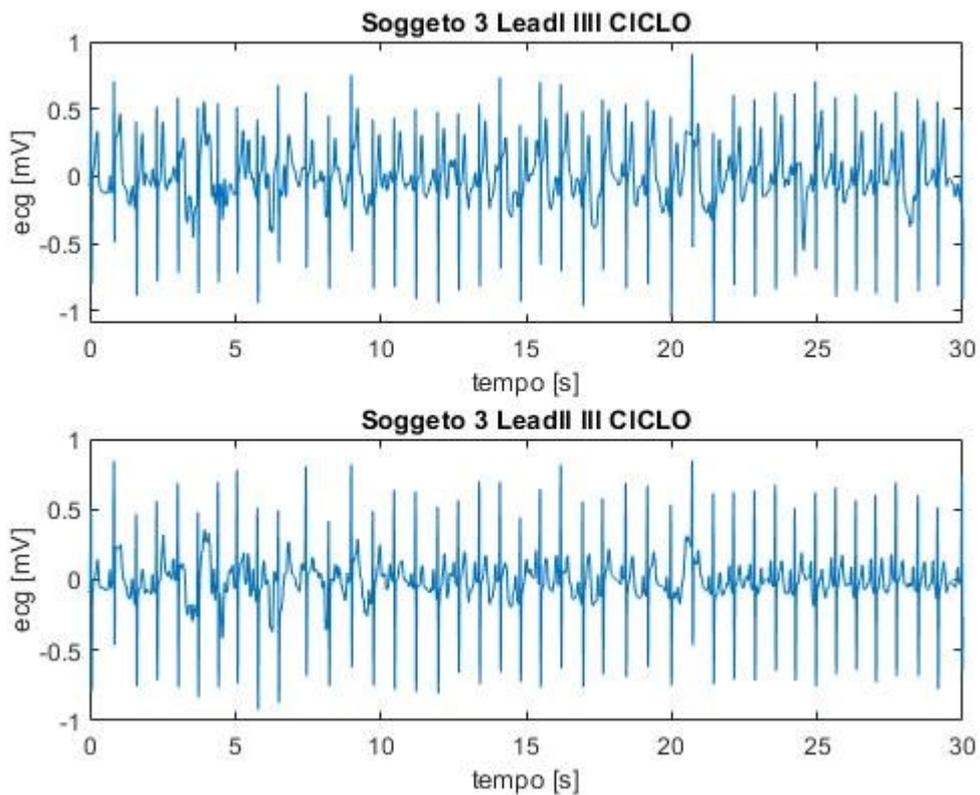


Figura 5.14: Acquisizione soggetto 3 III ciclo Lead I e Lead II

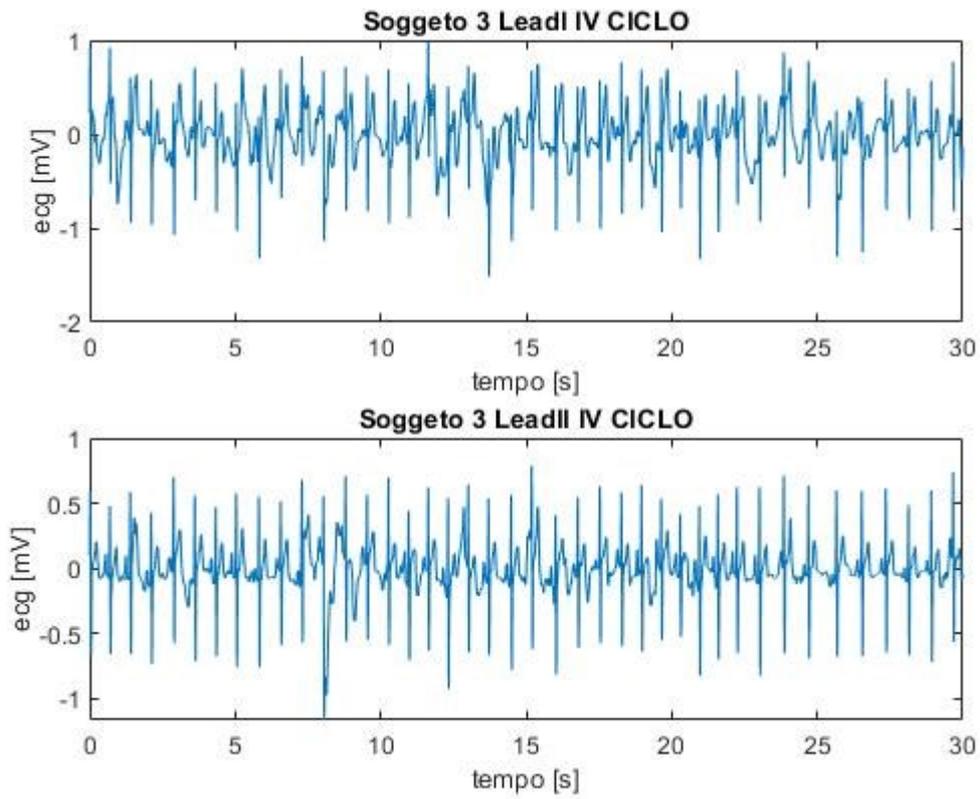


Figura 5.15: Acquisizione soggetto 3 IV ciclo Lead I e Lead II

Soggetto 4

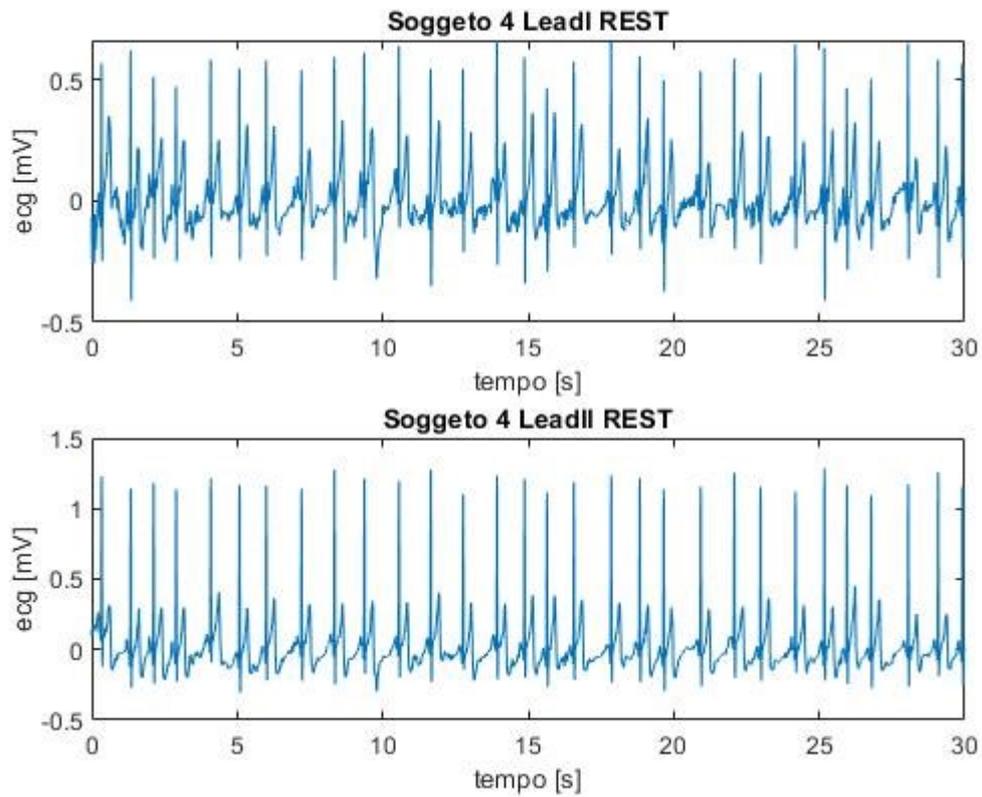


Figura 5.16: Acquisizione soggetto 4 rest Lead I e Lead II

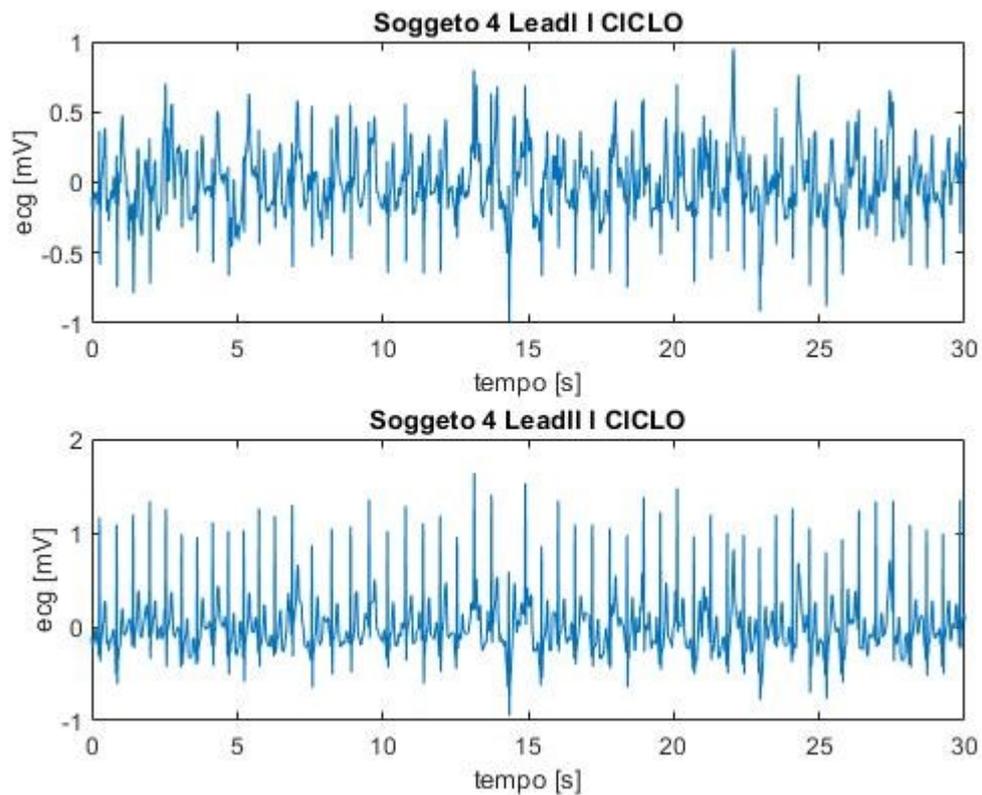


Figura 5.17: Acquisizione soggetto 4 I ciclo Lead I e Lead II

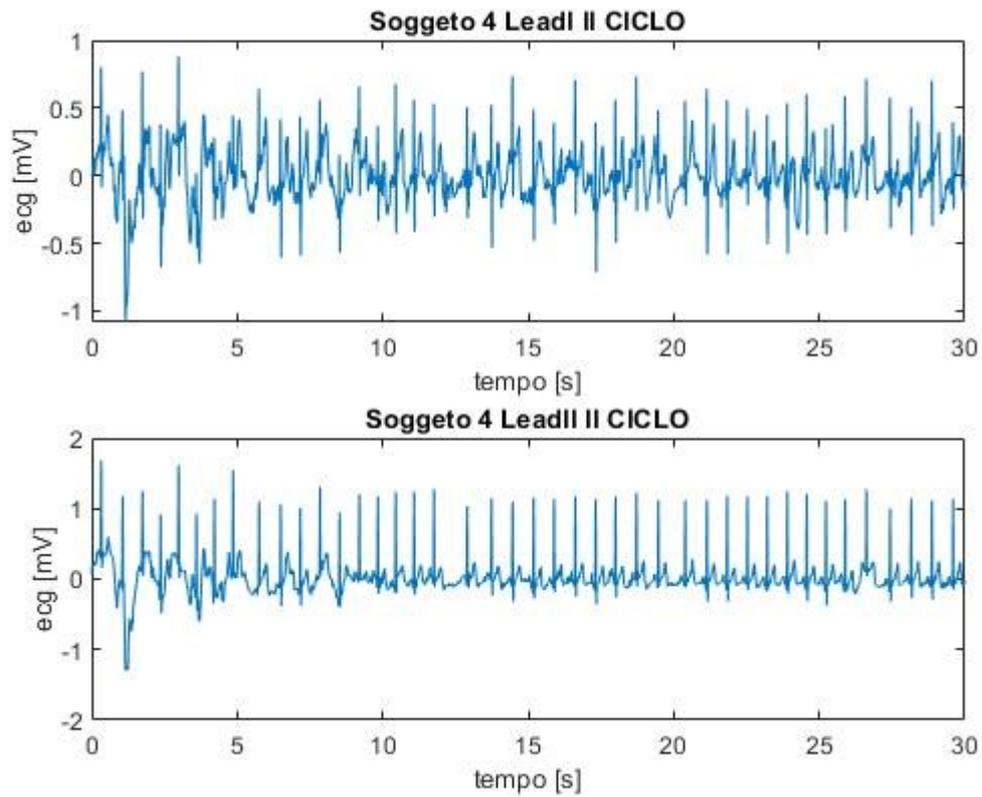


Figura 5.18: Acquisizione soggetto 4 II ciclo Lead I e Lead II

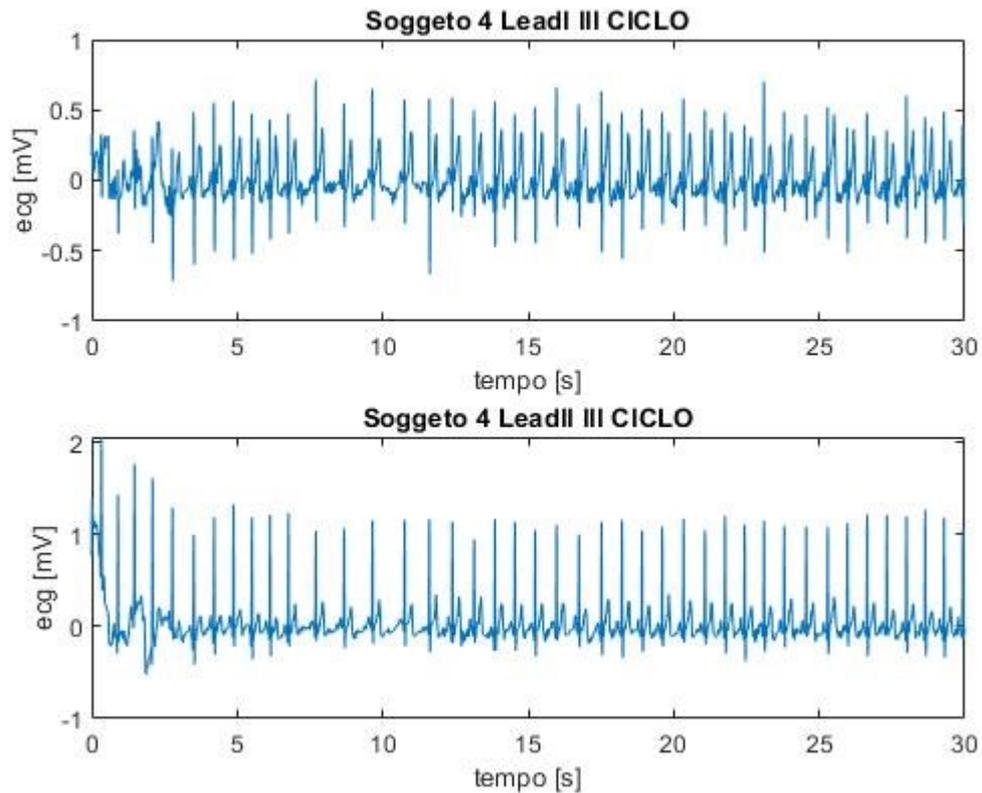


Figura 5.19: Acquisizione soggetto 4 III ciclo Lead I e Lead II

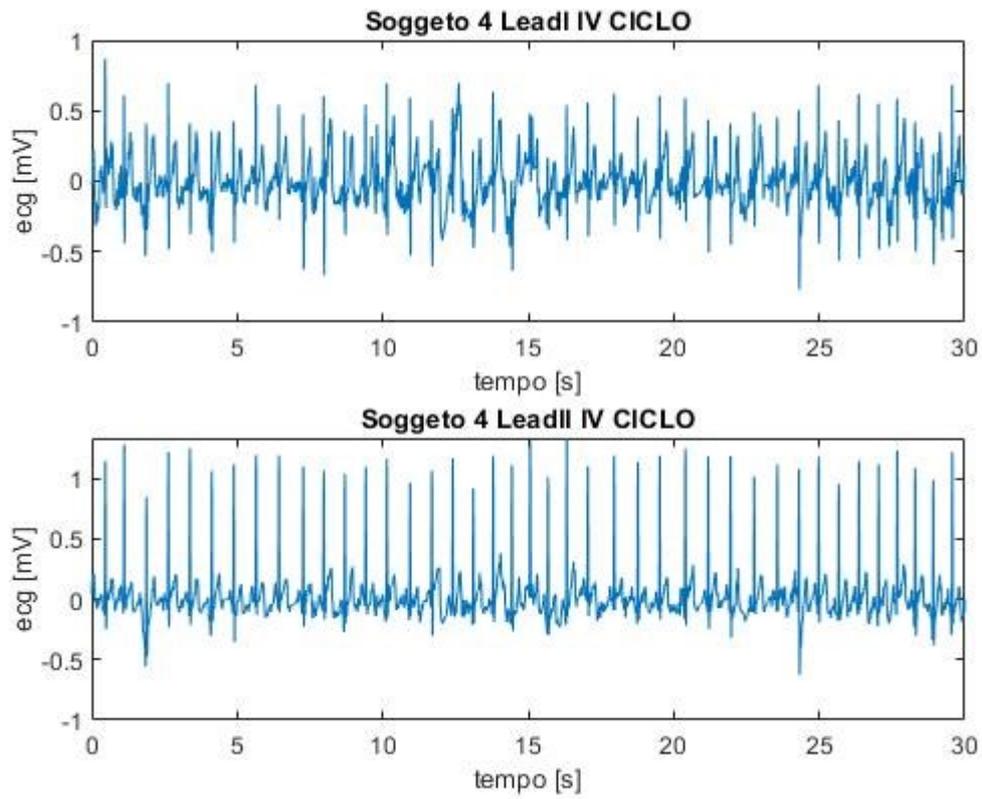


Figura 5.20: Acquisizione soggetto 4 IV ciclo Lead I e Lead II

Soggetto 5

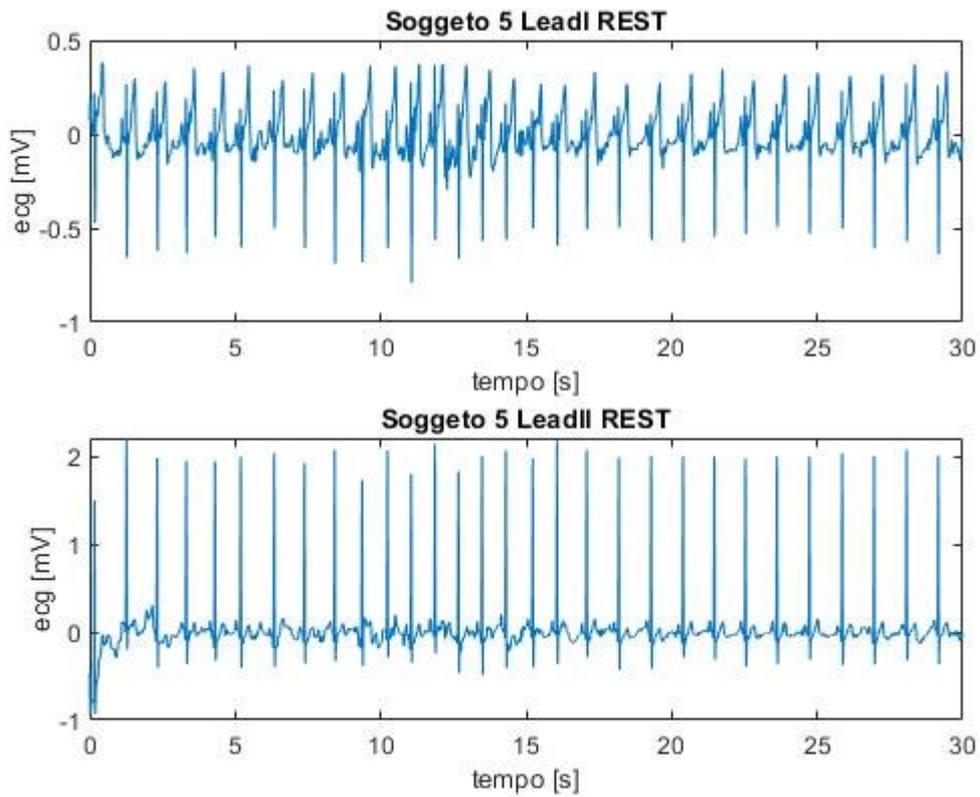


Figura 5.21: Acquisizione soggetto 5 rest Lead I e Lead II

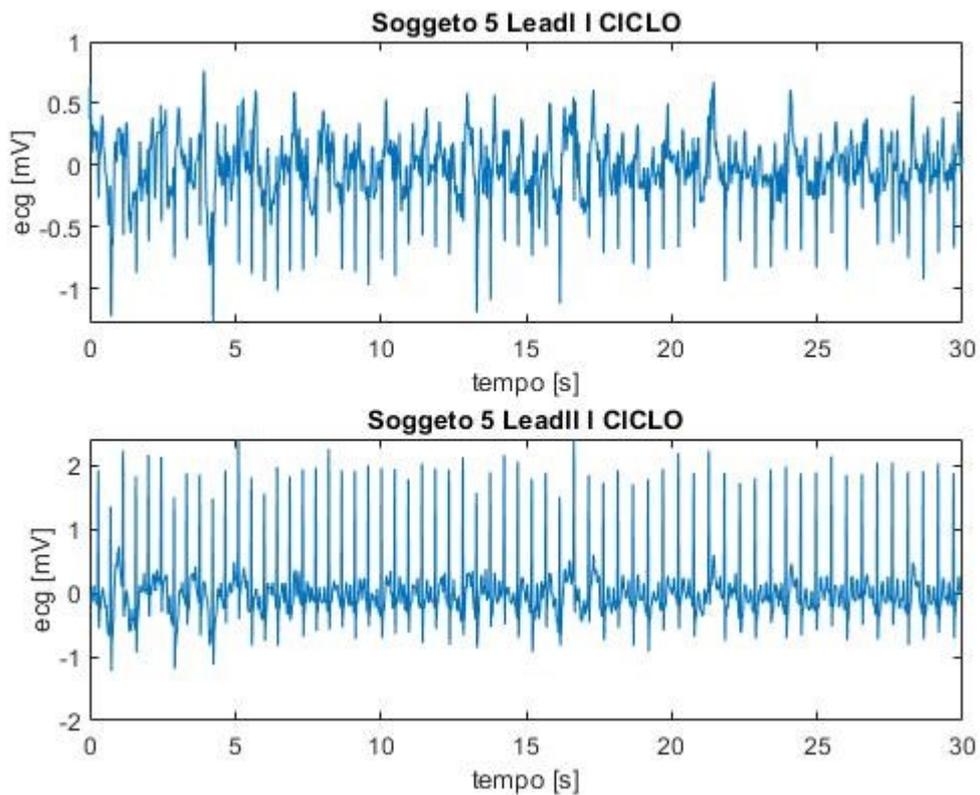


Figura 5.22: Acquisizione soggetto 5 I ciclo Lead I e Lead II

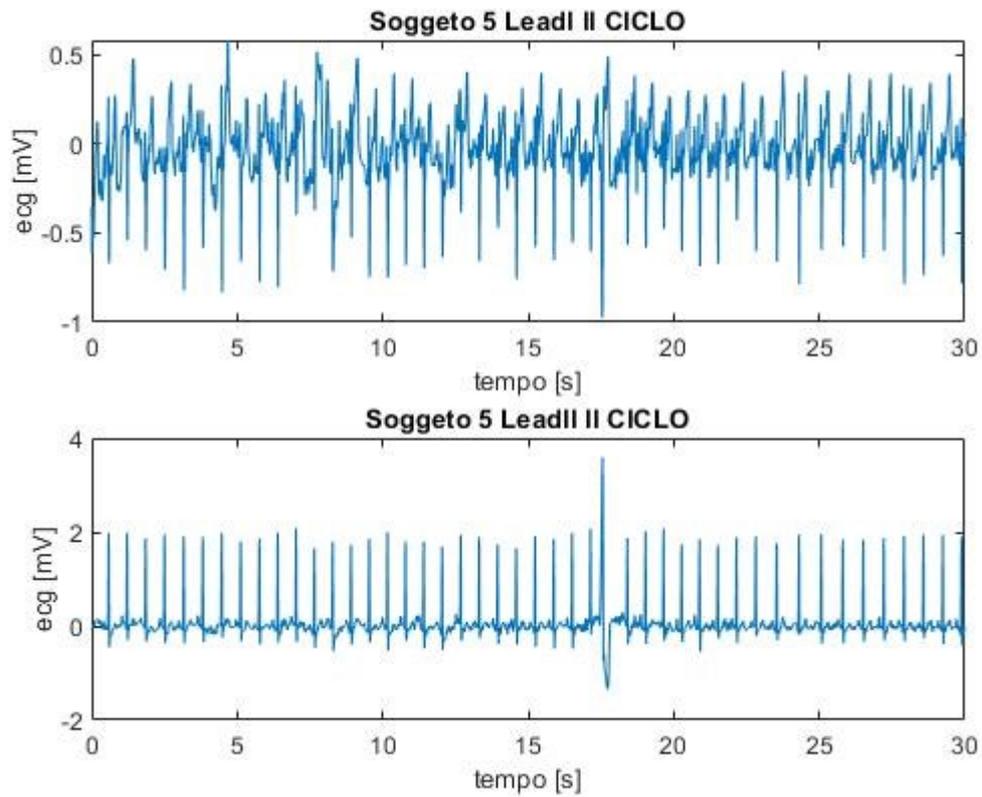


Figura 5.23: Acquisizione soggetto 5 II ciclo Lead I e Lead II

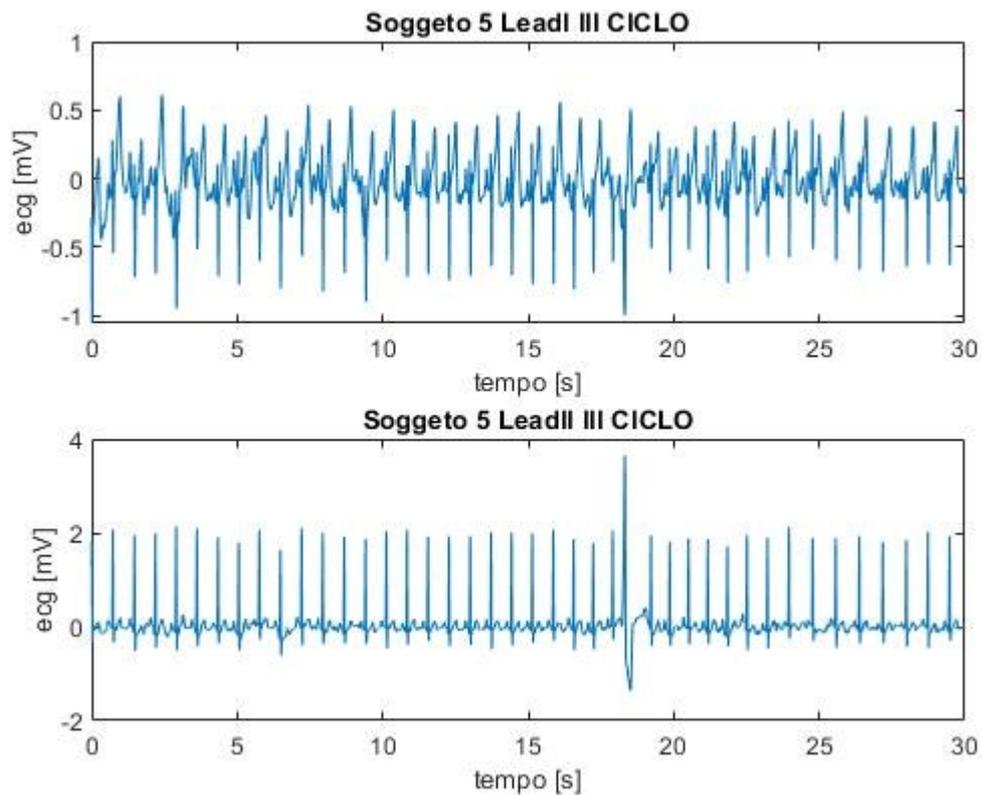


Figura 5.24: Acquisizione soggetto 5 III ciclo Lead I e Lead II

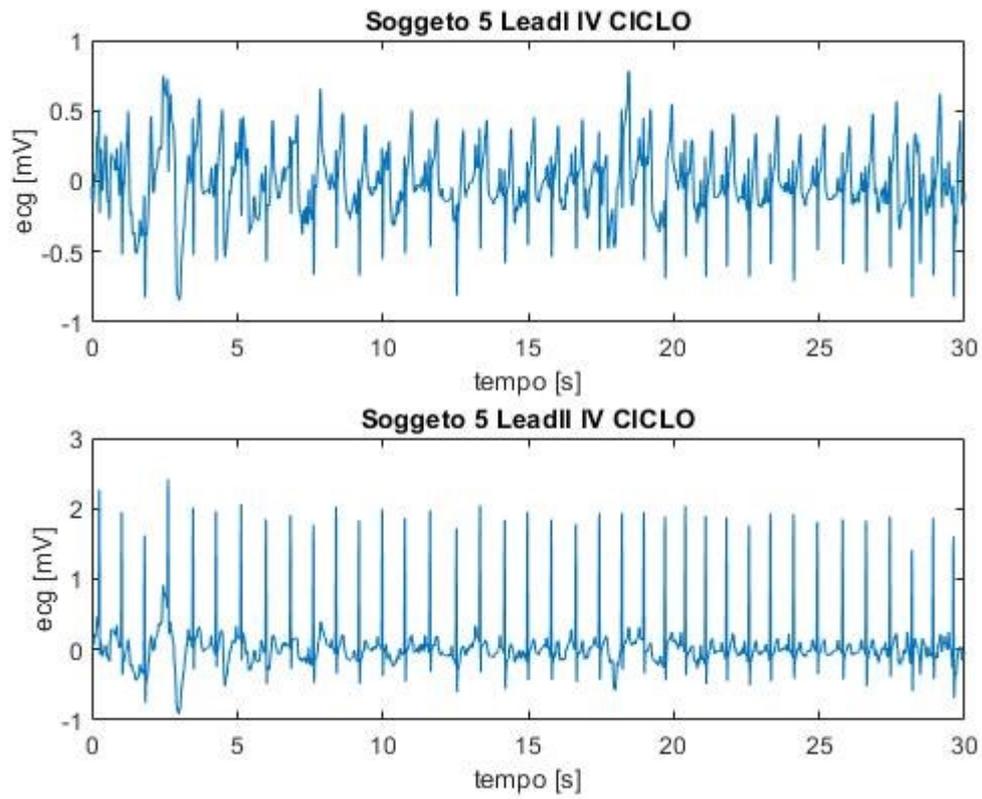


Figura 5.25: Acquisizione soggetto 5 IV ciclo Lead I e Lead II

Soggetto 6

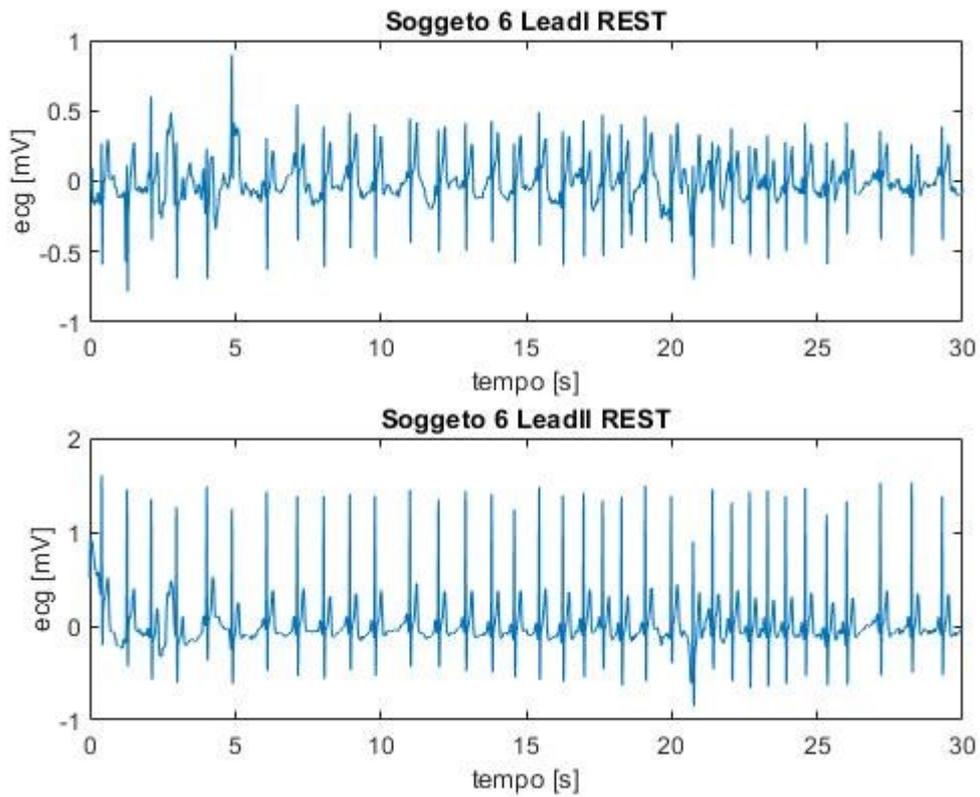


Figura 5.26: Acquisizione soggetto 6 rest Lead I e Lead II

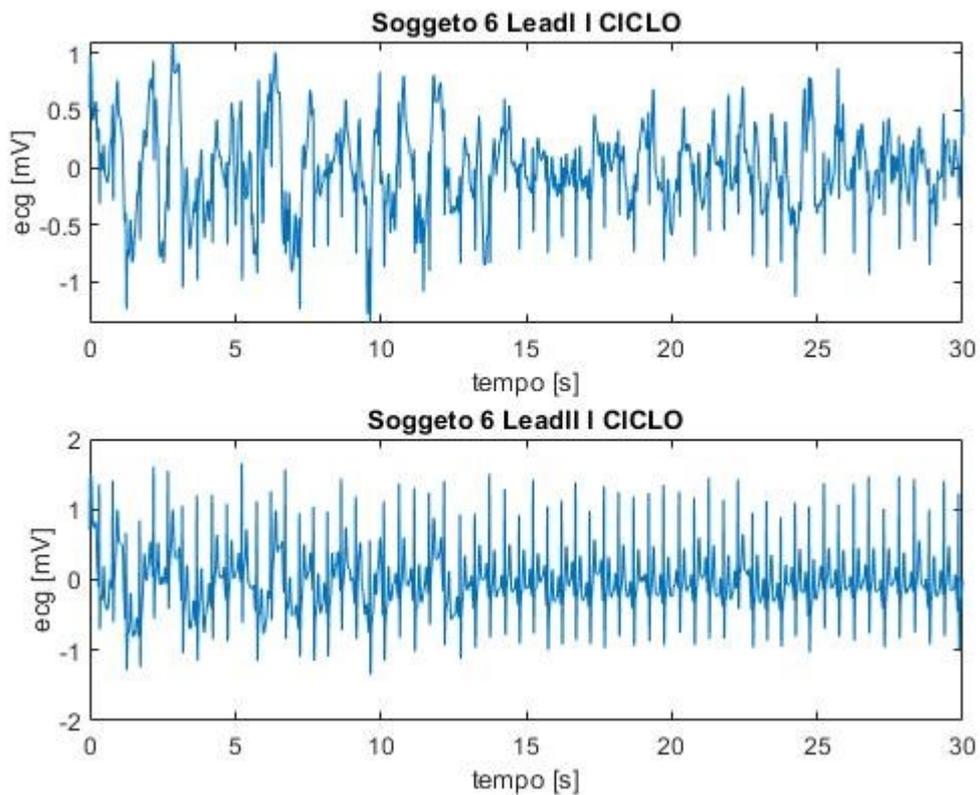


Figura 5.27: Acquisizione soggetto 6 I ciclo Lead I e Lead II

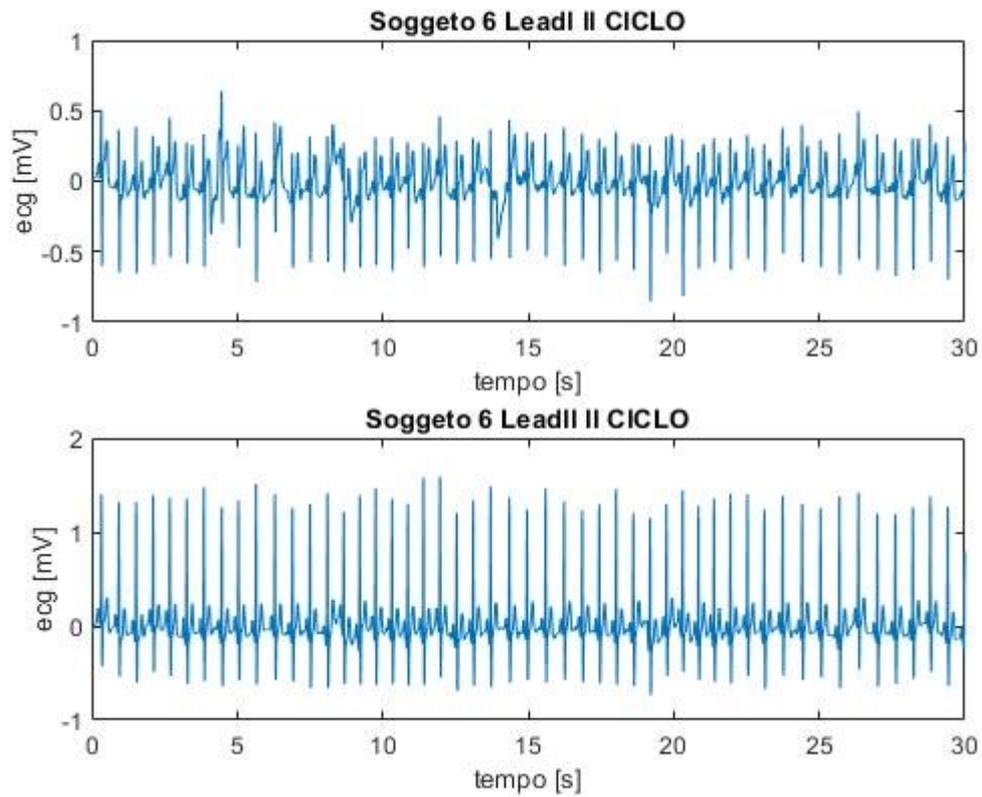


Figura 5.28: Acquisizione soggetto 6 II ciclo Lead I e Lead II

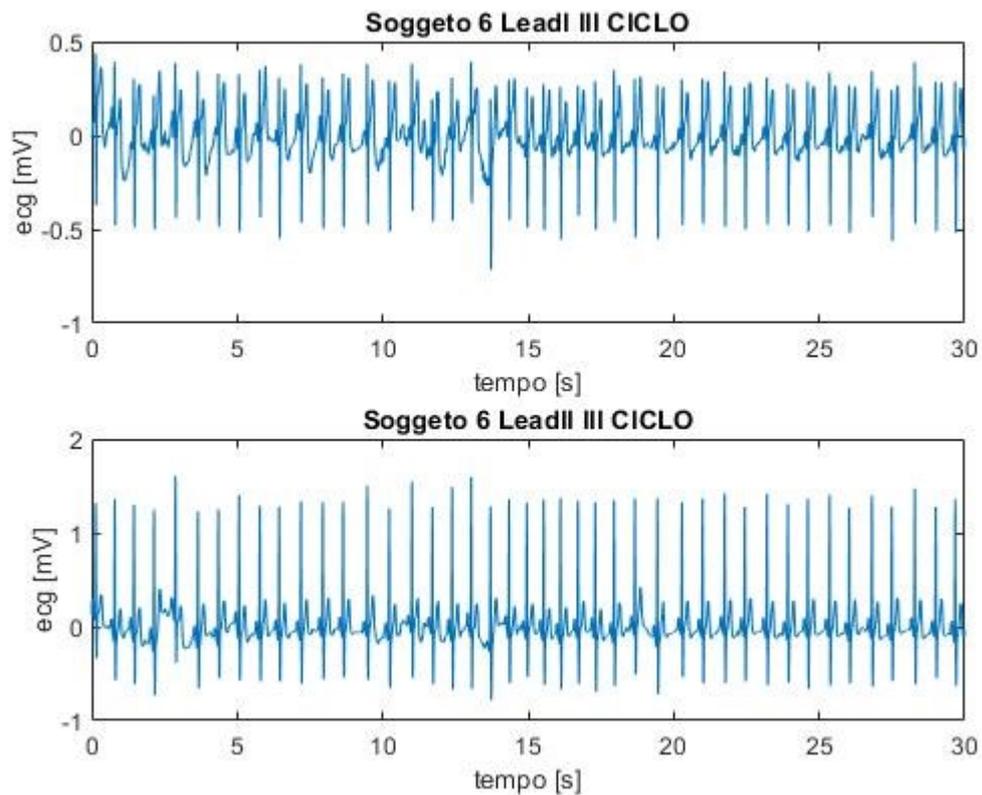


Figura 5.29: Acquisizione soggetto 6 III ciclo Lead I e Lead II

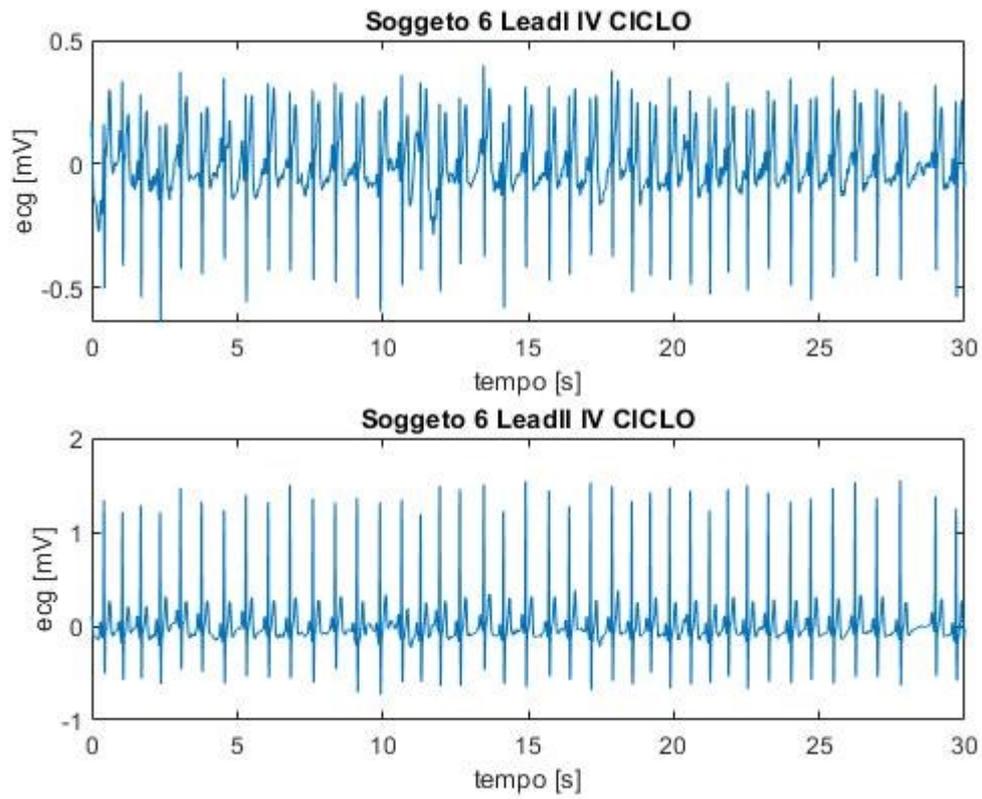


Figura 5.30: Acquisizione soggetto 6 IV ciclo Lead I e Lead II

Soggetto 7

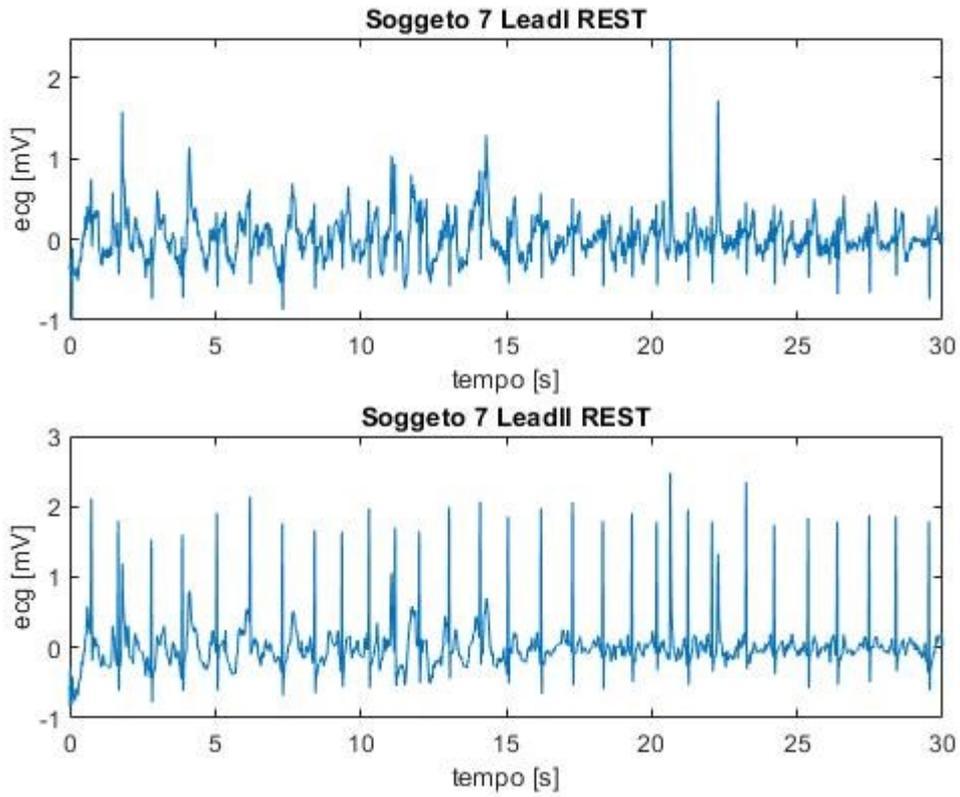


Figura 5.31: Acquisizione soggetto 7 rest Lead I e Lead II

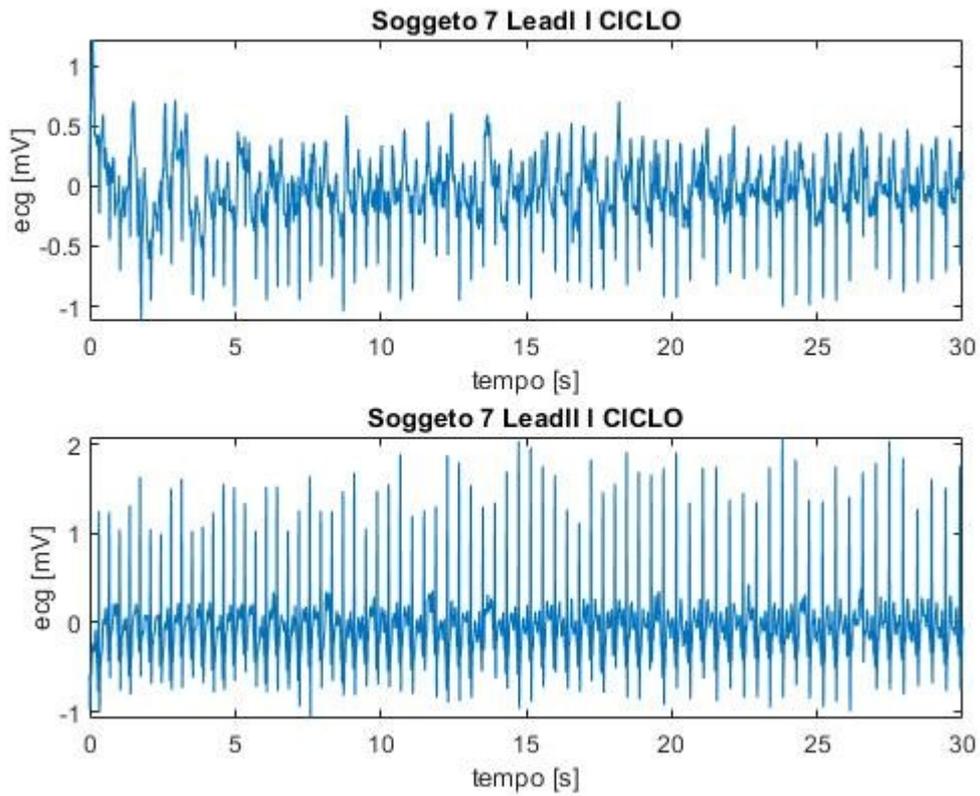


Figura 5.32: Acquisizione soggetto 7 I ciclo Lead I e Lead II

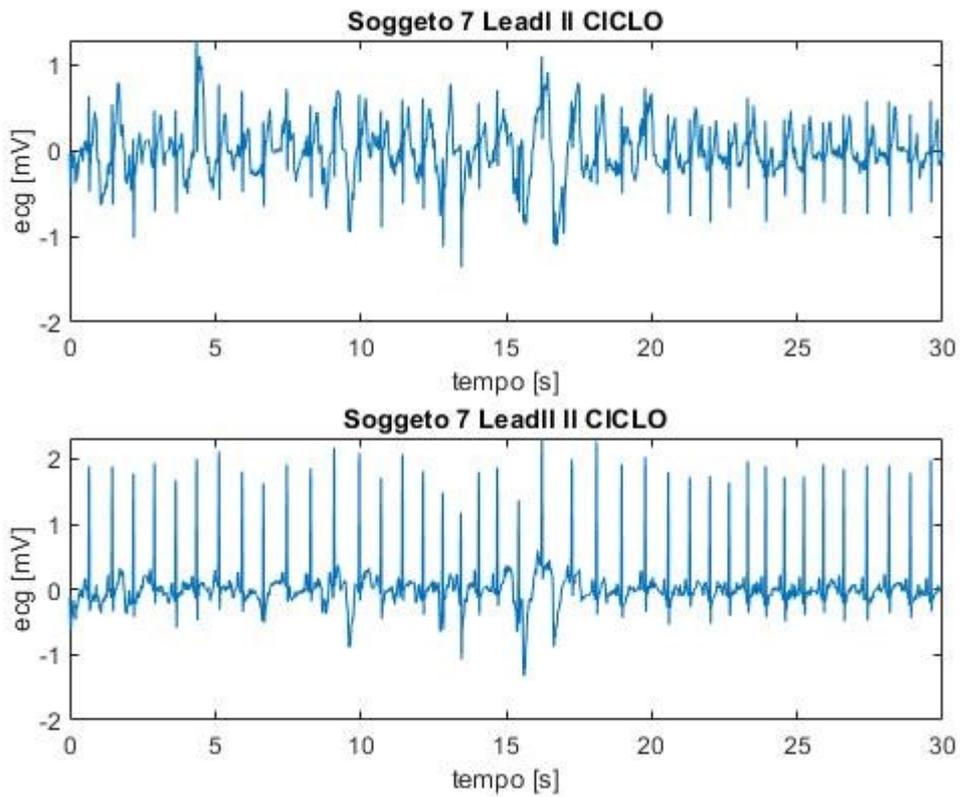


Figura 5.33: Acquisizione soggetto 7 II ciclo Lead I e Lead II

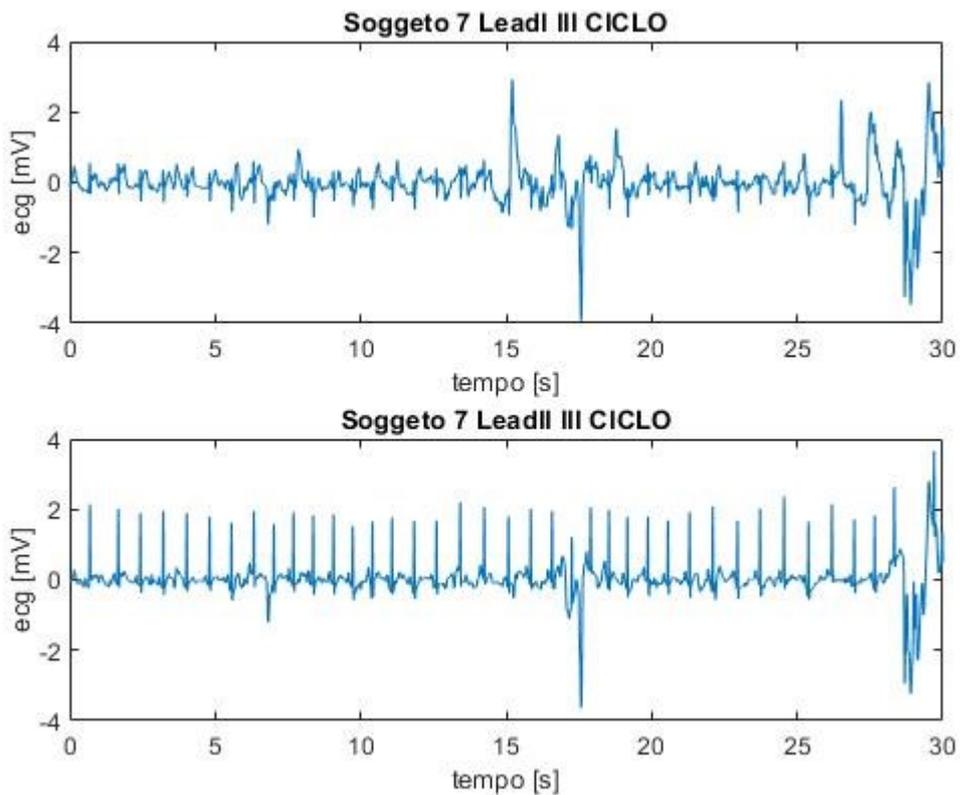


Figura 5.34: Acquisizione soggetto 7 III ciclo Lead I e Lead II

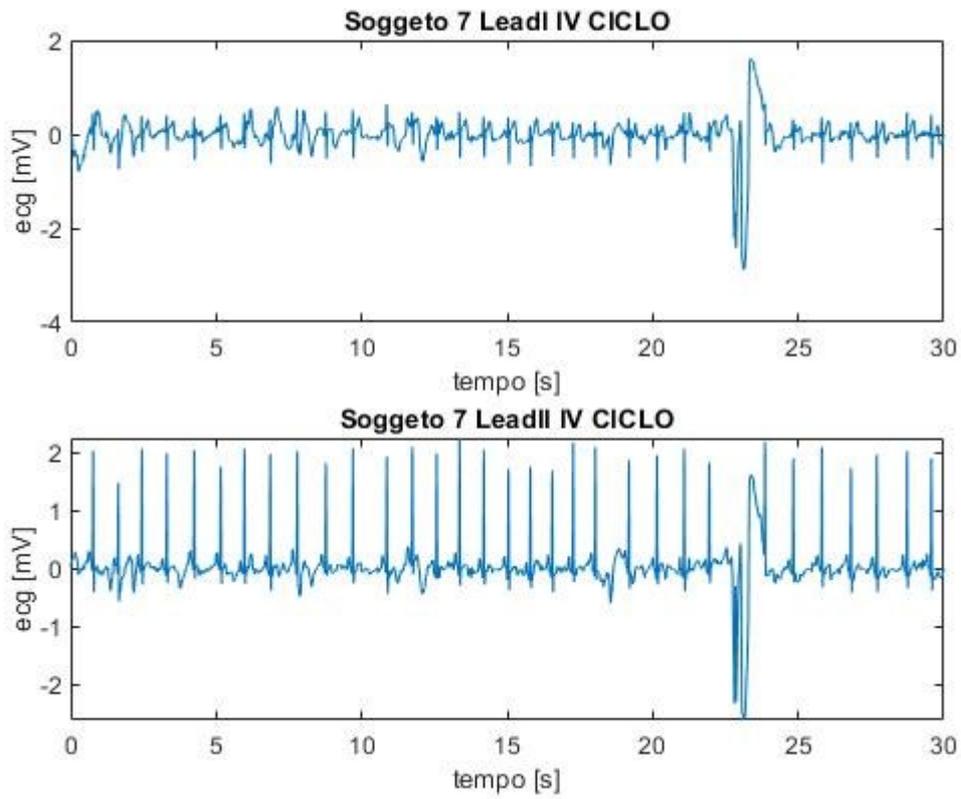


Figura 5.35: Acquisizione soggetto 7 IV ciclo Lead I e Lead II

Soggetto 8

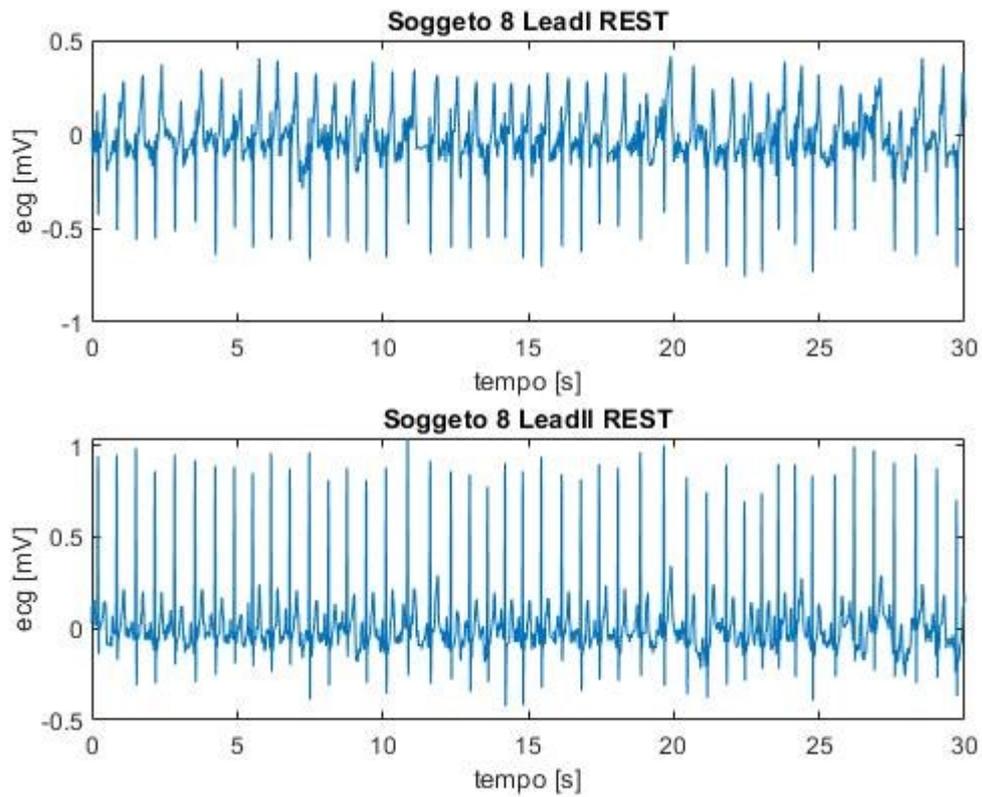


Figura 5.36: Acquisizione soggetto 8 rest Lead I e Lead II

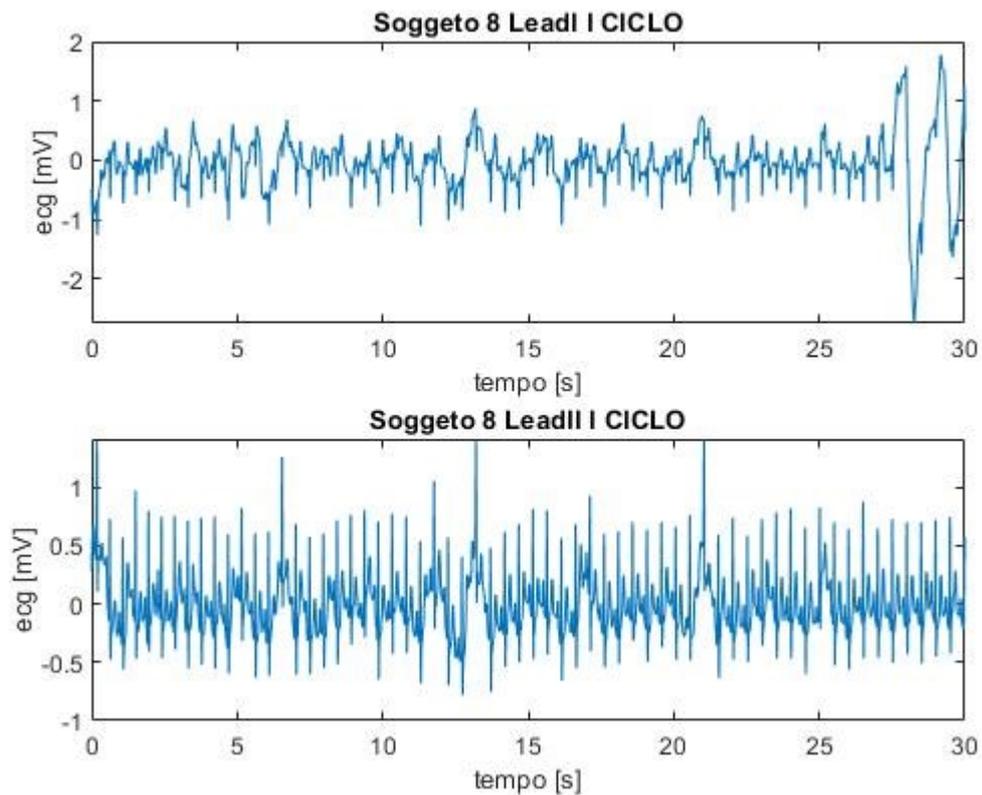


Figura 5.37: Acquisizione soggetto 8 I ciclo Lead I e Lead II

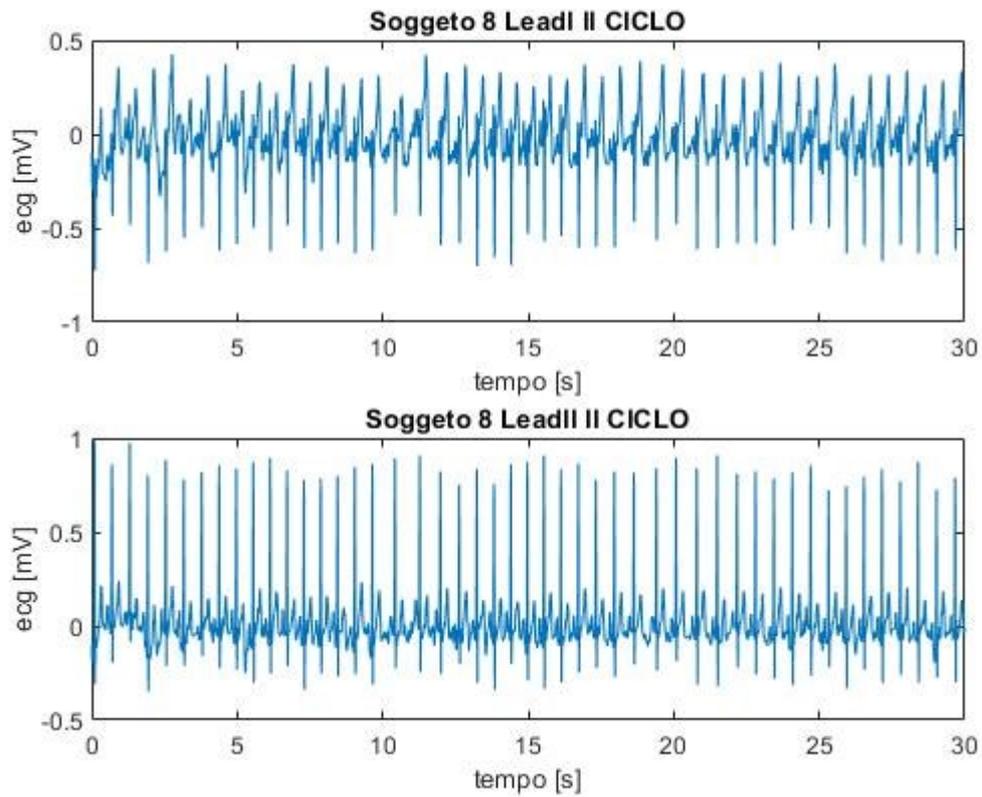


Figura 5.38: Acquisizione soggetto 8 II ciclo Lead I e Lead II

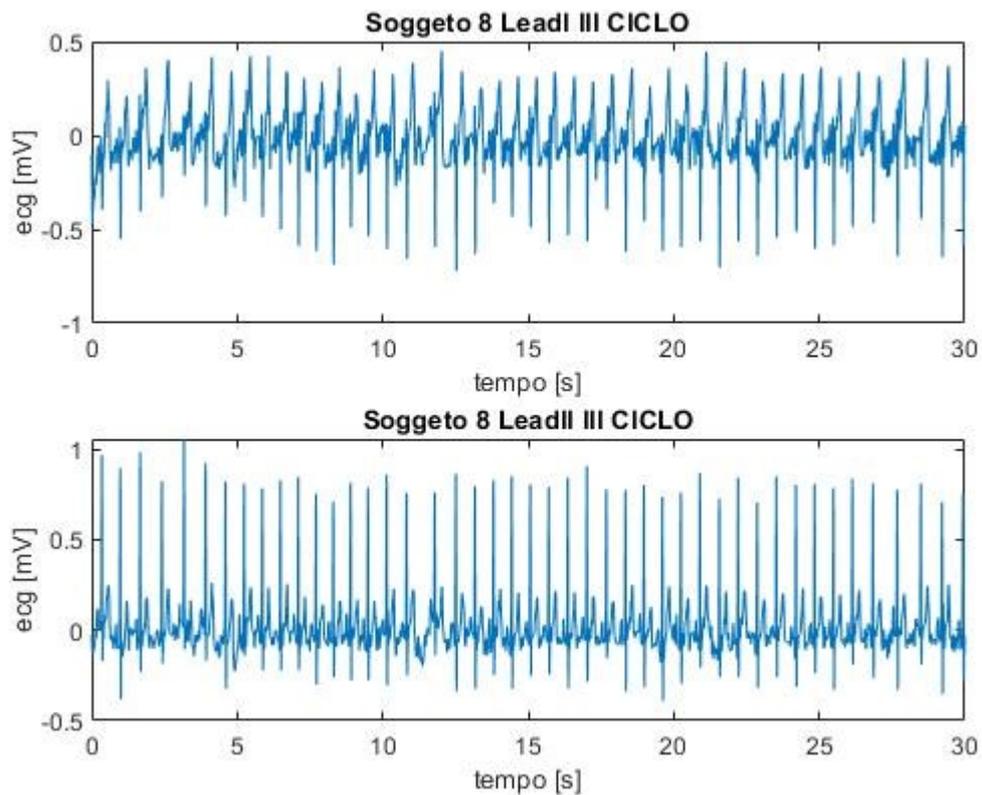


Figura 5.39: Acquisizione soggetto 8 III ciclo Lead I e Lead II

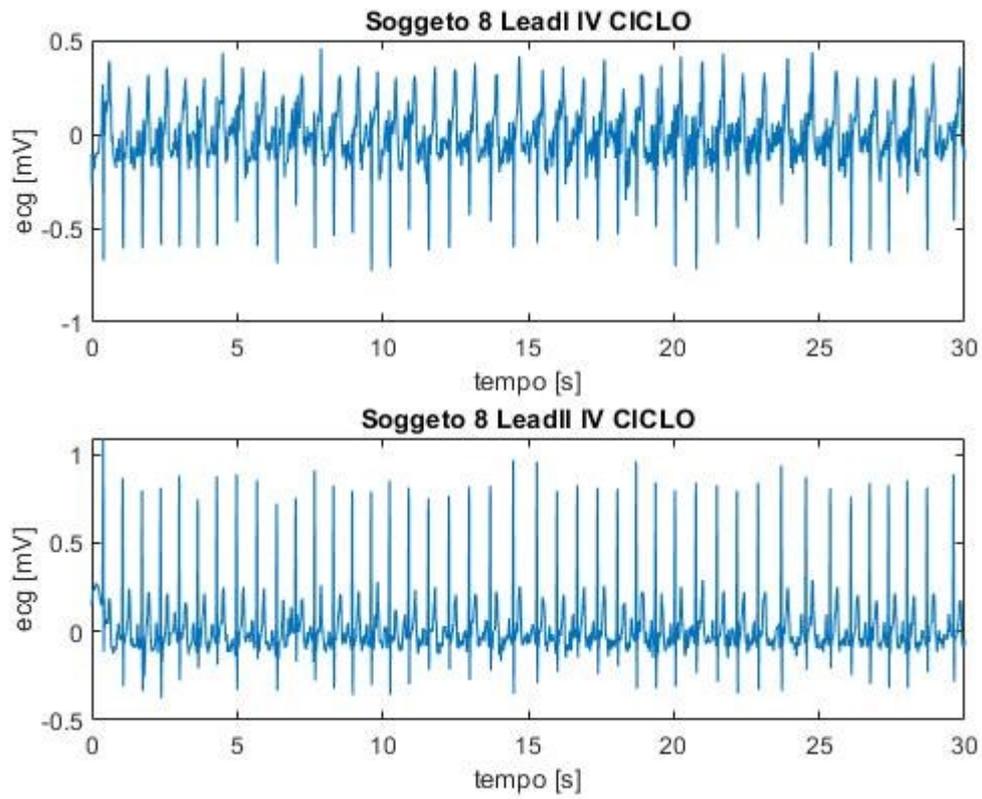


Figura 5.40: Acquisizione soggetto 8 IV ciclo Lead I e Lead II

Soggetto 9

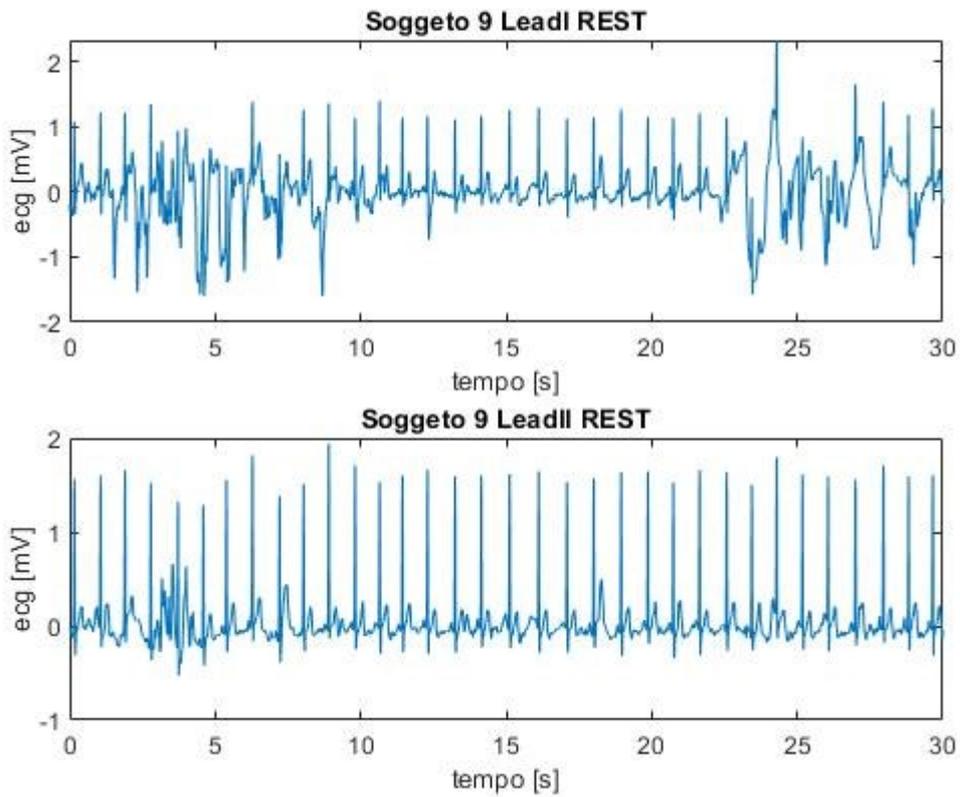


Figura 5.41: Acquisizione soggetto 9 rest Lead I e Lead II

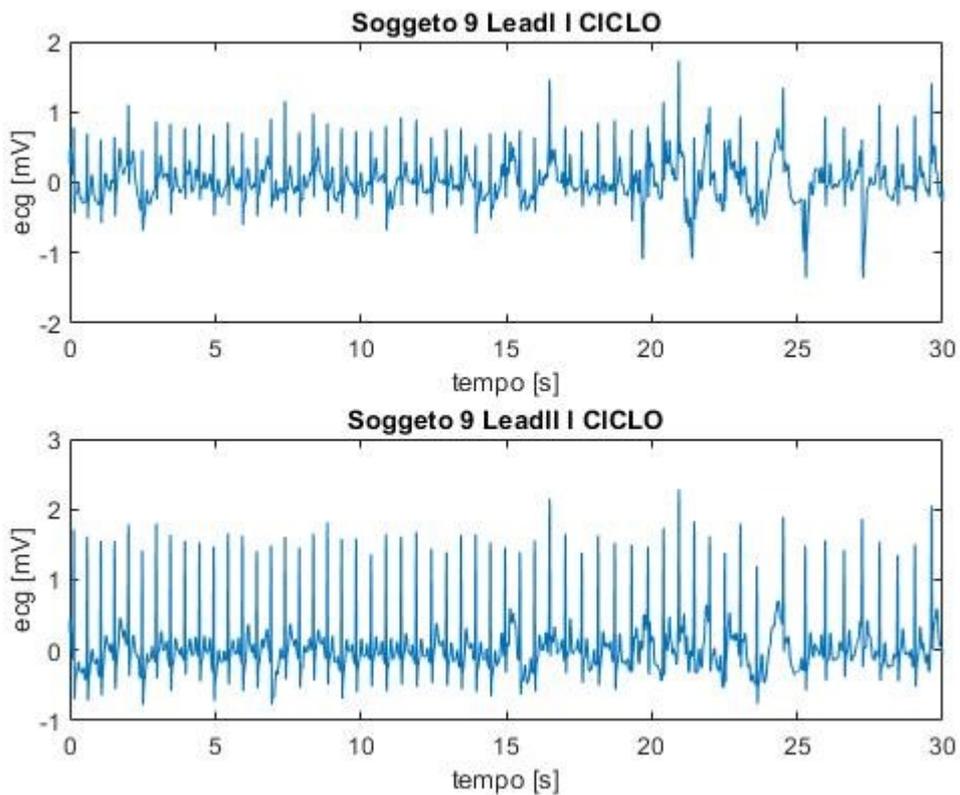


Figura 5.42: Acquisizione soggetto 9 rest Lead I e Lead II

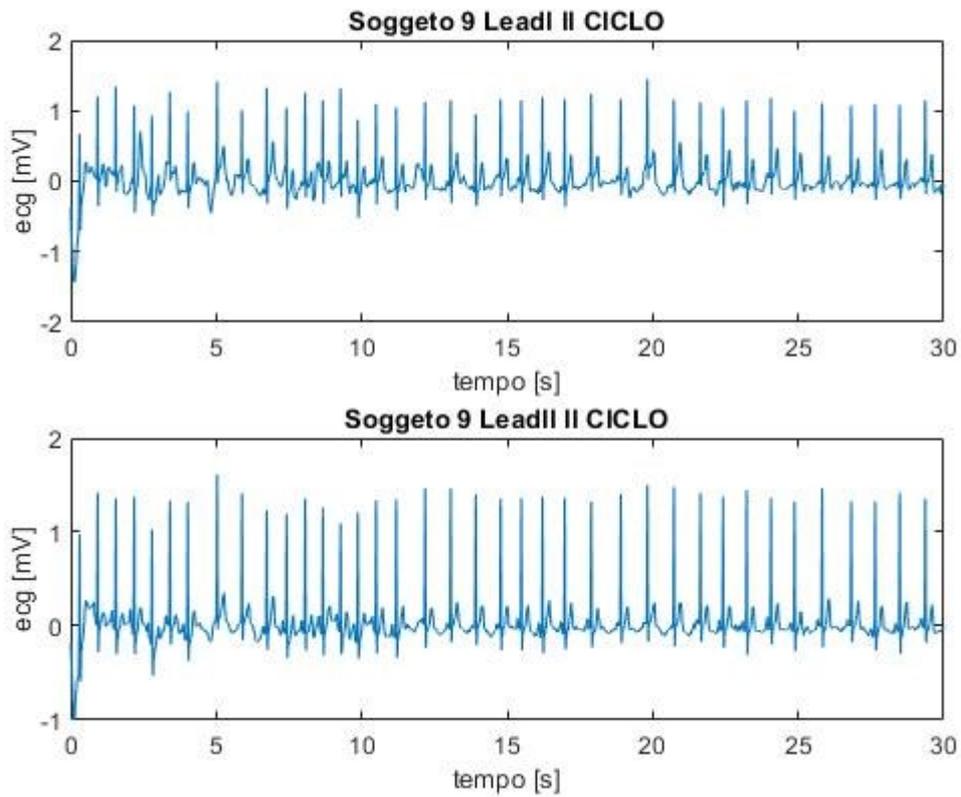


Figura 5.43: Acquisizione soggetto 9 rest Lead I e Lead II

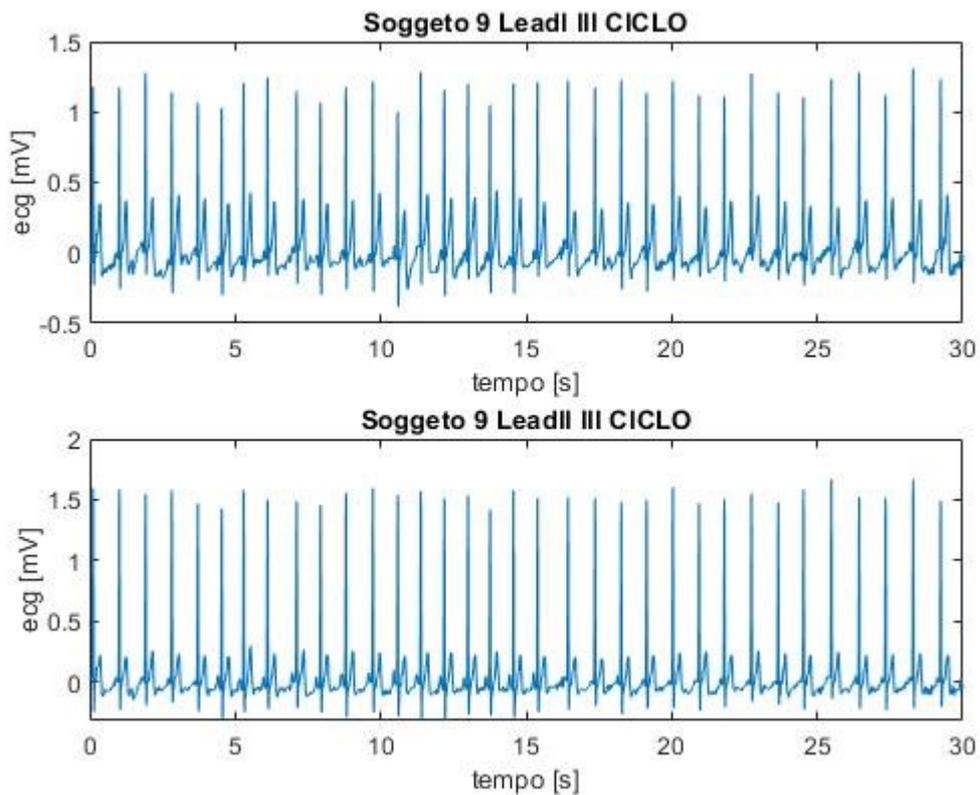


Figura 5.44: Acquisizione soggetto 9 rest Lead I e Lead II

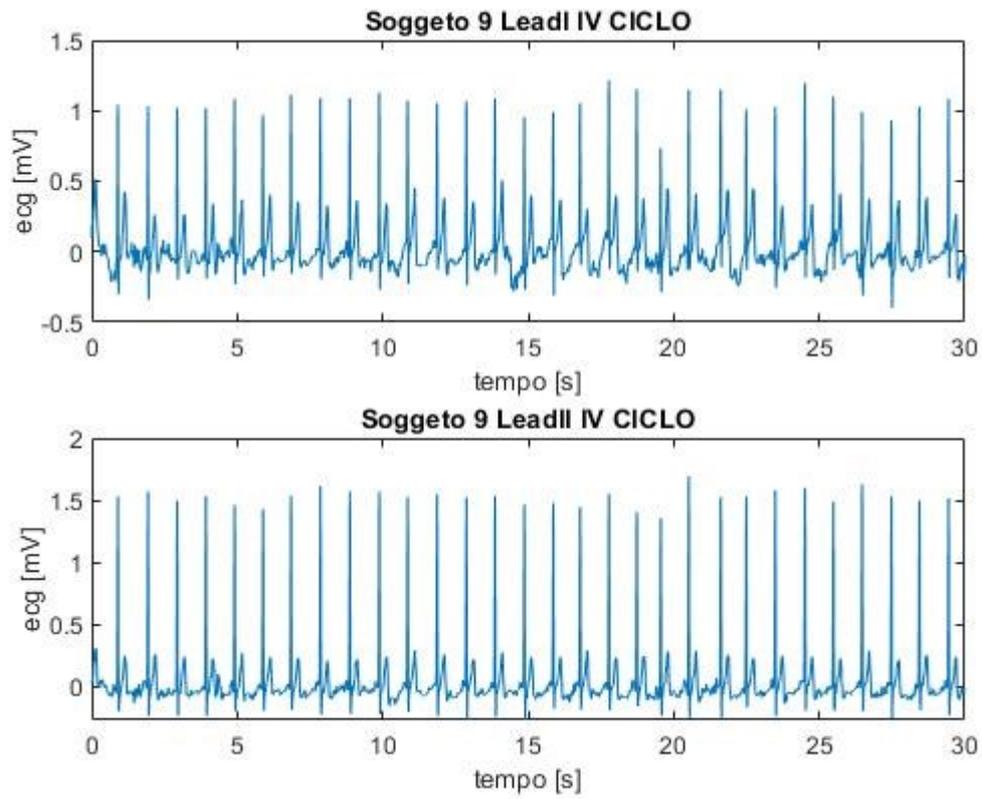


Figura 5.45: Acquisizione soggetto 9 rest Lead I e Lead II

Soggetto 10

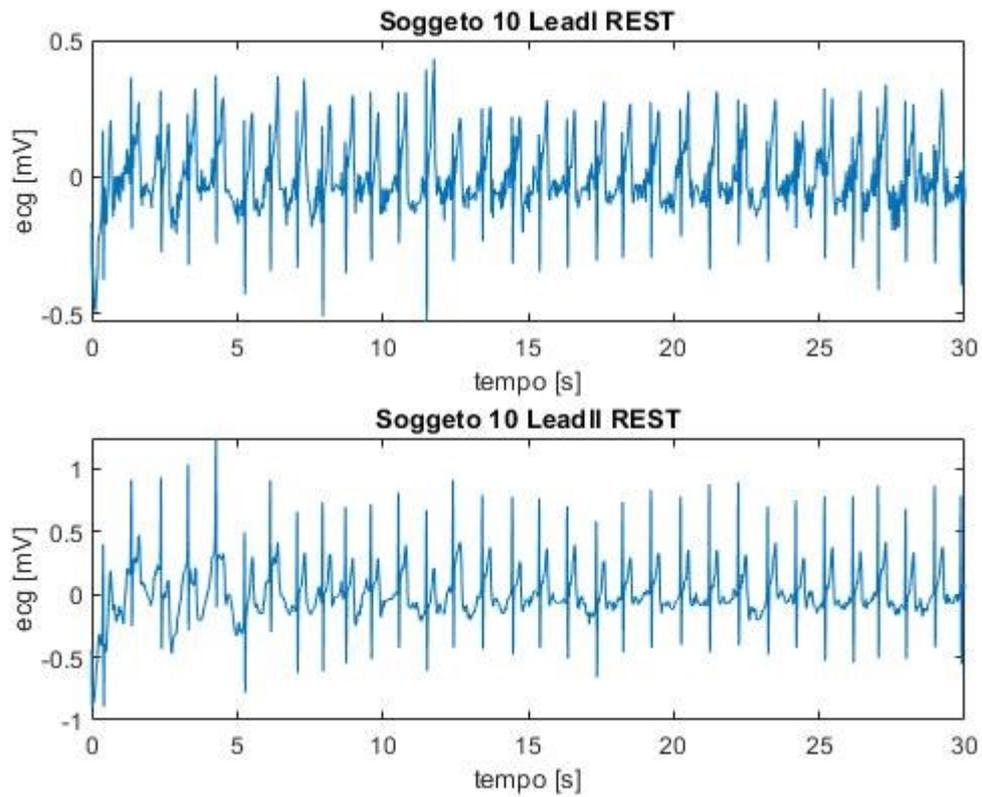


Figura 5.46: Acquisizione soggetto 10 rest Lead I e Lead II

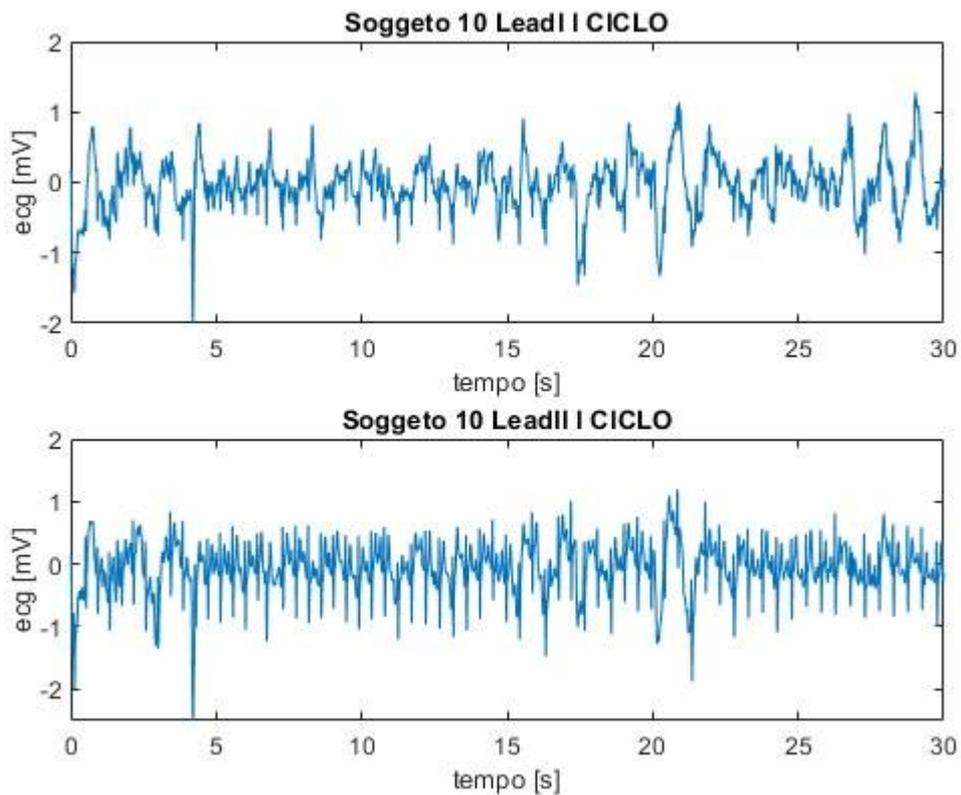


Figura 5.47: Acquisizione soggetto 10 I ciclo Lead I e Lead II

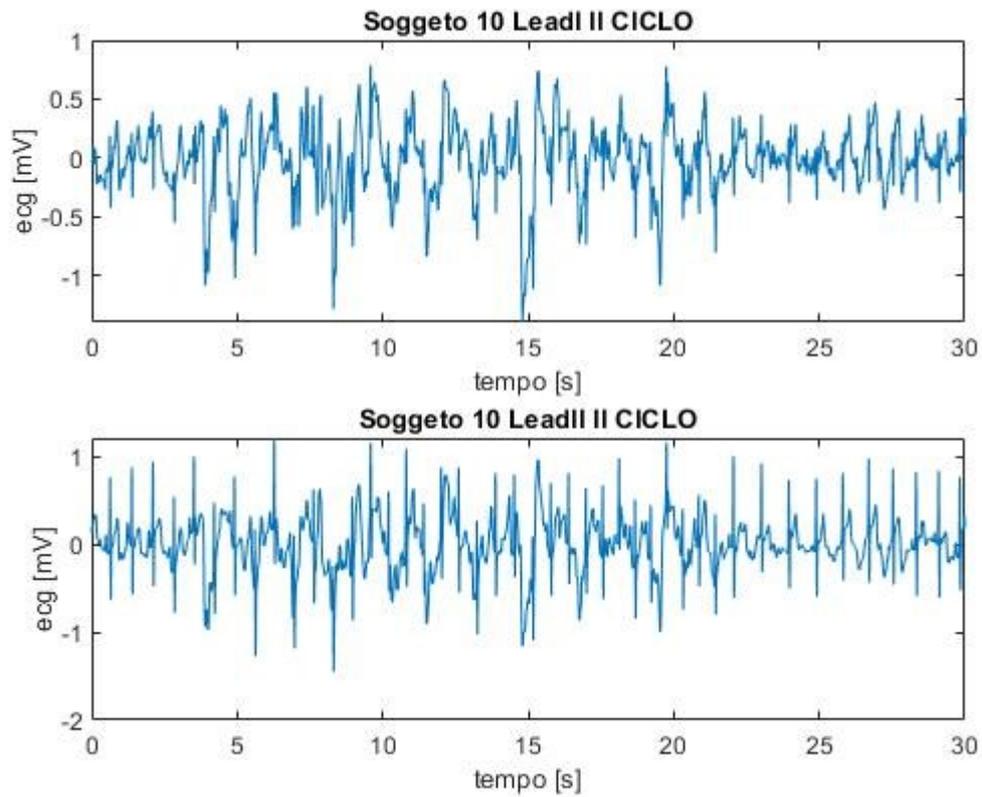


Figura 5.48: Acquisizione soggetto 10 II ciclo Lead I e Lead II

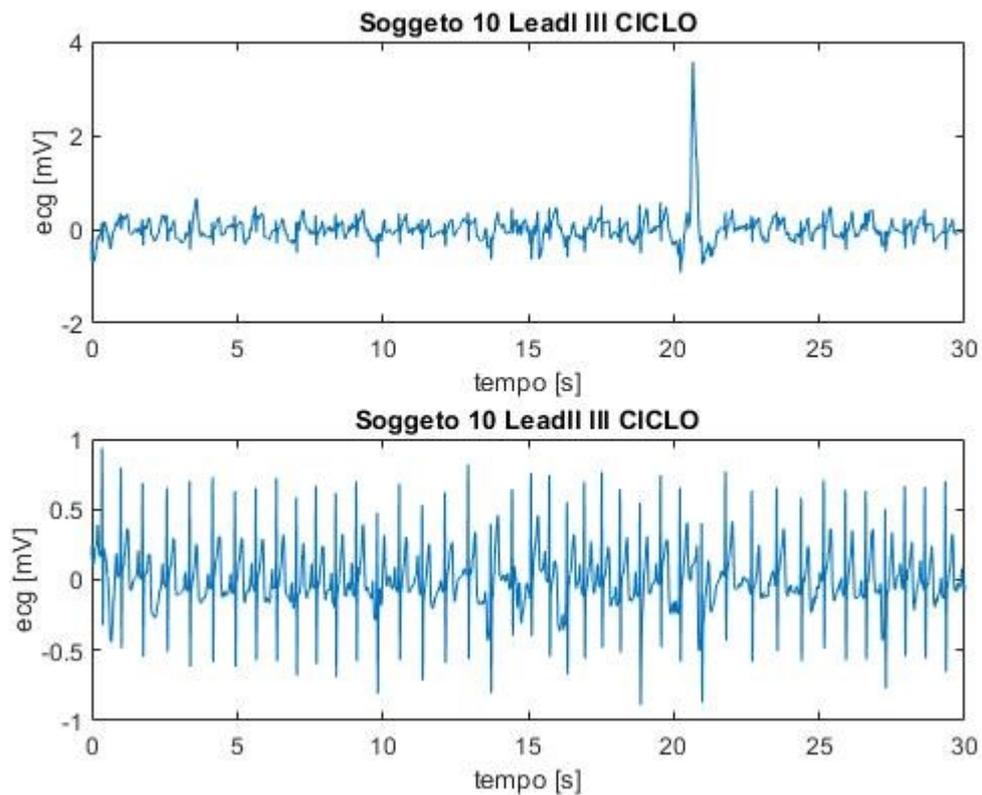


Figura 5.49: Acquisizione soggetto 10 III ciclo Lead I e Lead II

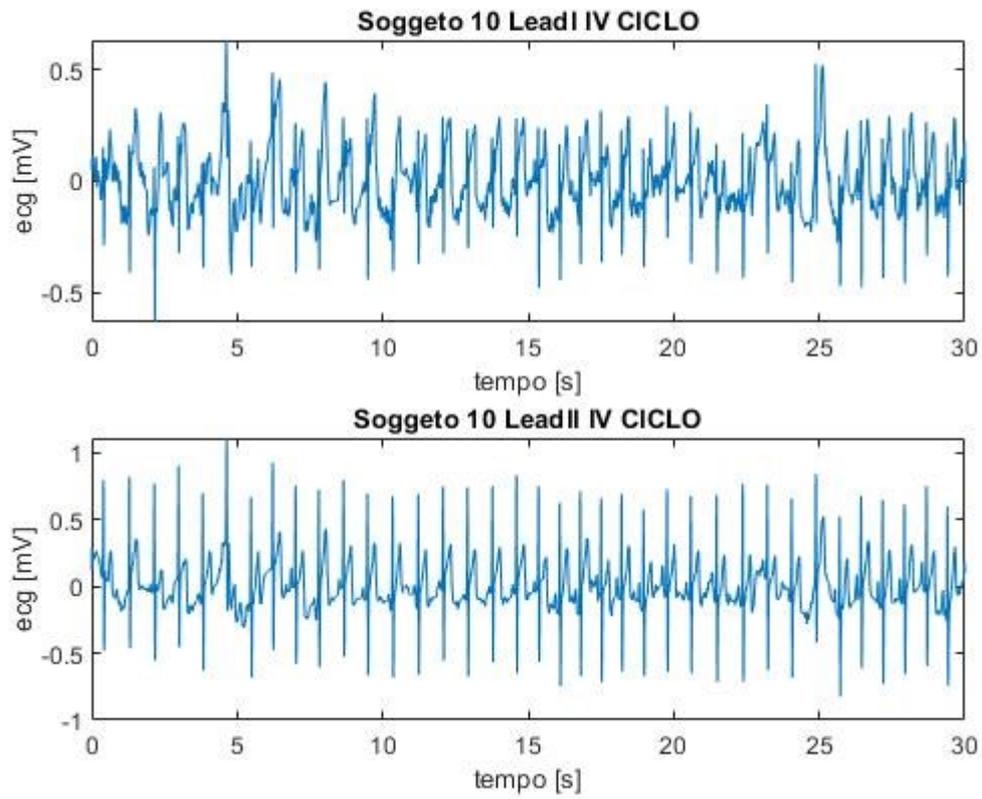


Figura 5.50: Acquisizione soggetto 10 IV ciclo Lead I e Lead II

Soggetto 11

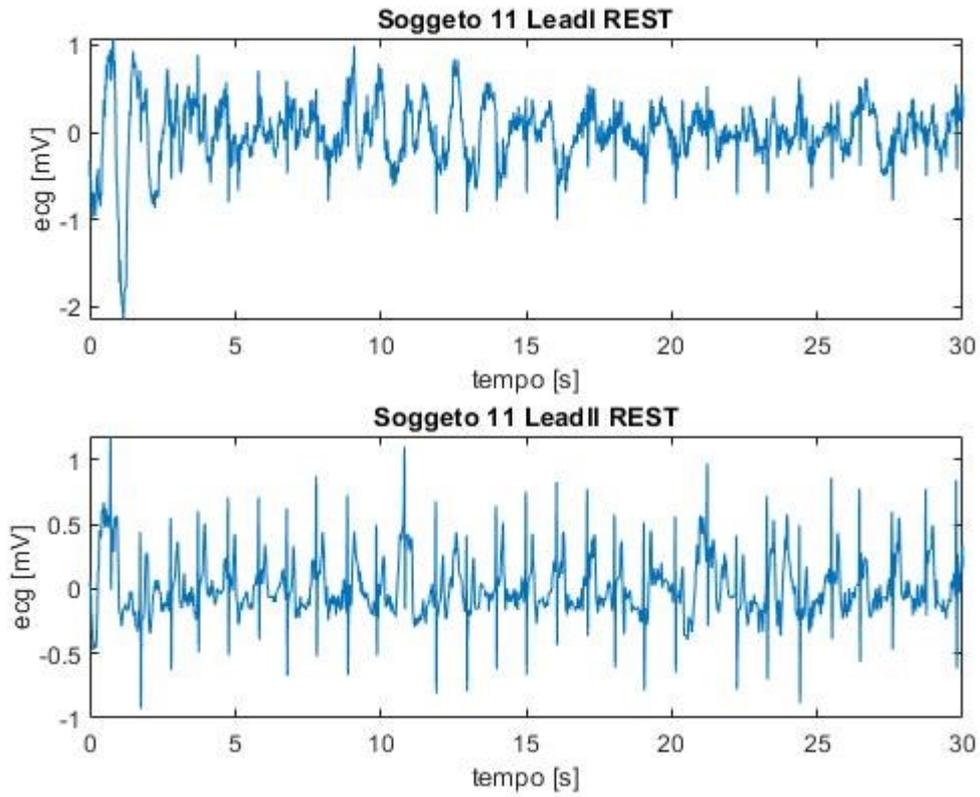


Figura 5.51: Acquisizione soggetto 11 rest Lead I e Lead II

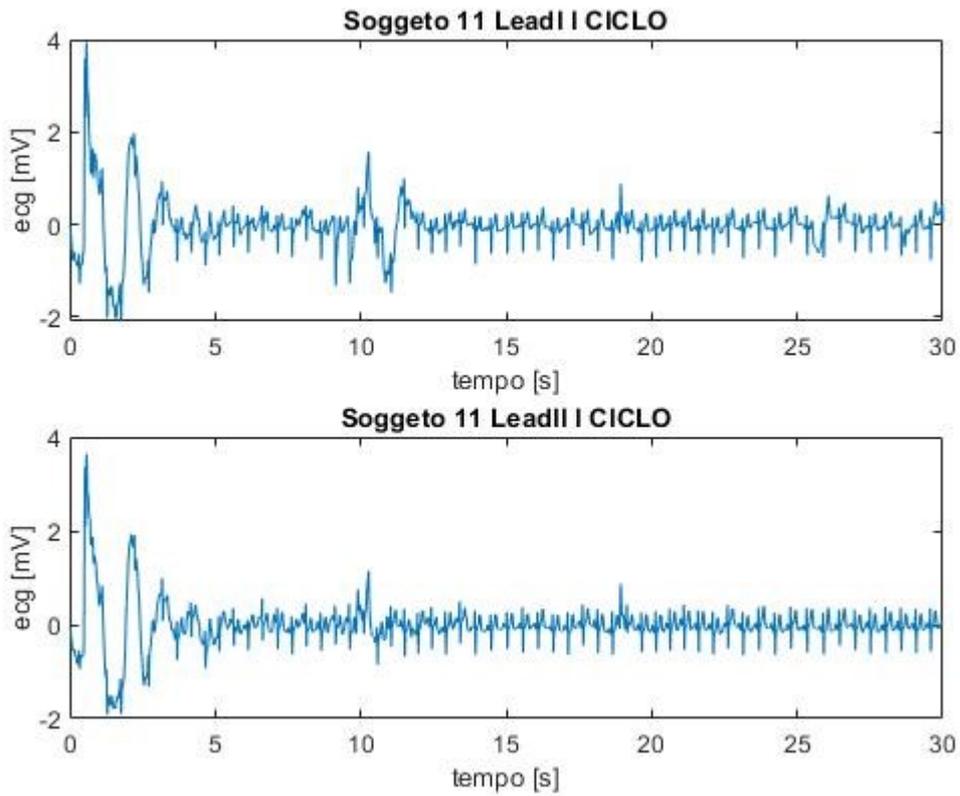


Figura 5.52: Acquisizione soggetto 11 I ciclo Lead I e Lead II

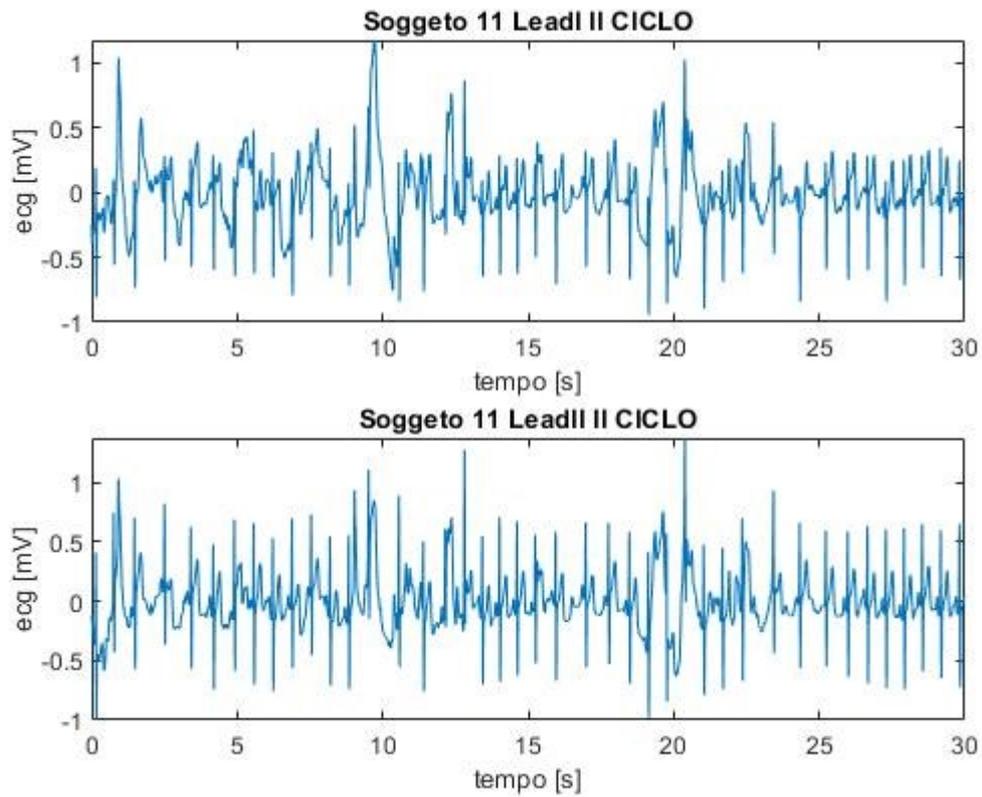


Figura 5.53: Acquisizione soggetto 11 II ciclo Lead I e Lead II

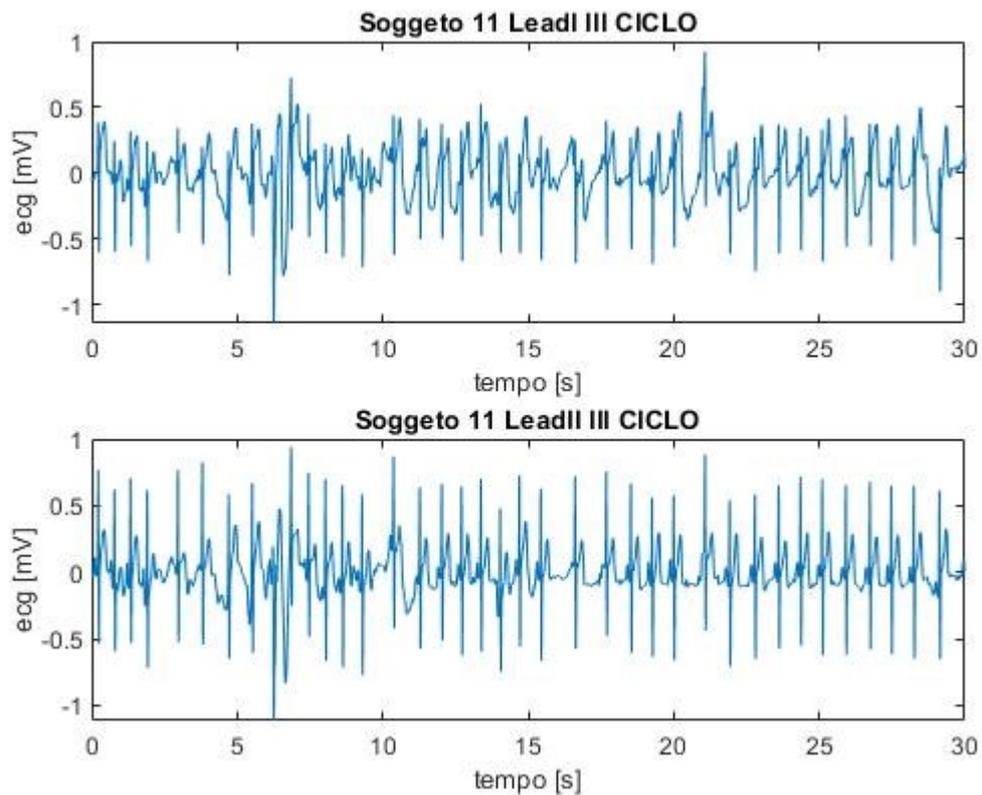


Figura 5.54: Acquisizione soggetto 11 III ciclo Lead I e Lead II

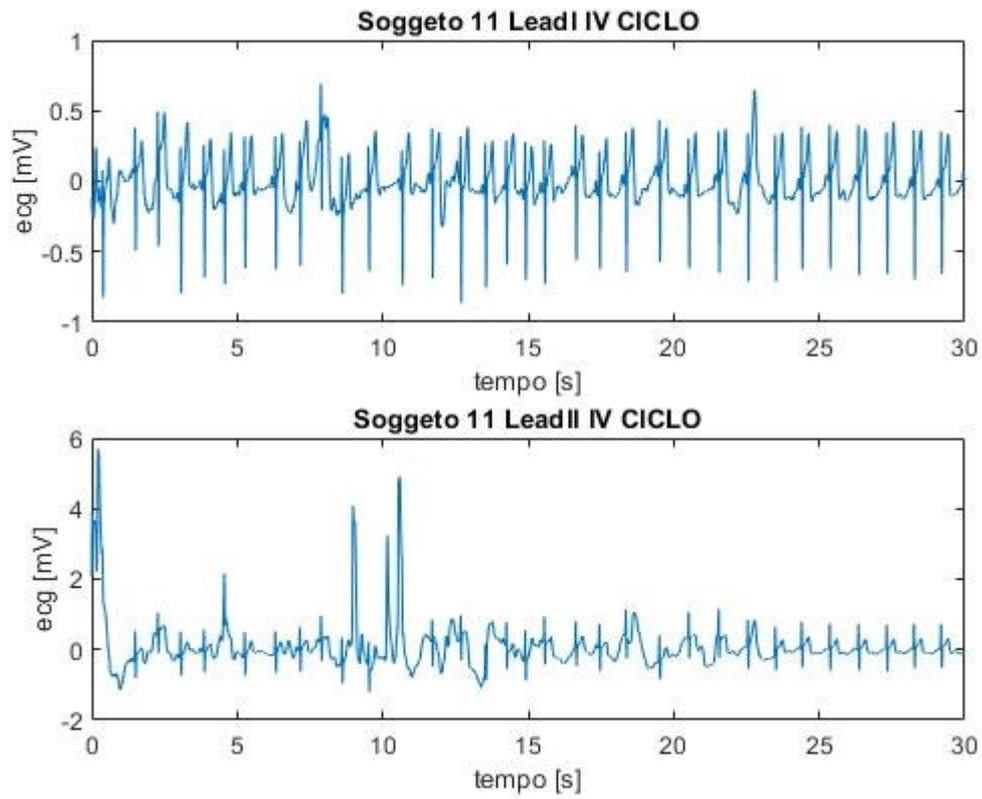


Figura 5.55: Acquisizione soggetto 11 IV ciclo Lead I e Lead II

## 6.DISCUSSIONE E CONCLUSIONE

Questo studio analizza il monitoraggio cardiovascolare di undici atleti maschi impegnati in un allenamento di pallacanestro, per individuare le condizioni iniziali del soggetto e per inquadrare in maniera generale la sua figura sono stati forniti dei questionari attitudinali e sul proprio passato sportivo ai quali ognuno ha dovuto rispondere. Questi davano informazioni su: sesso, età, peso, professione, consumo di fumo, consumo di alcol, uso di farmaci, condizioni cliniche familiari particolari, condizione fisica attuale, infortuni vari e periodicità e carico degli allenamenti attuali e svolti in passato.

L'obiettivo principale era visualizzare tramite i tracciati elettrocardiografici come ogni individuo rispondesse allo sforzo impiegato in un singolo allenamento, per fare questo si è acquisito l'elettrocardiogramma dei giocatori in una prima fase a riposo e successivamente in altre quattro fasi: I ciclo (appena terminato l'allenamento), II ciclo (5 minuti dopo la fine dell'allenamento), III ciclo (10 minuti dopo la fine dell'allenamento) e IV ciclo (15 minuti dopo la fine dell'allenamento).

Per fare in modo che le misurazioni avvenissero nella maniera più corretta possibile, al termine dell'allenamento si sono prelevati i giocatori uno alla volta in modo da riuscire ad ottenere la fase di massimo sforzo durante la misurazione del primo ciclo.

I tracciati in fase di riposo risultano per lo più privi di alterazioni mentre la fase critica è chiaramente quella relativa al I ciclo ossia dove lo sforzo è maggiore. Qui in quasi tutti i casi si ha un'accelerazione dei battiti cardiaci (che spesso si traduce in tachicardia) ma successivamente questa andrà a stabilizzarsi piano piano durante le fasi di recupero fino a tornare alle condizioni iniziali.

Un altro obiettivo di questo studio, oltre a monitorare gli atleti, era quello di costruire un database per supportare studi futuri sugli indici di performance e di prevenzione della morte cardiaca improvvisa.

## 8. BIBLIOGRAFIA

[1] Kenneth S. Saladin, Anatomia umana, Piccin, 2017, seconda edizione italiana sulla quinta americana a cura di Raffaele De Caro.

[2] Stefano Alfonsi, Basket regolamento allenamento strategie, Giunti editore, 2011, prima edizione.

[3] Regolamento Tecnico Ufficiale della Pallacanestro 2022, traduzione conforme al regolamento FIBA, Mies, Svizzera, 25 marzo 2022, in vigore dal 1 ottobre 2022.

### SITOGRAFIA

[4] Alexander G. Hajduczuk, Max Ruge, Michael S. Emery, Risk factors for Sudden Death in Athletes, is there a role for screening?, Current Cardiovascular Risk Reports, Volume 16, Issue 10, pagine 97-109, 2022

[5] Ardigò LP, Kuvacic G, Iacono AD, Dascanio G, Padulo J. Effect of Heart rate on Basketball Three-Point Shot Accuracy. Front Physiol. 2018

[6] Pevnick JM, Birkeland K, Zimmer R, Elad Y, Kedan I. Wearable technology for cardiology: An update and framework for the future. Trends Cardiovasc Med. 2018

[7] Sana F, Isselbacher EM, Singh JP, Heist EK, Pathik B, Armondas AA. Wearable Devices for Ambulatory Cardiac Monitoring: JACC State-of-the-Art Review. J Am Coll Cardiol. 2020

[8] Alivecor Inc, Istruzioni per l'uso di KardiaMobile 6L, Alivecor Inc, 2019

[9] Corrado D, Basso C, Rizzoli G, Schiavon M, Thiene G. Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults? J Am Coll Cardiol. 2003;42(11):1959–63

[10] de Noronha SV, Sharma S, Papadakis M, Desai S, Whyte G, Sheppard MN. Aetiology of sudden cardiac death in athletes in the United Kingdom: a pathological study. Heart. 2009;95(17):1409–14

[11] Finocchiaro G, Papadakis M, Robertus JL, Dhutia H, Steriotis AK, Tome M, Mellor G, Merghani A, Malhotra A, Behr E, Sharma S, Sheppard MN. Etiology of sudden death in sports: insights from a United Kingdom regional registry. J Am Coll Cardiol. 2016;67(18):2108–15.

- [12] Marijon E, Tafet M, Celermajer DS, Dumas F, Perier MC, Mustafa H, Toussaint JF, Desnos M, Rieu M, Benameur N, Le Heuzey JY, Empana JP, Jouven X. Sports-related sudden death in the general population. *Circulation*. 2011;124(6):672–81.
- [13] Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, Tierney DM, Mueller FO. Sudden deaths in young competitive athletes: analysis of 1866 deaths in the United States, 1980–2006. *Circulation*. 2009;119(8):1085–92
- [14] Harmon KG, Asif IM, Maleszewski JJ, Owens DS, Prutkin JM, Salerno JC, Zigman ML, Ellenbogen R, Rao AL, Ackerman MJ, Drezner JA. Incidence, cause, and comparative frequency of sudden cardiac death in National Collegiate Athletic Association athletes: a decade in review. *Circulation*. 2015;132(1):10–9.
- [15] Maron BJ, Haas TS, Murphy CJ, Ahluwalia A, Rutten-Ramos S. Incidence and causes of sudden death in U.S. college athletes. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63(16):1636–43.
- [16] Maron BJ, Haas TS, Ahluwalia A, Murphy CJ, Garberich RF. Demographics and epidemiology of sudden deaths in young competitive athletes: from the United States National Registry. *Am J Med*. 2016;129(11):1170–7
- [17] Peterson DF, Kucera K, Thomas LC, Maleszewski J, Siebert D, Lopez-Anderson M, Zigman M, Schattenkerk J, Harmon KG, Drezner JA. Aetiology and incidence of sudden cardiac arrest and death in young competitive athletes in the USA: a 4-year prospective study. *Br J Sports Med*. 2021;55(21):1196–203

## RINGRAZIAMENTI

Ringrazio la professoressa Laura Burattini per avermi accompagnato durante questo ultimo periodo del mio percorso universitario.

Ringrazio la dottoressa Sofia Romagnoli per la disponibilità e l'aiuto che mi ha fornito nel completare questo lavoro.

Ringrazio i miei genitori Elisabetta e Filippo per non avermi mai fatto mancare nulla, nonostante l'inizio difficile avete permesso che io potessi raggiungere questo traguardo senza mettermi alcun tipo di pressione e dimostrando di avere piena fiducia in me. Vi completate l'un l'altro e grazie alle vostre differenze avete permesso che diventassi chi sono ora. Grazie, vi voglio bene.

Ringrazio mio fratello Carlo per la persona che è, un vero modello. La tua determinazione mi lascia sempre senza parole, sei l'esempio di chi lavora duro e si sacrifica per raggiungere i propri obiettivi. Non potrei chiedere un compagno di vita migliore.

Ringrazio tutti gli amici della mia compagnia, dal primo all'ultimo: grazie per ogni singolo momento di gioia e spensieratezza, per essere sempre pronti a vivere emozioni nuove. Siete stati una delle ancore di salvezza durante questo percorso, vi voglio bene.

Ringrazio tutta la società Bramante Basket Pesaro partendo dallo staff e i dirigenti fino ad arrivare ai miei compagni, grazie per avermi permesso di conciliare la carriera universitaria con gli interessi sportivi e un grazie particolare ai ragazzi che si sono prestati per le acquisizioni.

Infine ringrazio Elisa, la mia persona, chi mi conosce meglio di chiunque altro. Riesci sempre a tirare fuori la mia parte migliore, anche quando io stesso non sono in grado di farlo. Sei come legna nel fuoco della mia vita. Se sono qui oggi molto del merito è tuo, grazie per cambiarmi ogni giorno in meglio. Sei speciale.