



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Biomedica

**MONITORAGGIO DELL'ATTIVITÀ CARDIACA
MEDIANTE SENSORISTICA
INDOSSABILE/PORTATILE DURANTE IL
CROSSFIT**

Relatore: Prof. Laura Burattini

Candidato: Chiara Bernava

Correlatore: Dott. Agnese Sbröllini

A.A 2021/22

A mio nonno, il mio sole.

Abstract

Il presente lavoro è il risultato del monitoraggio dell'attività cardiaca attraverso i sensori indossabili / portatili durante l'allenamento Crossfit.

Esso ha analizzato il funzionamento cardiovascolare dell'organismo, a partire dal cuore sino all'intero ciclo cardiaco, con un focus di monitoraggio su tale attività, effettuato attraverso l'elettrocardiogramma.

Ci si è soffermati sulla corrispondenza tra segnale ECG e potenziale d'azione, effettuando un approfondimento sulle derivazioni fondamentali.

Successivamente si è passati allo studio del Crossfit, definendolo nelle componenti fondamentali e descrivendone la struttura e l'organizzazione dell'allenamento.

Si è evidenziato il ruolo di fondamentale importanza del monitoraggio cardiovascolare in ambito sportivo, in particolare per due specifici aspetti: esso permette di intervenire in maniera preventiva su eventuali e ignoti problemi cardiaci che, se combinati con un elevato sforzo fisico, potrebbero portare a morte cardiaca improvvisa. Inoltre, consente di stimare l'intensità dell'allenamento e di migliorare la performance dell'atleta.

Quindi sono stati descritti gli strumenti attraverso i quali è stato possibile effettuare il monitoraggio, ossia il sensore BioHarness della Zephyr e il sensore Kardia di Alivecor.

Ci si è recati in un box di Crossfit per monitorare il segnale elettrocardiografico di sette atleti.

Gli atleti monitorati sono stati selezionati graduando la scelta in base all'età, al genere, alle diverse ambizioni inerenti il livello di preparazione e, non ultimo, in base alla tipologia di allenamento.

Lo studio è stato effettuato estraendo i diversi segnali ECG e HR e successivamente, elaborandoli definendo un codice di plottaggio attraverso il software "Matlab".

INDICE

CAPITOLO I

Il cuore

1.1 Anatomia del cuore	Pag. 1
1.2 Fisiologia elettrica del cuore	Pag. 4
1.3 Il ciclo cardiaco	Pag. 6

CAPITOLO 2

L'Elettrocardiogramma

2.1 Cos'è l'elettrocardiogramma?	Pag. 8
2.2 Corrispondenza tra segnale ECG e potenziale d'azione.....	Pag. 10
2.3 Derivazioni fondamentali	Pag. 12

CAPITOLO 3

Il Crossfit

3.1 Cos'è il Crossfit	Pag. 18
3.2 Com'è strutturato un allenamento di Crossfit?	Pag. 22
3.3 Altro sul Crossfit	Pag. 25
3.4 Monitoraggio cardiovascolare nello sport	Pag. 26

CAPITOLO 4

Monitoraggio cardiovascolare mediante sensoristica indossabile

4.1 Sensoristica indossabile:	Pag. 28
4.1.1 Sensore BioHarness della Zephyr	Pag. 28
4.1.2 Sensore Kardia di Alivecor	Pag. 29
4.2 Acquisizioni: Protocollo	Pag. 32
4.3 Costruzione del database	Pag. 32

CAPITOLO 5

Conclusioni	Pag. 59
Bibliografia e sitografia	Pag. 60

Introduzione

Il monitoraggio dell'attività cardiovascolare mediante sensoristica indossabile / portatile è un importante oggetto di studio durante gli allenamenti di crossfit.

Il cuore è uno dei muscoli principalmente utilizzati nel corso dell'attività fisica. Esso è alla base di molti risultati che ogni atleta raggiunge nel corso della propria performance, sia agonistica o dilettantistica. L'esame dell'attività cardiaca permette ai trainer di avere un'idea precisa dei risultati che si stanno ottenendo dal proprio programma di allenamento.

I corpi degli atleti ogni giorno affrontano sfide incompatibili con una routine standardizzata; bisogna, di conseguenza, verificare costantemente il modo in cui essi percepiscono la fatica e l'intensità dell'esercizio.

È necessario, quindi, effettuare monitoraggi continui e precisi, al fine di una corretta acquisizione di dati che dovranno essere elaborati attraverso l'uso di software sempre più sofisticati e in grado di fornire output efficaci, in tempo reale.

Il presente lavoro, mira, per l'appunto, a monitorare il segnale elettrocardiografico di atleti di Crossfit al fine di prevenire patologie cardiovascolari che potrebbero emergere nel corso dell'allenamento, causando l'improvvisa morte cardiaca dell'atleta. L'attento monitoraggio, inoltre, potrà essere utilizzato per migliorare la performance dell'attività fisica analizzata.

CAPITOLO 1

IL CUORE

1.1 Anatomia del cuore

Il cuore è un muscolo involontario; nell'uomo è posizionato all'interno della cavità toracica in uno spazio chiamato mediastino anteriore, è adagiato sul diaframma che lo separa dai visceri addominali ed è protetto anteriormente dallo sterno. (figura1.) Ha la forma di un cono capovolto alto 12 cm ed il suo peso è di circa 20-21 g in un neonato fino ad arrivare a 200-300 grammi in un individuo adulto.

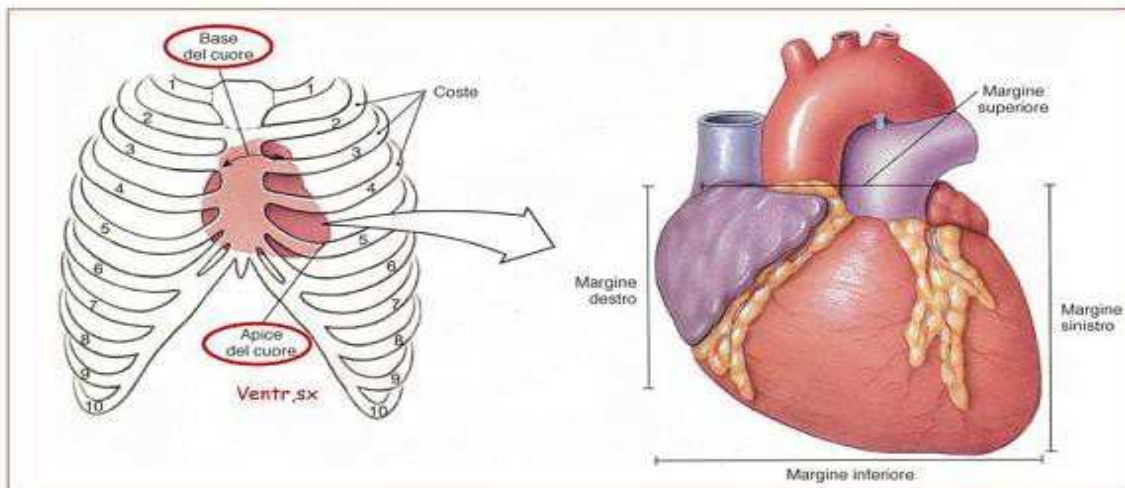


Figura 1.1: Collocazione anatomica del cuore

Il cuore è composto da tessuti sovrapposti (figura 1.2), partendo dall'esterno vi è il pericardio una sacca sierosa dallo spessore pari a venti millesimi di millimetro che aderisce esternamente a tutte le sue parti piane avvolgendolo e proteggendolo. Lo strato sottostante è costituito dal miocardio definito "il muscolo" del cuore; è la più spessa fra le tre tonache che compongono la parete cardiaca poiché misura, secondo le zone, da 5 a 15 mm. Composto da sistemi di fibre muscolari aventi direzioni diverse, il miocardio ha uno spessore molto maggiore nel ventricolo che negli atri. L'endocardio è la terza tonaca, riveste internamente le cavità del cuore aderendo in ogni suo punto alla superficie interna del miocardio.

Quest'ultima membrana, sottile come il pericardio, è del tutto paragonabile all'endotelio che riveste la superficie interna di tutti i vasi sanguigni (arterie e vene): come quest'ultimo, l'endocardio ha la funzione di favorire lo scorrimento della corrente sanguigna, impedendo ogni eventuale attrito che potrebbe essere causa di formazione di un coagulo sanguigno.

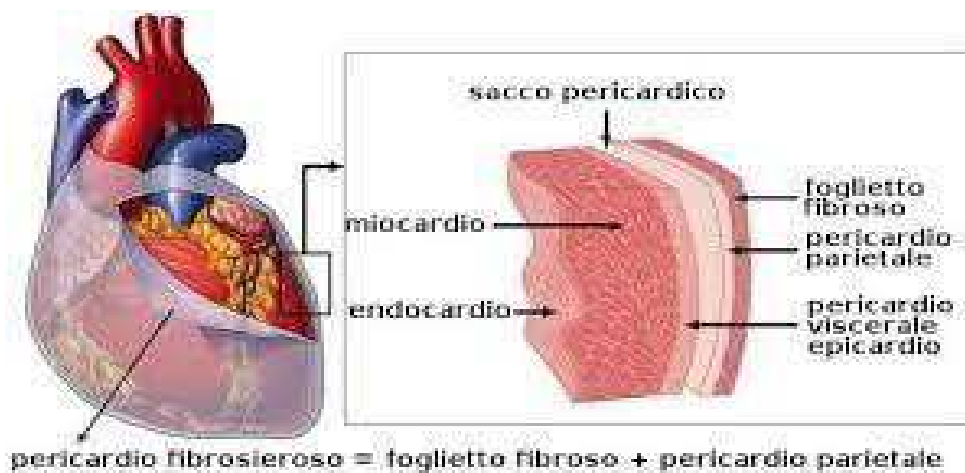


Figura 1.2: Pareti cardiache

Il cuore è formato da tessuto muscolare striato involontario ma, a differenza degli altri muscoli del corpo umano, è capace di generare da solo lo stimolo nervoso che ne assicura il movimento. È diviso in una sezione destra ed una sinistra, separate da un setto. Il cuore (figura 1.3) è costituito da quattro cavità, due superiori, gli atri, e due inferiori, i ventricoli, divisi tra di loro rispettivamente dal setto interatriale e dal setto interventricolare. Ogni atrio comunica col rispettivo ventricolo mediante un orifizio atrioventricolare fornito di valvole: la valvola tricuspide tra le cavità destre e la valvola bicuspidale o mitrale tra quelle sinistre; queste sono disposte in modo tale da permettere il passaggio del sangue dall'atrio al ventricolo, e non viceversa. Anche gli orifizi che mettono in comunicazione le cavità cardiache con i vasi efferenti sono protetti da valvole che impediscono il reflusso di sangue: la valvola semilunare (polmonare) tra ventricolo destro e arteria polmonare, e la valvola (semilunare) aortica tra il ventricolo sinistro e l'aorta.

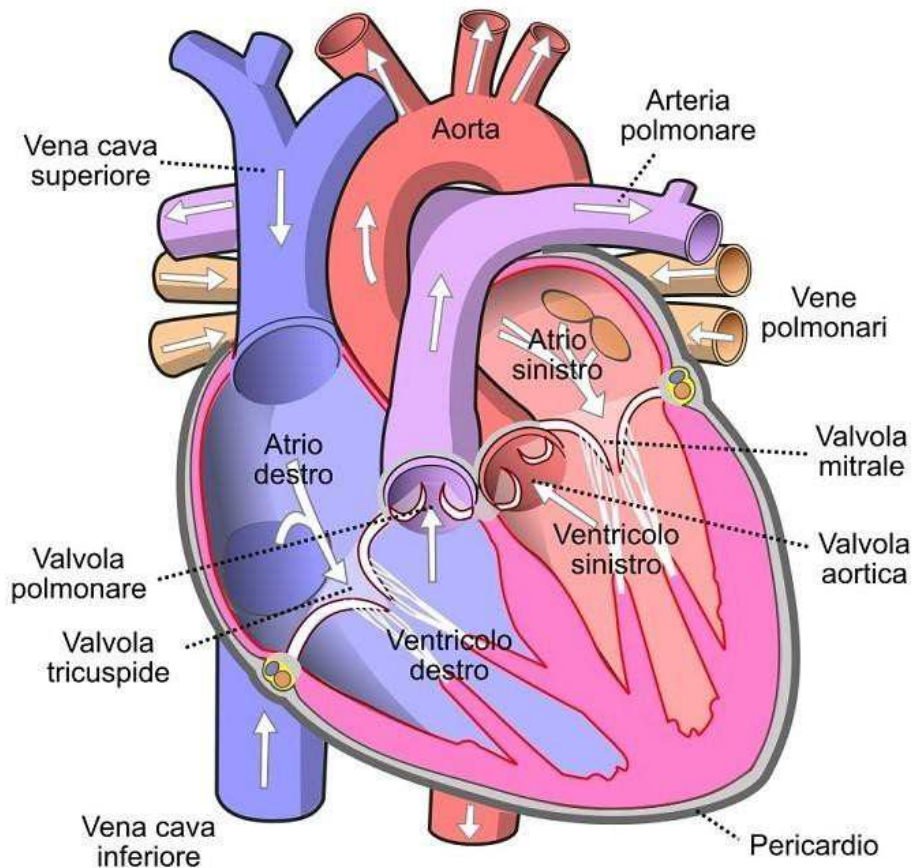


Figura 1.3: Anatomia cardiaca e conformazione interna del cuore

Il miocardio (o muscolo cardiaco) è costituito da tre tipi di fibre muscolari, differenti sia per dimensioni che per caratteristiche funzionali:

Le cellule del miocardio che si trovano nel nodo senoatriale (pacemaker) e nel nodo atrioventricolare sono cellule autoritmiche. Esse manifestano una velocità di conduzione piuttosto bassa. Morfologicamente sono più piccole delle altre cellule miocardiche e debolmente contrattili.

Le cellule miocardiche che si trovano sulla superficie interna della parete dei ventricoli (cellule contrattili) sono specializzate per una conduzione rapida e costituiscono il sistema per la propagazione dell'eccitamento attraverso il cuore. Morfologicamente sono di grosse dimensioni e sono debolmente contrattili.

Le cellule di dimensioni intermedie sono fortemente contrattili e costituiscono la massa del miocardio.

1.2 Fisiologia elettrica del cuore

Il cuore è un muscolo che pompa continuamente sangue al resto dell'organismo: porta il sangue ricco di ossigeno alle cellule, tessuti e organi, in modo da nutrirla, e riceve da questi ultimi il sangue ricco di anidride carbonica da inviare ai polmoni dove avviene lo scambio con l'ossigeno.

L'energia necessaria per svolgere tale funzione viene fornita dalla contrazione del muscolo cardiaco stesso. Tale contrazione avviene grazie all'ininterrotta transizione delle cellule miocardiche dallo stato di riposo allo stato di eccitazione, dovuta a fenomeni bioelettrici cellulari. Le cellule miocardiche sono caratterizzate da una differenza di concentrazione ionica tra le parti della propria membrana cellulare, si genera perciò differenza di potenziale tra l'interno e l'esterno della cellula. Il potenziale di membrana (negativo all'interno) prende il nome di potenziale di riposo poiché appunto caratterizza lo stato di riposo cellulare ed ha un valore di circa -80 mV. Tale stato si modifica in risposta a stimoli specifici che determinano flussi ionici attraverso la membrana generando fenomeni di polarizzazione e depolarizzazione cellulare. Per potersi contrarre la cellula miocardica deve prima sviluppare un potenziale d'azione, ovvero deve andare incontro ad una serie rapida di eventi in seguito ai quali il potenziale di membrana da negativo passerà transitoriamente verso valori positivi. Il potenziale d'azione di una fibra del miocardio (figura 1.4) è costituito dalle seguenti fasi:

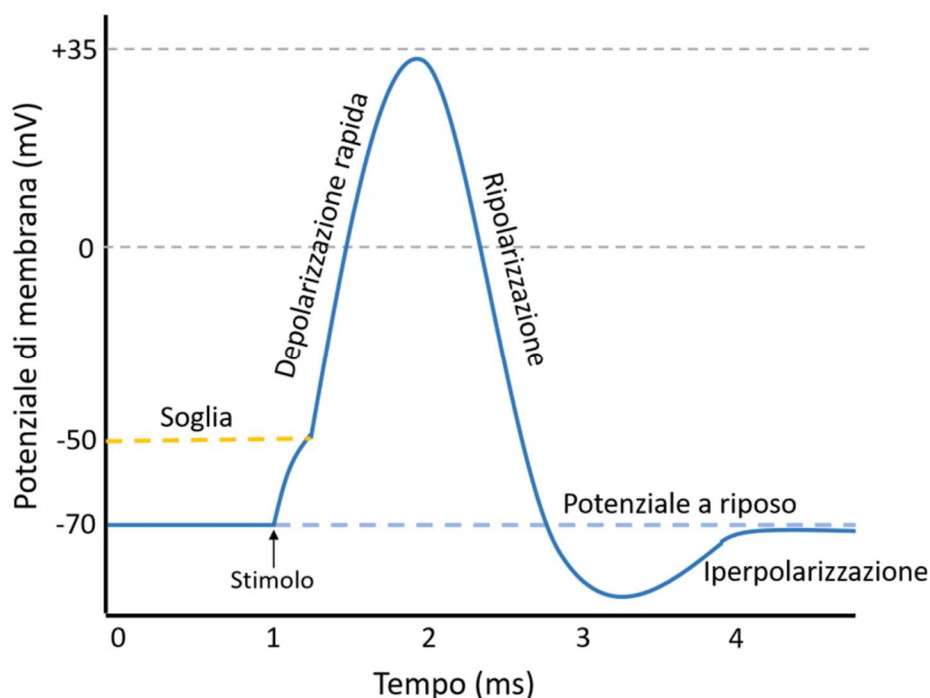


Figura 1.4: Potenziale di membrana di una fibra del muscolo cardiaco

FASE 0: In risposta ad uno stimolo elettrico di depolarizzazione (che porta il potenziale di membrana sopra i -65 mV) gli ioni sodio (Na^+) entrano nella cellula, provocando un'ulteriore depolarizzazione (feedback positivo). Questo processo "a cascata" si ripete fino all'inversione

del potenziale di membrana, che tende al potenziale di Nernst del sodio (+60 mV).

FASE 1: Il potenziale di Nernst non viene mai raggiunto perché interviene il processo di inattivazione del sodio , che produce una ripolarizzazione della fibra.

FASE 2: In questa fase cominciano ad aprirsi i canali del calcio (Ca^{++}) e del potassio (K^+), causando l'ingresso del calcio e l'uscita di sodio dalla cellula. Conseguentemente, un eccesso di cariche positive si mantiene all'interno della membrana.

FASE 3: Le correnti di calcio si inattivano, mentre lo ione potassio continua ad uscire dalla cellula; le cariche positive in uscita sono maggiori di quelle in ingresso.

FASE 4: Ripristino delle condizioni di riposo.

L'attività contrattile del cuore è autonoma, esso infatti è caratterizzato da un proprio pacemaker naturale, ovvero cellule specializzate, che si trovano nel nodo senoatriale SA (cellule autoritmiche o nodali), sono in grado di generare autonomamente un potenziale d'azione. Gli impulsi elettrici generati si propagano rapidamente alle cellule contrattili adiacenti grazie alla presenza di giunzioni comunicanti. I segnali elettrici hanno origine e viaggiano lungo il seguente sistema di conduzione:

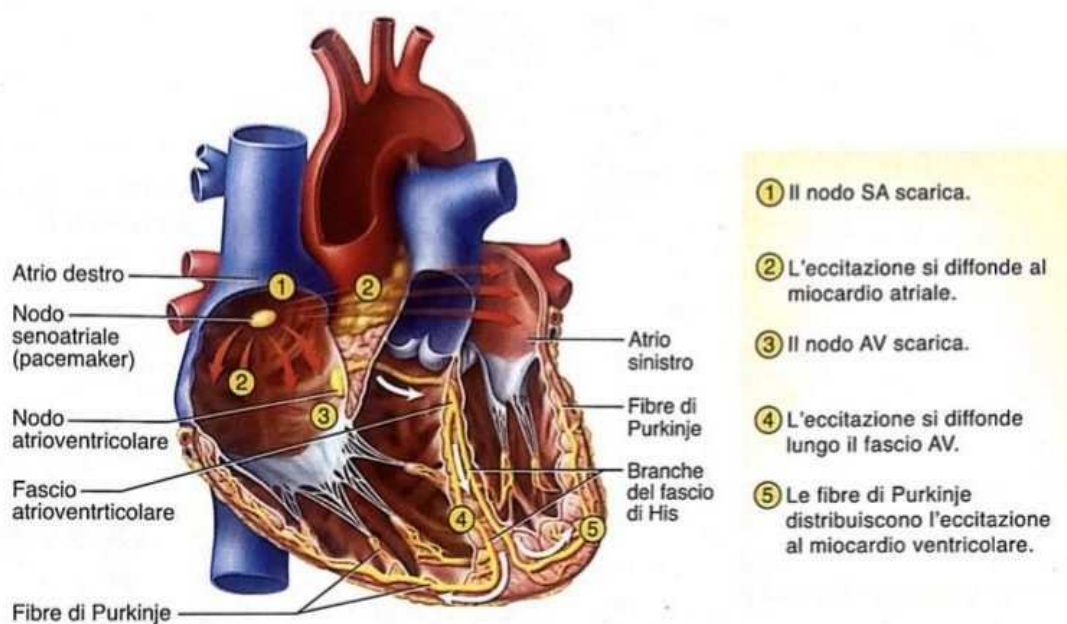


Figura 1.5: Sistema di conduzione cardiaco.

1. Nodo senoatriale (SA), localizzato nell'atrio destro, appena sotto l'epicardio in prossimità della vena cava. Questo è il pacemaker cardiaco.
2. I segnali dal nodo SA si diffondono attraverso gli atri.
3. Il nodo atrioventricolare (AV), localizzato in prossimità della valvola AV destra all'estremità inferiore del setto interatriale. Questo nodo funge da cancello elettrico in quanto consente il passaggio di segnale elettrico dagli atri ai ventricoli, il quale altrimenti sarebbe bloccato da uno scheletro fibroso che agisce come isolante per

impedire ad eventuali correnti di raggiungere i ventricoli per qualsiasi altra via.

4. Il fascio atrioventricolare (AV) (fascio di HIS) è un cordone di miociti modificati attraverso il quale i segnali lasciano il nodo AV. Il fascio AV si biforca nelle branche destra e sinistra, che entrano nel setto intraventricolare e scendono fino all'apice.
5. Fibre di Purkinje, nella morfologia sono processi simili alle fibre nervose. Hanno la funzione di distribuire l'eccitazione elettrica ai cardiociti dei ventricoli. (Solo dopo che il segnale elettrico giunge nella parte apicale del cuore avviene la depolarizzazione ventricolare.)

Un ciclo cardiaco ha una durata di circa 0,8 s. Si definisce frequenza cardiaca il numero di battiti del cuore al minuto. La gittata cardiaca corrisponde invece al volume di sangue che un ventricolo riesce a «pompare» in un minuto (in un maschio adulto, circa 80 mL/sistole).

Il cuore ha un proprio pacemaker, ma riceve un'innervazione sia dal sistema nervoso simpatico che parasimpatico che modificano il ritmo cardiaco e la forza della contrazione. La stimolazione simpatica può aumentare il battito cardiaco fino a 230 bpm, e la stimolazione parasimpatica la può rallentare fino a 20 bpm o anche fermare il cuore per pochi secondi.

1.3 Il ciclo cardiaco

Le caratteristiche anatomiche presentate precedentemente acquisiscono un significato maggiore se correlate al ciclo cardiaco: un ciclo completo di contrazione e rilassamento. L'eccitazione elettrica di una cavità cardiaca induce alla contrazione, o sistole, durante la quale viene espulso il sangue dalla cavità. Il rilassamento di qualsiasi cavità è chiamato diastole e permette a quest'ultima di riempirsi. L'attività elettrica e l'attività contrattile si correlano l'una con l'altra durante il ciclo cardiaco.

- Inizialmente, nella diastole, tutte le quattro cavità sono distese. Le valvole sono aperte, il sangue entra nel cuore dalle vene cave e dalle vene polmonari e riempie parzialmente i ventricoli. (figura 1.5 (1)).
- Il nodo senoatriale si attiva, eccita il miocardio atriale, produce l'onda P dell'elettrocardiogramma e inizia la sistole atriale. Gli atri contraendosi completano il riempimento dei ventricoli. (figura 1.5 (2)).
- Il nodo atrioventricolare (AV) e l'eccitazione elettrica si diffonde in basso al fascio AV, ai rami del fascio, alle fibre di Purkinje ed ai ventricoli. La depolarizzazione ventricolare genera il complesso QRS. Questa eccitazione dà il via alla sistole atrioventricolare, mentre gli atri si rilassano. La contrazione ventricolare forza la chiusura delle valvole AV e le valvole semilunari (aortica e polmonare) si aprono. I ventricoli spingono il sangue nel tronco dell'aorta e della polmonare. (figura 1.5 (3)).
- Si verifica la depolarizzazione (indicata dall'onda T) ed il rilassamento dei ventricoli; tutte le quattro cavità sono di nuovo in diastole. Le valvole semilunari si richiudono per la pressione esistente nelle grandi arterie, le valvole AV si aprono ed i ventricoli cominciano a riempirsi in preparazione per il nuovo ciclo. (figura 1.5(4)).

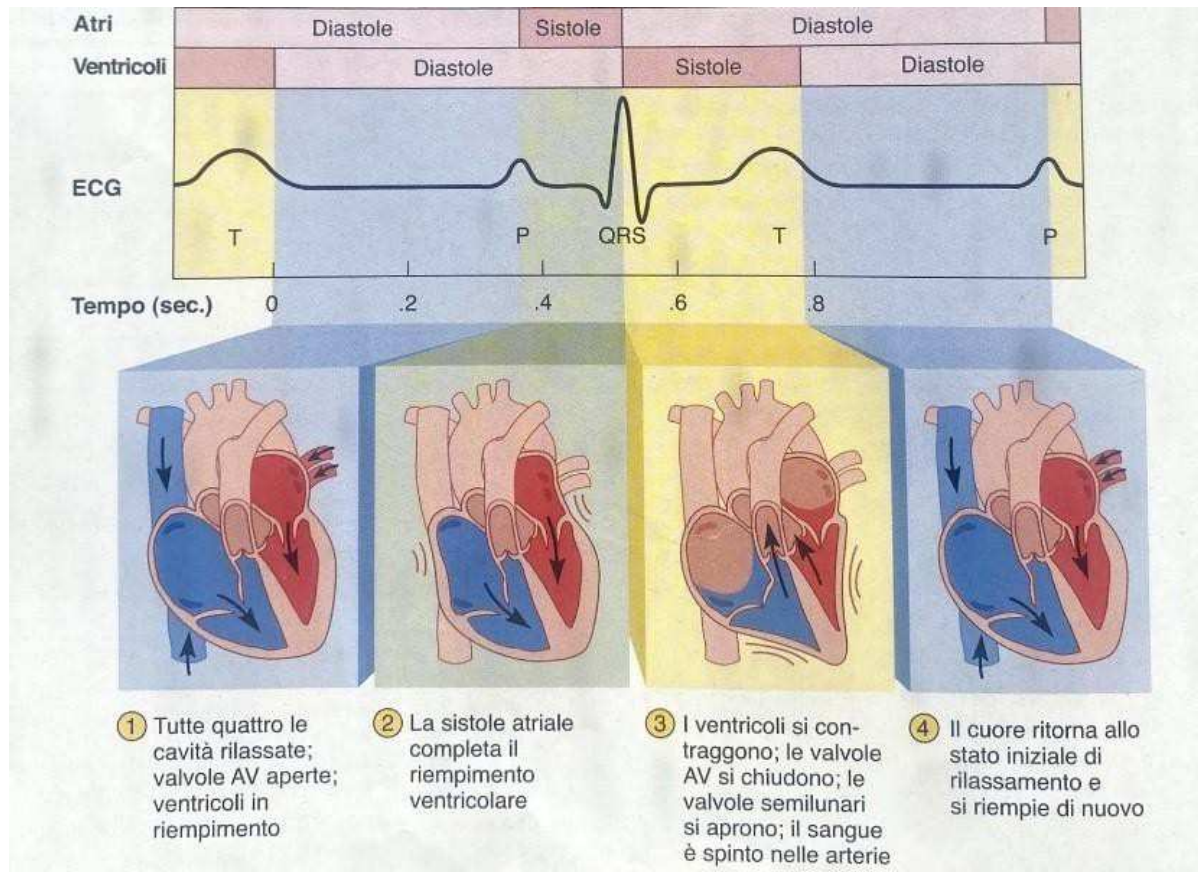


Figura 1.6: Il ciclo cardiaco

È importante osservare che i movimenti di chiusura e apertura delle valvole sono semplici eventi meccanici, che dipendono dalle differenze di pressione presenti sui due lati della valvola. Valvole difettose possono produrre un flusso turbolento di sangue e generare un suono anomalo conosciuto come soffio cardiaco. Per esempio, se una valvola atrio-ventricolare è difettosa e non si chiude completamente, il sangue fluirà indietro nell'atrio con un suono «a soffio».

CAPITOLO 2

L'ELETTROCARDIOGRAMMA

2.1 Cos'è l'elettrocardiogramma?

L'elettrocardiogramma (ECG) è un tracciato che registra l'attività elettrica di tutte le cellule cardiache. (*figura 2.1*) Il segnale elettrocardiografico riflette il continuo mutare dei potenziali d'azione in correlazione al ciclo cardiaco.

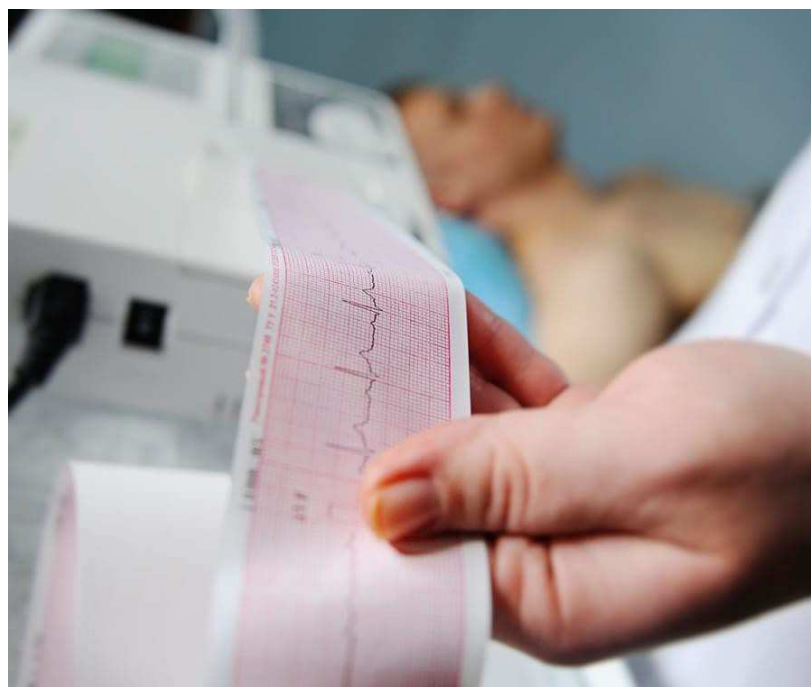


Figura 2.1: Tracciato elettrocardiografico.

La registrazione dell'attività elettrica del cuore avviene attraverso l'impiego dell'elettrocardiografo (*figura 2.2*), strumento inventato nel 1837 da August Waller e perfezionato poi da William Einthoven, per mezzo di elettrodi applicati sulla cute.

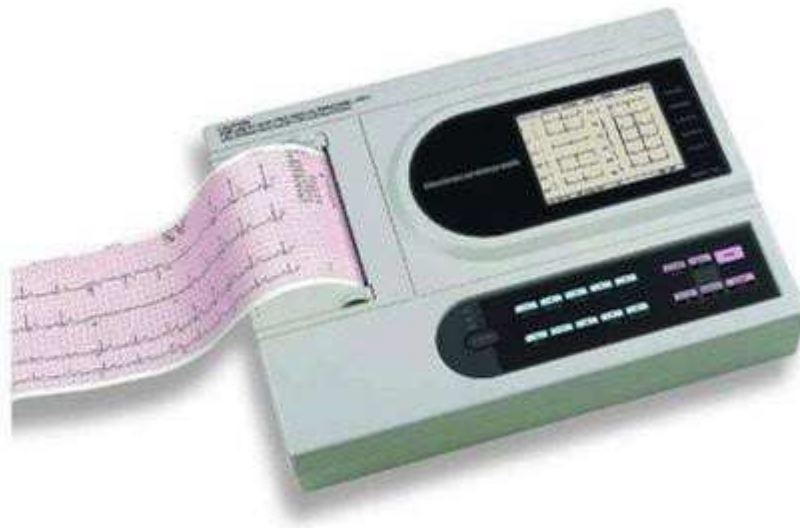


Figura 2.2: L'Elettrocardiografo

I segnali bioelettrici di interesse clinico sono prodotti dall'azione coordinata di gruppi di cellule; l'azione sincronizzata di questi ultimi si propaga attraverso i fluidi che circondano tali cellule, genera delle correnti ioniche e conseguentemente delle differenze di potenziale tra regioni diverse del corpo.

Si misurano proprio tali differenze di potenziale utilizzando elettrodi di misura a contatto con tali gruppi di cellule (elettrodi ad ago) o posizionandoli sulla pelle (elettrodi cutanei).

La funzione del monitoraggio dell'attività elettrica cardiaca consente di effettuare diagnosi e rilevare presenza di eventuali patologie cardiologiche e non solo. In particolare, l'ECG a riposo evidenzia patologie delle coronarie, alterazioni del ritmo cardiaco (extrasistole, aritmie, fibrillazioni), variazioni del volume cardiaco e della conduzione dell'impulso elettrico. (*figura 2.3*)



Figura 2.3: ECG a riposo

L'ECG sotto sforzo, invece, è un tracciato dinamico in grado di evidenziare cardiopatie latenti, nonché di stabilire i limiti dell'attività fisica per i pazienti affetti da scompensi coronarici. (figura 2.4)



Figura 2.4: ECG sotto sforzo

2.2 Corrispondenza tra segnale ECG e potenziale d'azione

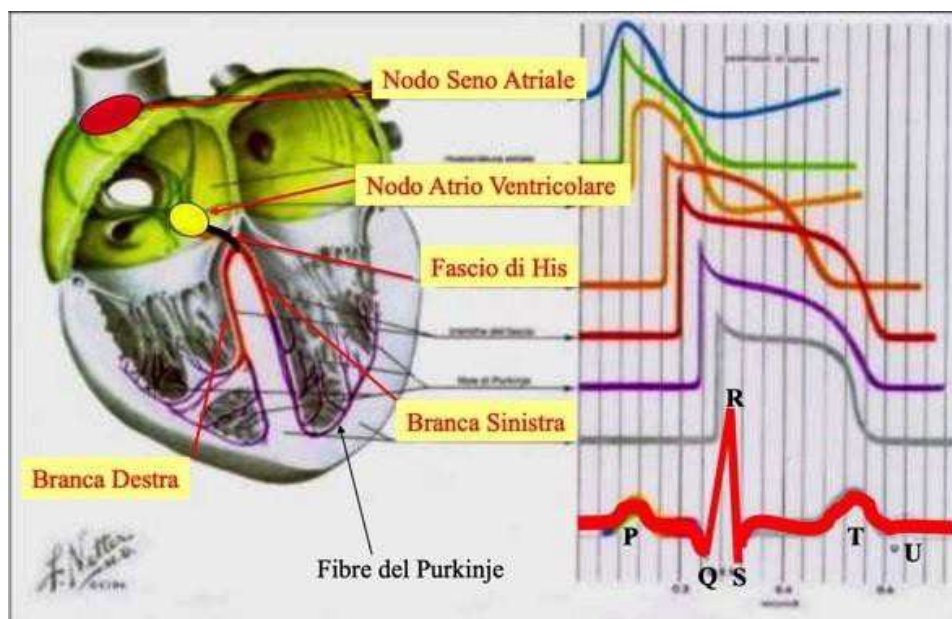


Figura 2.5: Pattern cardiaco

Il segnale elettrocardiografico presenta una morfologia piuttosto definita (figura 2.6) ed è proprio da irregolarità di quest'ultima che si possono rilevare patologie cardiologiche.

Quando si parla di segnale elettrocardiografico è bene comprendere il concetto di "pattern", ossia, dal punto di vista matematico, l'integrale di segnali elettrici contemporaneamente presenti. La morfologia dell'ECG che siamo abituati a vedere, infatti è la risultante dell'integrale dei segnali elettrici sviluppati sulla superficie e all'interno del muscolo cardiaco a causa dei processi di polarizzazione e depolarizzazione cellulare.(figura 2.5)

Nell'ECG si vedono tre eventi maggiori denominati onda P, complesso QRS e onda T, le onde e gli intervalli tra le onde sono correlati con eventi del ciclo cardiaco. (figura 2.7)

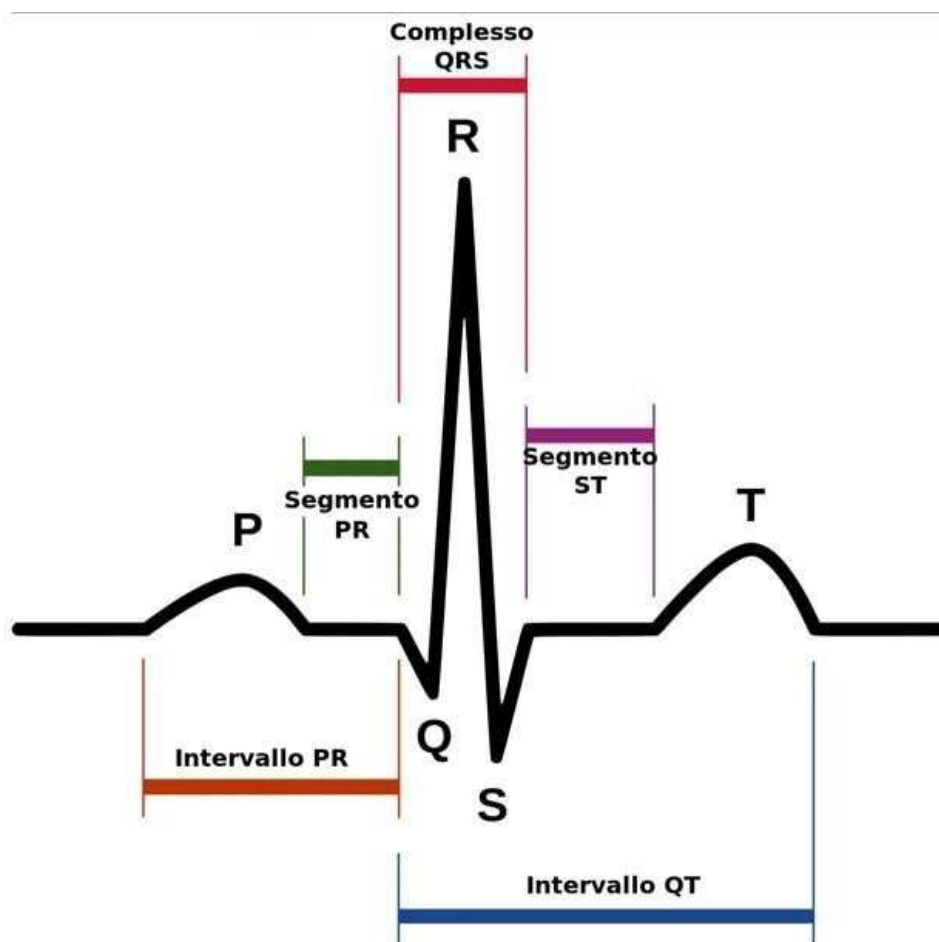


Figura 2.6: Tracciato elettrocardiografico

- Onda P: rappresenta l'attività elettrica legata alla contrazione di entrambi gli atri dovuta all'impulso elettrico avviato dal nodo seno atriale.
- Complesso QRS: si presenta dopo una pausa di 1/10 di secondo dell'onda P per consentire il riempimento dei ventricoli. Rappresenta l'impulso elettrico nel suo percorso dal nodo atrio ventricolare (AV) alle fibre di Purkinje; tali fibre tramettono l'impulso elettrico alle cellule miocardiche, provocando simultaneamente la contrazione dei ventricoli. Il complesso QRS è l'onda più grande perché è prodotta principalmente dalla depolarizzazione dei ventricoli che costituiscono la massa

muscolare più grande del cuore e generano la corrente elettrica più grande.

- Onda T: rappresenta la ripolarizzazione dei ventricoli, così che essi possano essere nuovamente stimolati. I ventricoli non possiedono una risposta meccanica alla ripolarizzazione, esso è un fenomeno strettamente elettrico.

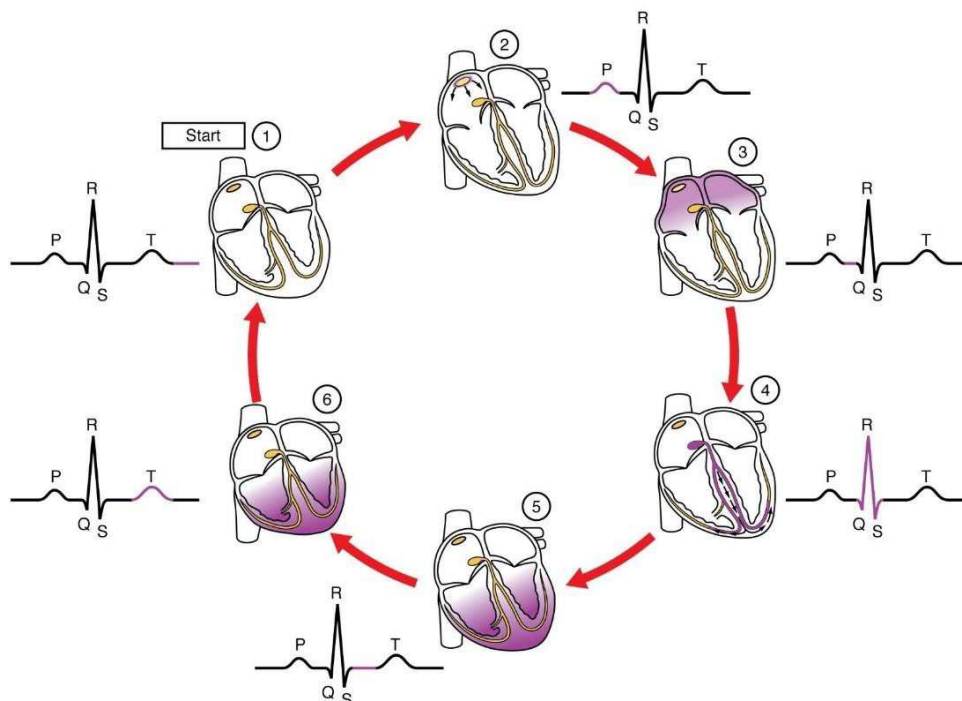


Figura 2.7: segnale elettrocardiografico associato al ciclo cardiaco

2.3 Derivazioni fondamentali

Per il rilevamento dei potenziali cardiaci sono necessari almeno due sensori (elettrodi cutanei) applicati sulla superficie del corpo e posti in luoghi non equipotenziali in quanto si misura una differenza di potenziale. (ddp)

Le differenze di potenziale dipendono da dove sono posti gli elettrodi. Al fine diagnostico di valutare l'esistenza di patologie accade che si vogliono confrontare elettrocardiogrammi eseguiti su individui diversi, oppure in tempi diversi sul medesimo individuo. È essenziale, perciò, che le posizioni in cui sono posti gli elettrodi siano normalizzate. Le "standardizzazioni" del posizionamento degli elettrodi prendono il nome di "Derivazioni", ovvero disposizione standardizzata degli elettrodi sul paziente. Gli elettrodi possono essere disposti su tre piani: frontale, trasversale, sagittale.

Le derivazioni fondamentali sono quelle definite dal fisiologo olandese Willem Einthoven (premio Nobel per la medicina, 1924). Consistono nella disposizione degli elettrodi sul piano frontale, situati ai vertici di un triangolo equilatero che vengono chiamati RA, da Right Arm (A), LA, da Left Arm (B) e LL, da Left Leg (C).

Il triangolo è stato chiamato "Triangolo di Einthoven" e le tre derivazioni sono dette "Derivazioni fondamentali o di Einthoven". (figura 2.8)

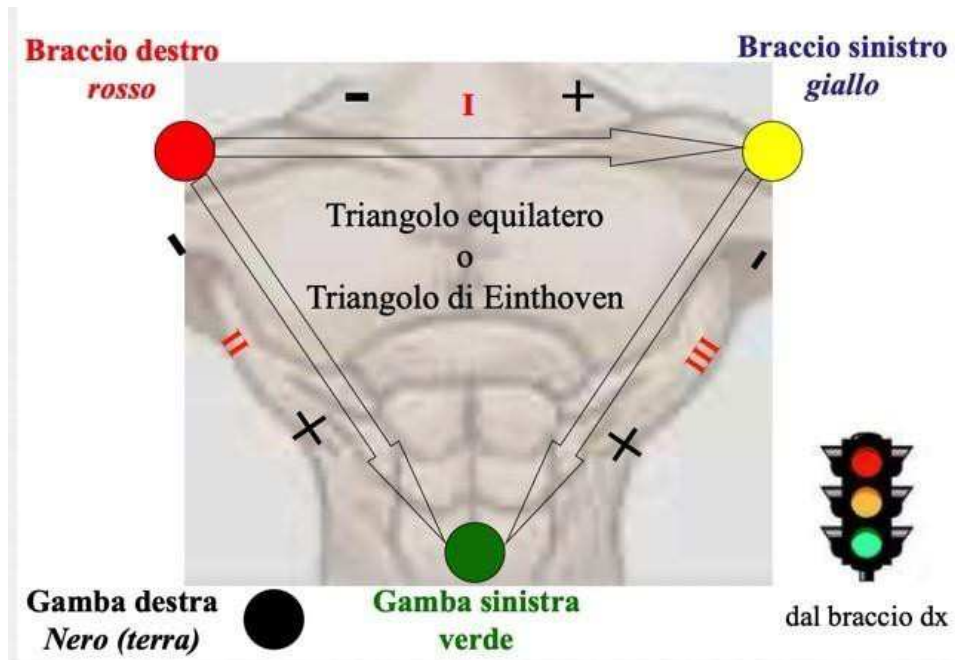


Figura 2.8: Triangolo di Einthoven

Si hanno le seguenti denominazioni accettate per le differenze di potenziale misurate:

- Tra RA e LA: prima derivazione
- Tra RA e LL: seconda derivazione
- Tra LA e LL: terza derivazione

Nella pratica gli elettrodi vengono posti effettivamente ai polsi della mano sinistra e destra e alla caviglia della gamba sinistra.

La prima, seconda e terza derivazione sono le componenti del vettore cardiaco, ossia del vettore asse elettrico del cuore sul piano frontale. È possibile, infatti, rappresentare in ogni istante tutte le cariche positive del cuore come un'unica carica positiva (di valore pari alla somma di quelle esistenti) posta in un certo punto interno al cuore. (*figura 2.9*)

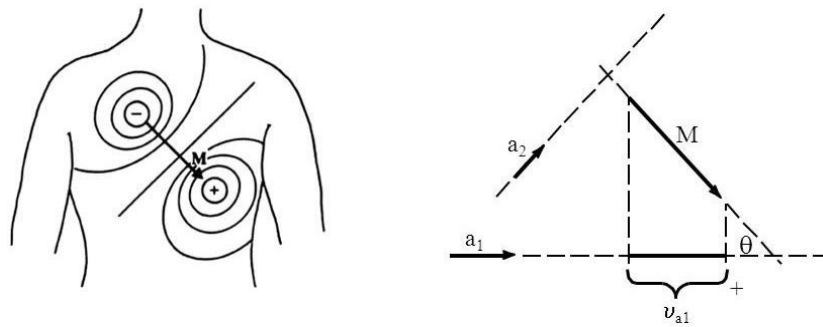


Figura 2.10: Attività elettrica del cuore rappresentata da un vettore dipolo elettrico.

È conveniente studiare l'evoluzione della mappa delle cariche durante il ciclo cardiaco in termini di cambiamento del dipolo equivalente per il quale il momento elettrico e l'orientamento del suo asse variano da istante a istante.

L'asse del dipolo equivalente viene chiamato asse elettrico istantaneo del cuore.

Il dipolo equivalente è rappresentabile tramite il vettore cardiaco H che risulta espressione di tutte le attività cardiache e le cui proiezioni su determinati piani o componenti lungo determinate direzioni sono rilevabili in intensità e verso a mezzo di misurazioni di differenza di potenziale effettuabili sulla superficie corporea.

Vi sono poi altre derivazioni, le derivazioni aumentate (unipolari). È pratica comune ricavare dalle derivazioni fondamentali bipolari tre derivazioni unipolari in modo da avere un solo elettrodo anziché due per ottenere una derivazione. Si utilizzano gli elettrodi nella disposizione del triangolo di Einthoven, dunque la rappresentazione è sempre sul piano frontale. Le "aumentate" sono definite unipolari poiché i tre potenziali sono definiti rispetto ad un potenziale di riferimento. Vi sono tre possibilità per ottenere il potenziale di riferimento O e quindi è possibile individuare tre derivazioni che consentono di ricavare:

- Il potenziale braccio destro (aVR), utilizzando come riferimento quello ottenuto dal braccio sinistro e gamba sinistra.
- Il potenziale braccio sinistro (aVL), utilizzando come riferimento quello ottenuto dal braccio destro e gamba sinistra.
- Il potenziale della gamba sinistra (aVF), utilizzando come riferimento quello ottenuto dal braccio destro e da quello sinistro.

Le derivazioni aumentate possono essere dedotte direttamente dalle derivazioni fondamentali con le seguenti relazioni:

$$\bullet \quad aVR = -\frac{(I+II)}{2} \quad (1)$$

$$\bullet \quad aVL = \frac{(I-III)}{2} \quad (2)$$

$$\bullet \quad aVF = \frac{(II+III)}{2} \quad (3)$$

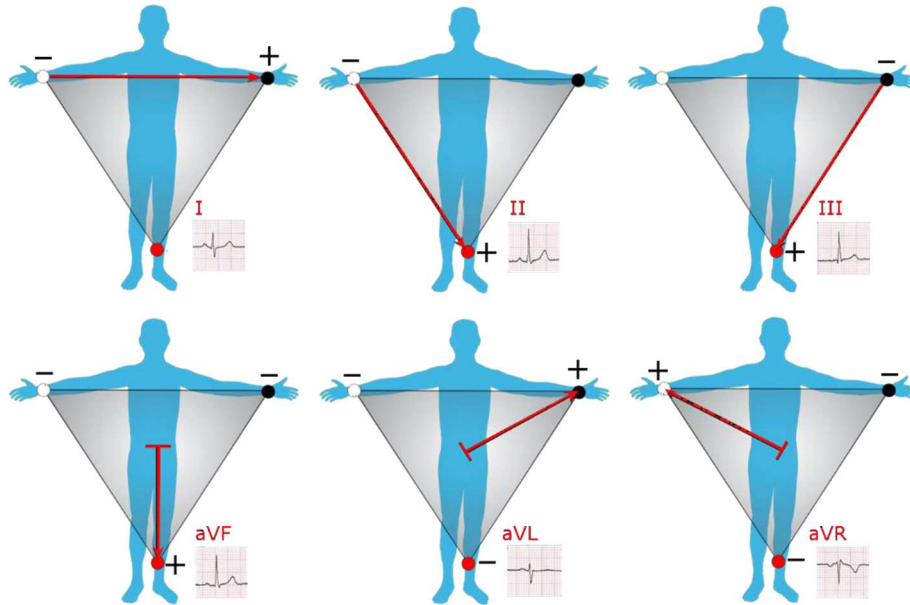


Figura 2.11: derivazioni fondamentali e aumentate

Vi è poi un'altra disposizione degli elettrodi, derivazioni precordiali, che fornisce la proiezione del vettore dipolo H sul piano trasversale utilizzando derivazioni unipolari.

Nel 1944 G.A. Wilson propose di valutare lo spostamento del vettore cardiaco su un piano orizzontale utilizzando come riferimento un centro elettrico chiamato appunto terminale di Wilson, formato connettendo ogni elettrodo costituente le derivazioni fondamentali tramite una resistenza di identico valore R ad un punto comune che è il terminale centrale.

Disponendo quindi del terminale di Wilson, con un elettrodo esplorante si valutano le differenze di potenziale in determinati siti chiamati V1, V2, V3, V4, V5 e V6 che hanno le seguenti sedi anatomiche: (*figura 2.11*)

- V1 = quarto spazio intercostale a destra del margine sternale
- V2 = quarto spazio intercostale a sinistra del margine sternale
- V4 = nel quinto spazio intercostale
- V3 = tra V2 e V4
- V5 = sulla linea ascellare anteriore allineato con V4 e V6
- V6 = allineato esternamente con V4 e V5

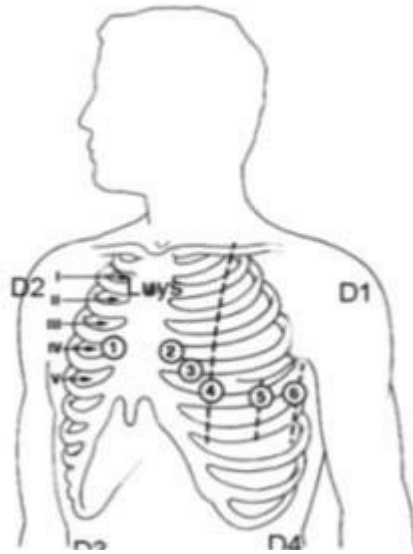


Figura 2.11: derivazioni precordiali

CAPITOLO 3

IL CROSSFIT

3.1 Cos'è il Crossfit?

Il CrossFit è un programma di rafforzamento fisico ideato da Greg Glassman negli anni Settanta, sebbene tale disciplina abbia iniziato a richiamare l'attenzione del pubblico soltanto verso la seconda degli anni '90, quando Glassman fondò la propria palestra a Santa Cruz, California, nel 1995. Dal 2000 Crossfit è un marchio della CrossFit Inc., società fondata da Glassman e Lauren Jenai, che concede in licenza il nome CrossFit alle palestre per un canone annuale e certifica i formatori. Ad oggi, in tutto il mondo sono oltre 13.000 le palestre o punti affiliati CrossFit, in oltre 71 Paesi.

CrossFit non è un programma di fitness specializzato ma è stato sviluppato con l'intenzione di ottimizzare la competenza fisica in ognuna delle attività di fitness riconosciute ossia:

1. Resistenza cardiovascolare/respiratoria: la capacità dei sistemi corporei di raggruppare, elaborare e fornire ossigeno.
2. Stamina: la capacità dei sistemi corporei di elaborare, fornire, immagazzinare e utilizzare energia.
3. Forza: la capacità di un'unità muscolare, o di una combinazione di unità muscolari, di applicare la forza.
4. Flessibilità: la capacità di ottimizzare l'escursione di un'articolazione.
5. Potenza: la capacità di un'unità muscolare, o di una combinazione di unità muscolari, di applicare la forza massima per un tempo minimo.
6. Velocità: la capacità di ridurre la durata del ciclo di un movimento ripetuto.
7. Coordinazione: la capacità di combinare una serie di schemi di movimento distinti in un unico movimento.
8. Agilità: la capacità di diminuire il tempo di transizione da uno schema di movimento a un altro.
9. Equilibrio: la capacità di controllare la posizione del centro di gravità di un corpo in relazione alla sua base di supporto.
10. Accuratezza: la capacità di controllare un movimento in una direzione o a un'intensità specifica.

“Esecuzione di movimenti funzionali, costantemente variati, ad alta intensità” sono questi i punti cardini su cui si sviluppa tale metodologia di allenamento come afferma lo stesso Glassman:

“Abbiamo preso allenamenti costantemente variati, funzionali, eseguiti ad alta intensità e distillato carichi, escursione, esercizi, potenza, lavoro, linea di azione, flessibilità, velocità e tutte le pertinenze metaboliche distillate in un singolo valore, solitamente il tempo. Questo è lo Sport del fitness. Siamo i migliori in questo”.

Coach Glassman

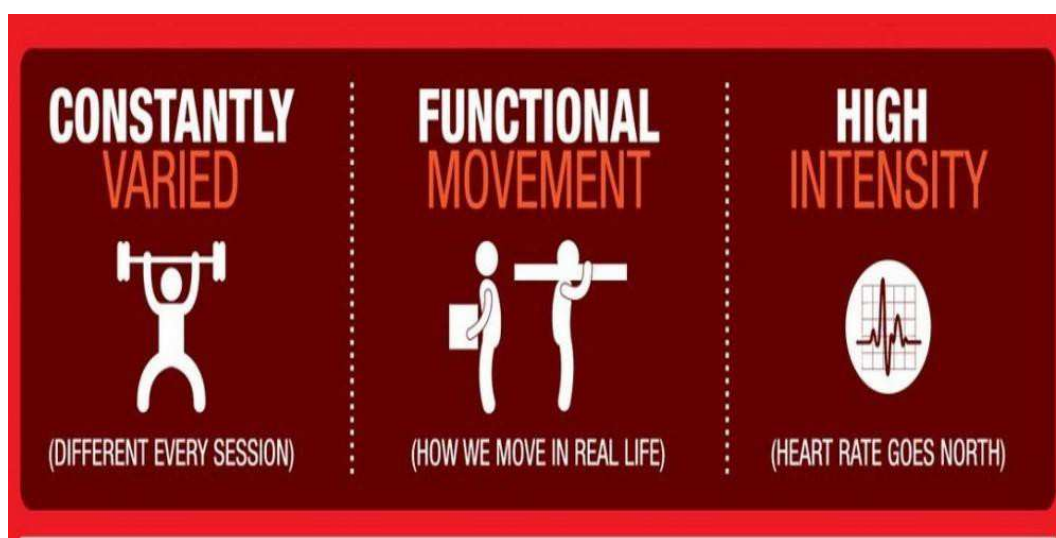


Figura 3.1: punti cardini del Crossfit

Un movimento funzionale è un movimento multiarticolare, ossia che coinvolge più articolazioni. Scopo dell'allenamento funzionale è sviluppare un corpo armonico attraverso esperienze motorie varie e progressivamente più difficili, che richiamano le funzioni base per cui il corpo è nato; vengono proposti allenamenti che permettano di riprodurre il più possibile quello che il corpo umano fa per natura, lavorando sia a corpo libero o utilizzando attrezzi come per esempio manubri, kettleball, wall ball, bilancieri. La variabilità negli esercizi previsti durante l'allenamento rende il Crossfit divertente e mai monotono e assieme alla “scalabilità” degli allenamenti costituisce sicuramente uno dei motivi principali per il successo riscontrato a livello mondiale dalla nascita fino ad oggi. La scalabilità consiste nella semplificazione di alcuni esercizi preservando però la natura dello stimolo richiesto, Questo consente di praticare Crossfit a chiunque a prescindere dall'età e dal background sportivo.

L'intento del Crossfit è chiarito dal nome: cross in inglese vuol dire incrociare ed è quindi dall'incontro e dalla mescolanza di diverse pratiche sportive, (ginnastica, endurance e weightlifting) che nasce questa disciplina. Nel “Level 1”, guida teorica per diventare istruttori Crossfit certificati, viene accuratamente descritto il contributo delle discipline precedentemente citate; per quanto riguarda la ginnastica:

“Affidarsi al peso del corpo come unica fonte di resistenza. Ciò conferisce un valore unico al miglioramento del rapporto tra forza e peso. Al contrario di altre modalità di allenamento della forza, la ginnastica e la calistenia consentono di aumentare la forza solo quando anche il rapporto tra questa e il peso aumenta.

La ginnastica comprende esercizi di pull-up, squat, allungamento, salto, push-up, numerose flessioni in verticale, arrampicate e prese. Queste abilità non hanno eguali per i benefici che apportano al fisico, come testimoniato da ogni ginnasta professionista.”



Figura 3.2: Atleta Crossfit mentre effettua un esercizio di ginnastica

Per il weightlifting invece:

“Con sollevamento pesi s’intende la disciplina olimpica, che comprende gli esercizi di “clean and jerk” e lo “snatch”. La pesistica olimpica, come viene spesso chiamata, sviluppa la forza (specialmente del bacino), la velocità e la

potenza più di ogni altra modalità di allenamento. Non è molto noto che, per riuscire a effettuare correttamente il sollevamento pesi, è necessaria una buona flessibilità. I sollevatori di pesi olimpici sono flessibili quanto qualsiasi altro atleta.

I vantaggi della pesistica olimpica non si limitano alla forza, alla velocità, alla potenza e alla flessibilità. Il clean e jerk e lo snatch sviluppano notevolmente la coordinazione, l’agilità, la precisione e l’equilibrio. Questi due tipi di sollevamento sono impegnativi e vari come

qualsiasi movimento di altri sport. Una competenza moderata nel sollevamento olimpico fornisce ulteriori abilità anche in altre discipline.

I sollevamenti olimpici si basano su deadlift, clean, squat e jerk. Questi movimenti sono il punto di partenza di qualsiasi programma di allenamento serio per il sollevamento pesi. In realtà, questi dovrebbero essere la parte principale del vostro allenamento di resistenza per tutta la vita.



Figura 3.3: Rich Froning, vincitore Crossfit Games.

Il Crossfit è considerato sia come una filosofia dell'esercizio fisico, ma anche come uno sport agonistico, esistono circuiti di gare, sia a basso livello, sia di interesse mondiale. CrossFit Games Open è la più grande competizione fitness del mondo che interessa la comunità CrossFit. Dal 2007, a Los Angeles, in un periodo di cinque settimane, i crossfitter provenienti da tutto il globo partecipano in un unico grande circuito. I Games comprendono suddivisioni per gli individui di ogni sesso, squadre miste, e un certo numero di maestri e gruppi di adolescenti.



Figura 3.4: Crossfit Games

Nel 2011, i Giochi hanno adottato un formato on-line per la gara di ogni sezione, facilitando

la partecipazione degli atleti di tutto il mondo. Durante il "CrossFit Open", un nuovo allenamento viene assegnato ogni settimana. Gli atleti hanno diversi giorni per completare l'allenamento e la presentazione dei punteggi online, o con un video, o con la convalida da parte di un affiliato di CrossFit. I migliori performer CrossFit Open per gli individuali e le squadre in ogni regione fanno progredire per le gare regionali, che si tengono nel corso dei due mesi successivi. Negli ultimi anni l'aspetto agonistico sta prendendo lentamente piede anche in Italia con competizioni di interesse Nazionale e locale, per citarne alcune: Fall Series Trowdown ecc.

3.2 Com'è strutturato un allenamento di Crossfit?



Figura 3.5: BOX, luogo in cui si svolge Crossfit.

Parte del successo del programma CrossFit è dovuto anche all'abbandono di qualsiasi routine; ogni giorno, infatti, all'interno del "box", termine tecnico che indica l'ambiente in cui si svolgono le lezioni, c'è un allenamento diverso dal giorno precedente. Questo è chiamato WOD (Workout Of the Day) e raggruppa l'insieme degli esercizi del giorno.

3.2.1 Crossfit Class

Il corso si compone di classi di 16-20 persone. La classe ha la durata di un'ora ed è suddivisa in 4 fasi:

1. **WARM UP/ MOBILITY:** Consiste in un riscaldamento e mobilità articolare; in questa fase viene svolta una serie di esercizi a corpo libero per attivare i vari gruppi muscolari. Questa fase iniziale serve a preparare l'organismo allo sforzo intenso successivo, a ridurre il rischio di infortuni e a rendere più facili i movimenti, sbloccando e liberando la fascia muscolare; ha una durata di circa 10-15 minuti
2. **SKILL/STRENGTH:** Skill, ovvero abilità: in questa fase vengono spiegate e praticate le varie tipologie di esercizi che andranno a comporre il workout, o a migliorare la

tecnica di esecuzione di un esercizio specifico. Strength, ovvero forza: laddove il movimento sia ben acquisito e padroneggiato dal soggetto / classe, con l'avanzare delle settimane si procede a praticare quello schema motorio / esercizio fondamentale lavorando con protocolli di programmazione di forza. Il coach mostra la corretta esecuzione dei movimenti e la loro naturale progressione didattica e pone l'accento sugli errori che devono essere evitati; in seguito, gli atleti provano loro stessi gli esercizi mentre il coach li controlla ad uno ad uno correggendo ove necessario; di solito, questa fase dura circa 20-30 minuti, e serve appunto a consolidare uno schema motorio e/o ad acquisire forza.

3. **WORK OUT OF THE DAY (WOD)**: È il cuore della lezione, la fase di allenamento vero e proprio. Il trainer introduce il WOD, spiegando dettagliatamente gli esercizi e la tipologia di lavoro prevista, si accerta che tutti i partecipanti abbiano capito e ascolta eventuali dubbi, dopo di che si inizia. Durante l'allenamento, il coach controlla costantemente e da vicino i "crossfitter", per assicurarsi che eseguano tutti i movimenti correttamente e in totale sicurezza, correggendo rapidamente se necessario; nel contempo, incita i praticanti a spingersi oltre il proprio limite. Tipicamente, questa fase ha una durata molto variabile, che può andare da 5 a 30 minuti circa. È la parte metabolica del workout, anche chiamata "metcon".



Figura 3.6: Crossfit class

Lo scopo di qualsiasi WOD è quello di eseguire una certa quantità di esercizi il più velocemente possibile. Tale esecuzione può avvenire secondo regole differenti:

- Il metodo **AMRAP**: È l'acronimo di As Many Reps As Possible, tradotto: più ripetizioni possibile. Dunque, si tratta di effettuare, entro un tempo prestabilito, il maggior numero possibile di ripetizioni di uno o più esercizi, singolarmente o strutturati in un circuito.
- Il metodo **FOR TIME** (o AFAP): È l'acronimo di As Fast As Possible, ossia: più velocemente possibile. Consiste nell'eseguire un prestabilito numero di ripetizioni o round nel minor tempo possibile.

- Il metodo **EMOM**: È l'acronimo di Every Minute On Minute, ovvero: ogni minuto all'inizio del minuto. È una sorta di allenamento ad intervalli, in cui all'interno del minuto o dei minuti vi è un tempo di lavoro e un tempo di recupero. Il lavoro inizia sempre ad ogni scoccare del minuto/i. Il tempo di recupero non è altro che il tempo rimanente all'interno del minuto o dei minuti stessi.

RECOVERY/FLEXIBILITY: È la fase dedicata al recupero, all'al lungamento muscolare e al defaticamento; sotto la guida del trainer viene eseguita una serie di esercizi di stretching, è molto importante per allungare la muscolatura e scaricare le articolazioni dopo l'intenso lavoro. In questa fase il coach chiede un feedback sull'allenamento agli atleti e stimola la discussione sul workout appena effettuato, raccogliendo le sensazioni e chiarendo eventuali dubbi.

Il modello CrossFit consiglia tre giorni ON e un giorno OFF di allenamento. Per i neofiti sono consigliati tre allenamenti settimanali accompagnati da 1 seduta di Mobility durante i giorni di riposo. Una volta raggiunto un livello di allenamento più completo ed approfondito attraverso un aumento di carico di lavoro progressivo, l'ideale è effettuare cinque classi CrossFit a settimana, sempre affiancate da almeno una seduta di Mobility durante i giorni di riposo. I più grandi atleti Crossfit



Figura 3.7: Workout of the day

3.2.2 Crossfit Competitor

Per quanto riguarda atleti agonisti, invece, l'allenamento è strutturato in maniera differente. Generalmente si predilige sempre uno schema di allenamento che prevede tre giorni on e uno off, considerando giovedì e domenica come "rest day". Gli atleti che intendono seguire una preparazione agonistica svolgono l'allenamento in modo autonomo e non all'interno delle classi; questo generalmente ha una durata media di circa due ore e può essere suddiviso anche in due o tre sessioni giornaliere. In base al periodo dell'anno e a diversi fattori, come per esempio se ci si sta preparando ad una competizione o meno, il volume di allenamento e l'intensità variano.

3.3 Altro sul Crossfit

3.3.1 L'Alimentazione

Nel Crossfit la nutrizione ricopre un ruolo fondamentale. Nella piramide che raffigura i principi di questa disciplina l'alimentazione occupa il gradino più importante, la base su cui si sostiene tutto il resto. Diverse sono le tipologie di diete proposte da vari nutrizionisti per ottenere migliori prestazioni in questo sport. Per citarne alcune :High Carb Diet, Dieta Paleo, High Fat Ketogenic Diet. Bisogna però tenere in considerazione che tutto è relativo, ogni individuo è diverso dall' altro e ognuno ha obiettivi diversi; c'è chi mira al dimagrimento, chi all'aumento di massa muscolare, chi a diventare un atleta Crossfit professionista. Non c'è dunque una dieta generica da seguire per chi pratica Crossfit ma si consiglia sempre di affidarsi ad un professionista in modo da ottenere un piano alimentare personalizzato. È sempre bene avere ben chiaro qual è l'obiettivo da raggiungere, porsi degli obiettivi a breve termine e monitorare i progressi nel corso del tempo, non praticare diete estreme eliminando completamente i carboidrati, ascoltare il proprio corpo.

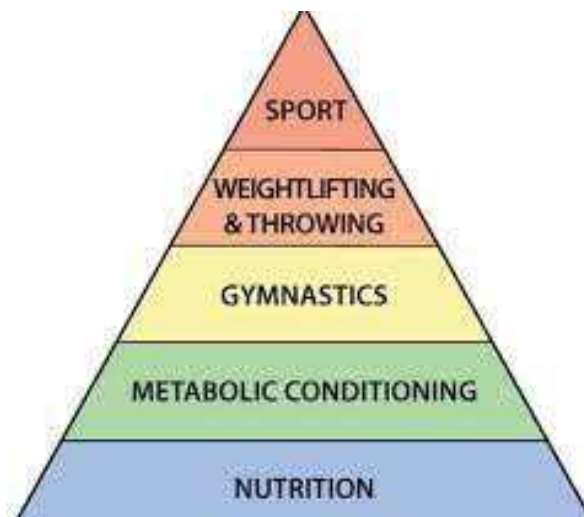


Figura 3.8: Piramide Crossfit

3.3.2 Crossfit Community

Il senso della comunità nel Crossfit è unico. Quasi tutti si conoscono, c'è sempre qualcuno che aiuta con la tecnica, si confrontano i risultati a fine WOD, si discute di competizioni e molto altro. Spesso è un aspetto che viene sottovalutato, ma il supporto sociale fornisce motivazione. Quando si è stanchi e si sta lottando per completare un allenamento, si inizia a dubitare sulla capacità di riuscire a terminare ed avere persone che incoraggiano può dare la convinzione di riuscire a farcela.



Figura 3.9: Crossfit Community

3.1 Monitoraggio cardiovascolare nello sport

Il monitoraggio cardiovascolare in ambito sportivo assume un ruolo di fondamentale importanza, in particolare per due specifici aspetti: ci permette di intervenire in maniera preventiva su eventuali e ignoti problemi cardiaci che, se combinati con un elevato sforzo fisico, potrebbero portare a morte cardiaca improvvisa. Inoltre, consente di stimare l'intensità dell'allenamento e di migliorare la performance dell'atleta. A livello biologico, l'allenamento può essere interpretato come quello stimolo che causa un'alterazione dell'omeostasi, ripristinata poi durante la fase di recupero che segue l'allenamento stesso. La successione di diverse sessioni di allenamento fa sì che l'efficienza dei sistemi fisiologici che monitorano la funzione di controllo omeostatico venga alterata in modo tale che, un successivo esercizio eseguito alla stessa intensità di quelli precedenti, causi un'alterazione dell'omeostasi meno marcata. Ad un esercizio o stimolo allenante corrisponde una risposta da parte dell'organismo in termini di variazione nei valori di alcuni parametri fisiologici, come ad esempio: la frequenza cardiaca (FC), il consumo d'ossigeno (VO₂), la ventilazione polmonare (VE), la frequenza respiratoria (FR), la concentrazione di lattato ematico, etc. Il battito cardiaco è una

delle funzioni vitali dell'organismo, Per monitorare la salute nostra e del nostro cuore, si misura la frequenza cardiaca, ovvero il numero di battiti del cuore in un'unità di tempo generalmente in un minuto, l'unità di misura infatti è il bpm, battiti per minuto. La frequenza

cardiaca (F.C.) è un parametro che ci dà indicazioni di vario genere da stati patologici a situazioni di pericolo.

Per quanto riguarda l'ambito sportivo, è importante conoscere due valori: la F.C. a riposo o fisiologica, che si misura quando l'organismo non è sottoposto a stress o a esercizio fisico, e la F.C. massima, cioè la massima frequenza che l'individuo riesce a raggiungere durante l'attività fisica. Questi due parametri sono molto soggettivi. La F.C. basale (a riposo) è molto importante in quanto dà una misurazione della potenza contrattile del cuore. In soggetti ben allenati la F.C. basale è abbondantemente inferiore ai 60 bpm. La frequenza cardiaca massima (F.C. Max) è il valore estremo di battiti al minuto che una persona può avere durante uno sforzo ed è soggettivo. Per calcolare la F.C. Max esistono diverse formule e vari test come, ad esempio, la Formula di Cooper, Formula di Tanaka, Test conconi, Test massimale. Il metodo più complicato e accurato per determinare la frequenza cardiaca massima è attraverso l'uso di un test da sforzo cardiaco, che prevede l'uso di una macchina per elettrocardiogramma (ECG) in un ambiente di laboratorio. Il monitoraggio della frequenza cardiaca durante l'allenamento può essere ottenuto in modo più semplice ed efficace utilizzando un cardiofrequenzimetro elettronico portatile.

CAPITOLO 4

IL MONITORAGGIO CARDIOVASCOLARE MEDIANTE SENSORISTICA INDOSSABILE

4.1 Sensoristica indossabile:

Lo sviluppo tecnologico e i miglioramenti nei dispositivi di monitoraggio fisiologico indossabile (WPM) hanno facilitato il monitoraggio/acquisizione delle misure fisiologiche wireless, a lungo raggio e sul campo continuo in popolazioni sane, cliniche o atletiche [10,11,12]. Numerosi dispositivi WPM sono stati introdotti sul mercato [13,14] con una gamma di funzionalità e destinatari.

4.1.1 Sensore BioHarness della Zephyr



Figura 4.1: Dispositivo Zephyr

Lo Zephyr Bioharness™ (Zephyr Technology Corporation, Annapolis, MD, US) è un dispositivo indossabile wireless basato sul torace, in grado di registrare in tempo reale ea

lunga distanza vari parametri fisiologici, tra cui frequenza cardiaca, frequenza respiratoria, temperatura interna, attività livelli e postura [15]. Il dispositivo può acquisire dati per 26 ore, include un BioModule (modulo elettronico), pesa 85 g e si adatta al torace nella parte inferiore dello sterno sia per gli uomini che per le donne [15]. Il modulo elettronico memorizza e trasmette molteplici dati fisiologici, tra cui ECG, frequenza cardiaca, frequenza respiratoria. La fascia è dotata di una struttura in grado di rilevare e trasmettere segnali ECG. Il tracciato ECG risultante è a una derivazione, ha una frequenza pari a 250 Hz ed è ottenuto grazie alla presenza di elettrodi integrati sulla cintura posti su V4, V5 e V0; questo spiega anche la posizione del modulo di monitoraggio che non viene messo frontale ma sul lato del busto. Come già visto per la smartband Empatica, anche la Zephyr ospita un accelerometro a tre assi che permette di rilevare il movimento per fornire informazioni riguardo alle prestazioni di chi indossa il dispositivo. Il monitoraggio della frequenza cardiaca offre numerosi vantaggi. Il calcolo della percentuale della frequenza cardiaca massima è un approccio comunemente utilizzato per monitorare l'intensità dell'esercizio. Tra gli atleti (calcianti), il monitoraggio della frequenza cardiaca con esercizi submassimali ha dimostrato di essere altamente predittivo di miglioramenti nelle prestazioni fisiche (cioè velocità aerobica massima). Inoltre, durante l'esercizio in regime stazionario, la relazione lineare tra frequenza cardiaca e tasso di consumo di ossigeno ha dimostrato di essere un metodo efficace per valutare il carico interno dell'allenamento. Questa relazione lineare può essere utilizzata anche per stimare il massimo assorbimento di ossigeno VO2max. [16] Inoltre, sia negli individui allenati che negli atleti, il monitoraggio del recupero della frequenza cardiaca è stato suggerito come potenziale marker per valutare lo stato di allenamento, che a sua volta viene utilizzato per ottimizzare i programmi di allenamento.[17] È stato proposto che le misurazioni della frequenza cardiaca possano essere utilizzate per fornire una stima del dispendio energetico, fornendo un'alternativa più semplice ed economica.

4.1.2 Sensore Kardia di Alivecor



Figura 4.2: *Dispositivo Kardia*

Kardia Mobile ECG è un dispositivo medico certificato CE, che rileva anomalie nel battito e nella frequenza cardiaca e riscontra possibili fibrillazioni atriali. È un dispositivo portatile e

tascabile, sottile poco più di una carta di credito con un peso di circa 8g consente di effettuare un numero illimitato di ECG ovunque, in qualunque momento e senza l'uso di cavi o elettrodi. Grazie all'impiego della tecnologia Bluetooth è possibile inviare i dati rilevati dal dispositivo al proprio smartphone in modo da condividere tramite formato PDF il tracciato rilevato con il proprio medico e valutare la presenza di eventuali anomalie cardiache come fibrillazione atriale, tachicardia o bradicardia. Il modello KardiaMobile 6L ha due elettrodi per le dita nella parte superiore e uno nella parte inferiore, a contatto con la pelle della gamba sinistra. KardiaMobile 6L fornisce ECG DI, DII, DIII, aVL, aVR e aVF. Attraverso tre elettrodi è in grado di registrare due tipi di ECG: ECG a una derivazione ed ECG a sei derivazioni.

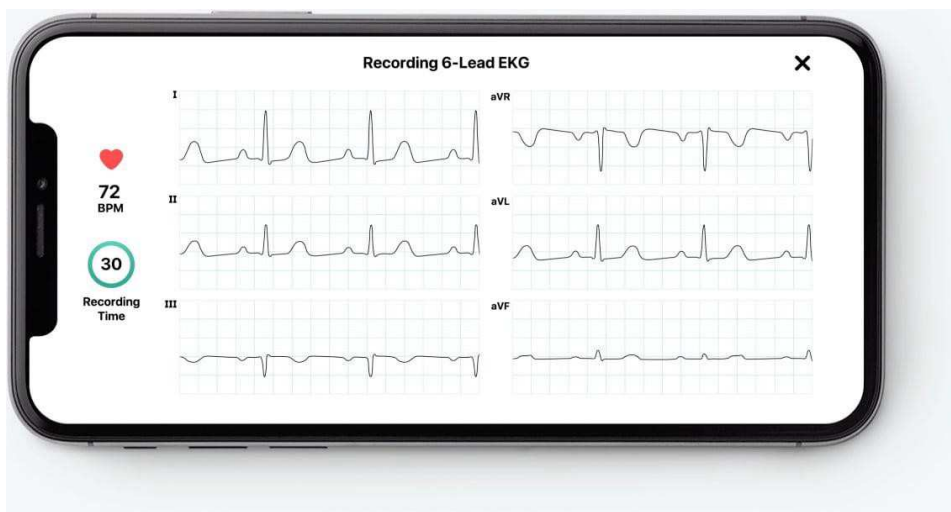


Figura 4.3: Applicazione per dispositivo Kardia

Per effettuare una prima configurazione del dispositivo KardiaMobile 6L è necessario scaricare l'app Kardia dall'App Store o da Google Play Store, assicurarsi che il bluetooth sia attivo, lanciare l'app Kardia e creare un account. Successivamente basta seguire la procedura sullo schermo per completare la configurazione dell'account.

Per quanto riguarda la registrazione di un ECG a sei derivazioni bisogna seguire la seguente procedura:

- 1) Aprire l'app e toccare "Registra il tuo primo ECG".
- 2) Selezionare KardiaMobile 6L.
- 3) Selezionare l'opzione "6 derivazioni".
- 4) Afferrare il dispositivo ECG in modo che i pollici tocchino i due elettrodi superiori. Non schiacciare né premere con forza. Assicurarsi che il dispositivo sia orientato correttamente con la "A" di AliveCor rivolta verso di sé.
- 5) Con i pollici appoggiati ai due elettrodi superiori, posizionare il dispositivo ECG sulla pelle nuda della tua gamba sinistra (ginocchio o interno della caviglia). L'elettrodo inferiore deve essere a contatto con la pelle.
- 6) Mantenere la posizione di appoggio per 30 secondi (il timer mostra il conto alla

rovescia), fino a completare la registrazione ECG.



Figura 4.4: Utilizzo dispositivo Kardia

Registrazione di un ECG a una derivazione:

- 1) Aprire l'app e toccare "Registra il tuo primo ECG"
- 2) Selezionare KardiaMobile 6L. Seguire la procedura sullo schermo per configurare e associare il KardiaMobile 6L.
- 3) Appoggiare il dispositivo su una superficie piana vicino al tuo smartphone. Assicurarsi che il dispositivo sia orientato correttamente con la "A" di AliveCor rivolta verso di sé.
- 4) Appoggiare due dita di ciascuna mano sui due elettrodi superiori. Non schiacciare né premere con forza.
- 5) La registrazione ha inizio. Mantenere la posizione di appoggio per 30 secondi (il timer mostra il conto alla rovescia), fino a completare la registrazione ECG.

4.2 Acquisizioni: Protocollo

Il lavoro qui presentato ha avuto come obiettivo quello di monitorare il segnale elettrocardiografico di sette atleti Crossfit. È stato scelto tale sport in quanto il Crossfit include una preparazione interdisciplinare, con diversi livelli, e adatto a diverse età, classi sociali e stili di vita.

Proprio a questo scopo, gli atleti monitorati sono stati selezionati (come riportato nelle specifiche tabelle) graduando la scelta in base all'età, al genere, alle diverse ambizioni inerenti il livello di preparazione e, non ultimo, in base alla tipologia di allenamento (metabolico o incentrato esclusivamente sulla forza fisica).

Tra i sette atleti, due hanno effettuato allenamenti di "Crossfit class", due di "Crossfit competitor" e i restanti allenamenti incentrati sullo sviluppo della forza fisica.

Tale attività di monitoraggio ha l'obiettivo di prevenire patologie cardiovascolari che potrebbero emergere nel corso dell'allenamento causando morte cardiaca improvvisa e anche per migliorare la performance dell'attività fisica analizzata.

L'attività svolta è stata incentrata su specifici step, di seguito riassunti.

- 1) L'analisi è stata effettuata in loco, durante l'orario degli allenamenti;
- 2) Prima dell'inizio degli stessi, tramite dispositivo "KARDIA mobile" è stato prelevato il segnale elettrocardiografico dell'atleta a riposo;
- 3) Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato il "Dispositivo Zephyr"; di conseguenza, all'inizio della sessione di allenamenti di ogni atleta, veniva posizionata la fascia del sensore, poi mantenuta per tutta la durata della sessione;
- 4) Alla fine dell'allenamento è stato estratto il segnale registrato e in seguito riportato su un pc;
- 5) Sono stati, infine, estratti i diversi segnali ECG e HR e successivamente, attraverso il software "Matlab", plottati sull'asse dei tempi.

È opportuno specificare come, prima di iniziare l'acquisizione sopra descritta, ogni atleta ha dovuto compilare un apposito questionario in cui erano presenti diversi dati anamnestici, allo scopo di fornire il loro specifico consenso per il relativo utilizzo.

4.3 Costruzione del database

Qui di seguito sono riportati i dati anamnestici di ogni atleta, l'allenamento svolto durante il monitoraggio e i segnali ECG e HR acquisiti attraverso il dispositivo Zephyr e graficati con l'utilizzo di Matlab.

ATLETA 1

DATI ANAMNESTICI

Età:	36
Sesso:	M
Professione:	Istruttore Fitness
Altezza:	180cm
Peso:	90kg
Fumatore:	No
Uso di bevande alcoliche:	Occasionalmente
Uso di farmaci:	No
Patologie e disabilità:	No
Malattie respiratorie (o eventuali famigliari con malattie respiratorie):	No
Malattie cardiache (o eventuali famigliari con malattie cardiache):	No
L'atleta ha mai avvertito senso di nausea, svenimento o dolore al petto durante l'allenamento o immediatamente dopo:	No
Condizione fisica attuale:	Normale
Infortuni lievi o gravi:	Si – Operazione ginocchio (lateral releaser) – Operazione polso (capsuloplastica)
Sport principale praticato: a. Da quanto tempo b. Con quale frequenza	Crossfit: a. 9 anni b. 5 volte a settimana Brazilian Jiu Jitsu: a. 13 anni b. 5 volte a settimana
Durata media di una sessione di allenamento:	60-120'
Intento a competere:	Si
Livello di competizione:	Competizioni ufficiali

ALLENAMENTO

SNATCH – Speed Ladder

From 0 to 8'
 9-6-3 SQUAT SNATCH
 From 8 to 16'
 7-5-2 SQUAT SNATCH
 From 16 to 24'
 5-3-1 SQUAT SNATCH
 Cap set 6'

METCON

40 wall ball 30/24 Cal Assault 20 Dip Ring
 10 OHS #80/55
 2'rest
 10 OHS #80/55
 20 Dip Ring 30/24 Cal Assault 40 wall ball

- Figure 1: ECG

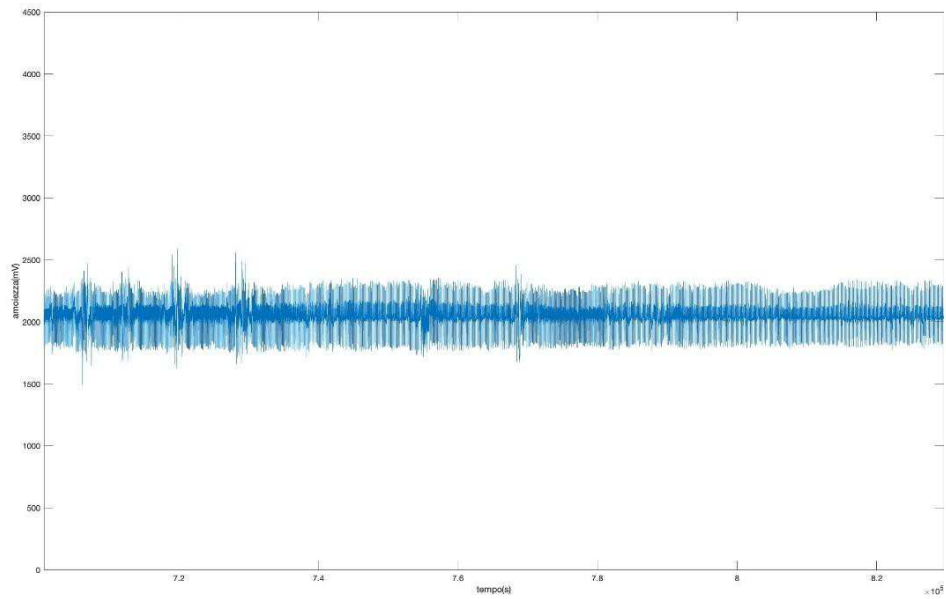


Figura 4.5: Segnale ECG durante l'allenamento

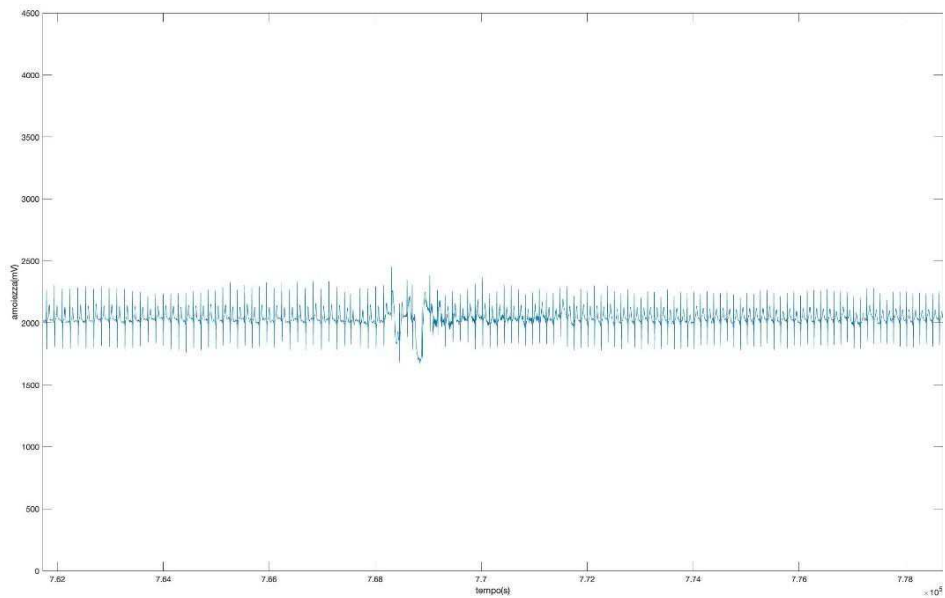


Figura 4.6: (zoom figura 4.5) Segnale ECG durante allenamento

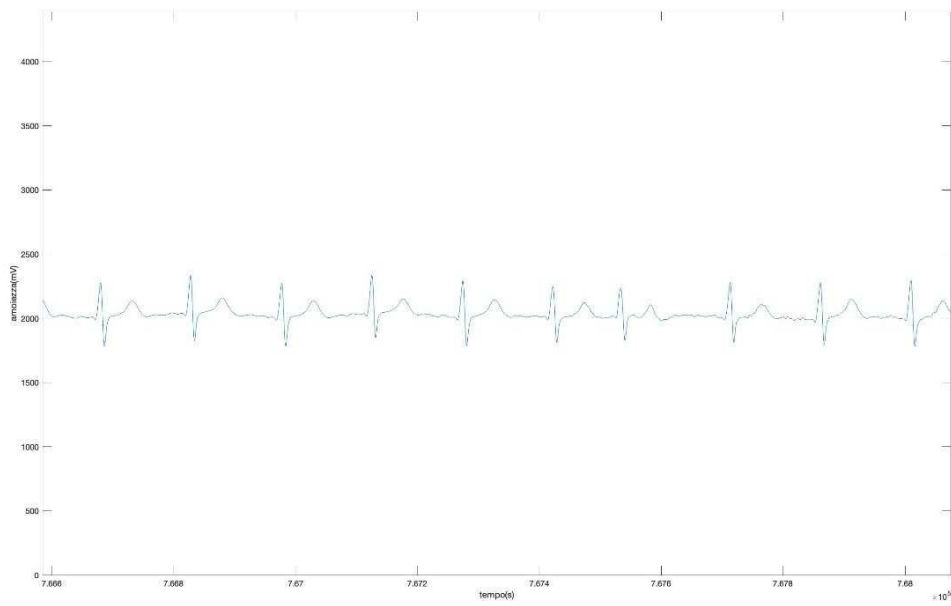


Figura 4.7:(Zoom figura 4.6) Segnale ECG durante l'allenamento

- Figure 2: HR

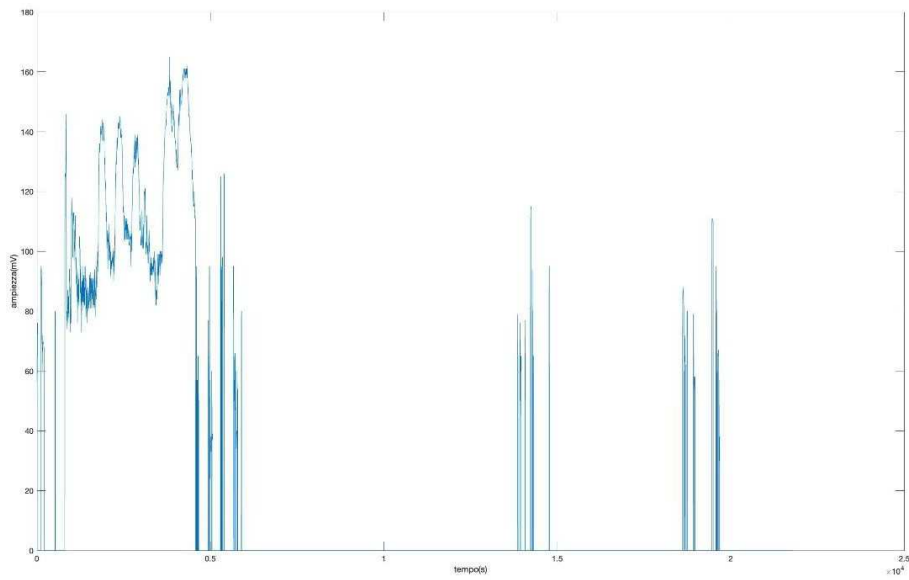


Figura 4.8: HR

ATLETA 2

DATI ANAMNESTICI

Età:	22
Sesso:	F
Professione:	Studentessa
Altezza:	174cm
Peso:	59kg
Fumatore:	No
Uso di bevande alcoliche:	Occasionalmente
Uso di farmaci:	No
Patologie e disabilità:	No
Malattie respiratorie (o eventuali famigliari con malattie respiratorie):	No
Malattie cardiache (o eventuali famigliari con malattie cardiache):	No
L'atleta ha mai avvertito senso di nausea, svenimento o dolore al petto durante l'allenamento o immediatamente dopo:	No
Condizione fisica attuale:	Normale
Infortunati lievi o gravi:	
Sport principale praticato: a. Da quanto tempo b. Con quale frequenza	Crossfit: a. 4 anni b. 5 allenamenti a settimana
Durata media di una sessione di allenamento:	90'
Intento a competere:	No
Livello di competizione:	Nessuno

ALLENAMENTO

Back squat

4x12-10-8-6 (carico a salire) Rest 2'

Circuito: 3 round

10 Hip trust
10 affondo walking per gamba 12 leg curl
Rest 90"

Circuito: 3 round 12 glutei ai cavi 10

stacchi
15 jump squat
Rest 90"

Camminata 10' in salita

Figure 1: ECG

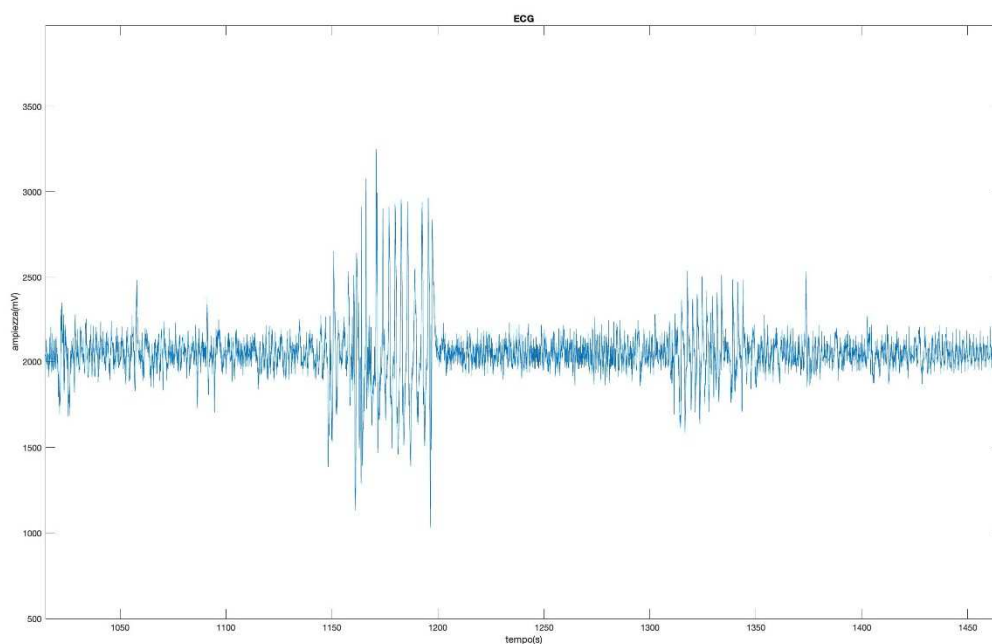


Figura 4.9: Segnale ECG durante l'allenamento

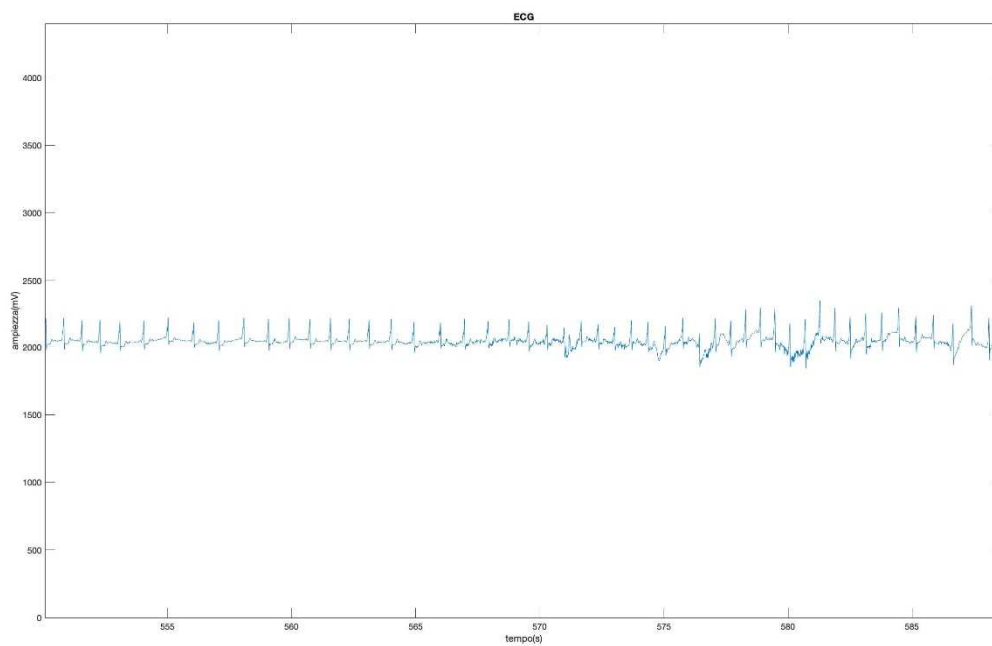


Figura 4.10: (zoom figura 4.9) Segnale ECG durante allenamento

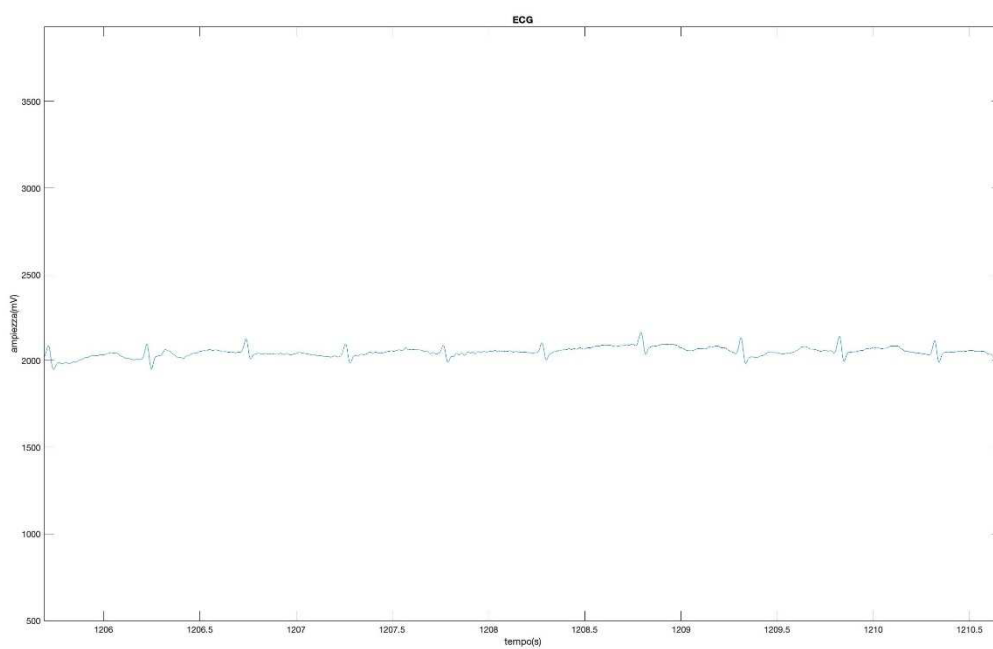


Figura 4.11:(Zoom figura 4.9) Segnale ECG durante l'allenamento

- Figure 2: HR

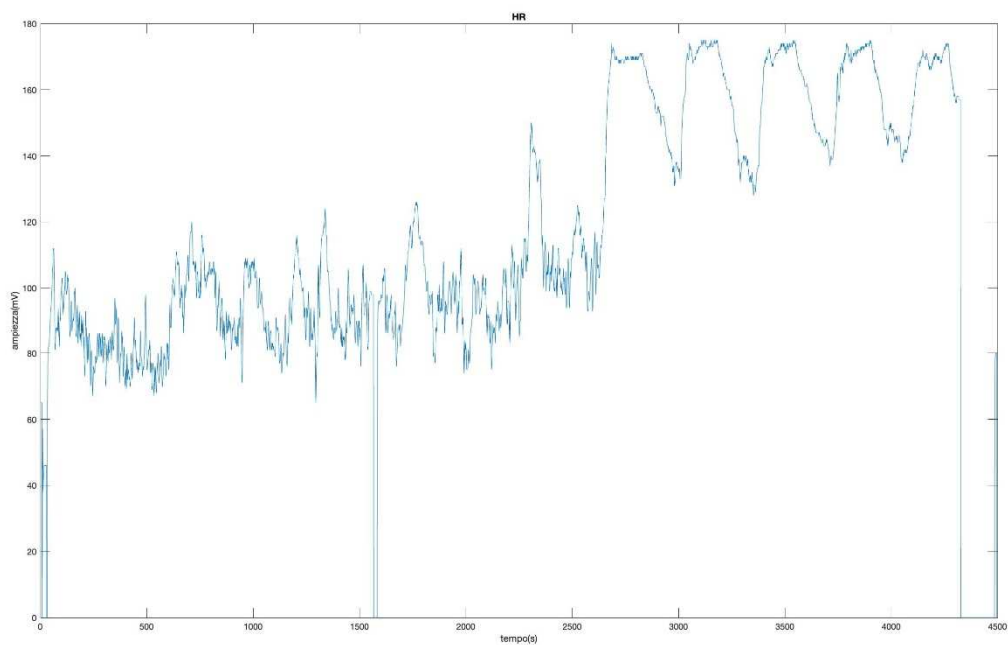


Figura 4.12: HR

ATLETA 3

DATI ANAMNESTICI

Età:	28
Sesso:	M
Professione:	Gastronomo presso supermercato
Altezza:	178cm
Peso:	88kg
Fumatore:	No
Uso di bevande alcoliche:	Occasionalmente
Uso di farmaci:	Flecainide Teva 100mg al dì
Patologie e disabilità:	Wolf Parkinson White -WPF
Malattie respiratorie (o eventuali famigliari con malattie respiratorie):	No
Malattie cardiache (o eventuali famigliari con malattie cardiache):	Si
L'atleta ha mai avvertito senso di nausea, svenimento o dolore al petto durante l'allenamento o immediatamente dopo:	No
Condizione fisica attuale:	Eccellente
Infortuni lievi o gravi:	Rottura crociato anteriore sinistro
Sport principale praticato: a. Da quanto tempo b. Con quale frequenza	Crossfit: a. 4 anni b. 5 allenamenti a settimana
Durata media di una sessione di allenamento:	60-120'
Intento a competere:	Si
Livello di competizione:	Amatoriali

ALLENAMENTO

WL-SNATCH EMOM 1xSNATCH

Add 5/2.5 Kg each set Then
(3+3)x6 SNATCH no drop+ SNATCH

METCON

6'AMRAP

14 HSPU

14 DOUBLE DB HANG CLEAN

3' Rest

6' AMRAP

7 HSPU

7 DOUBLE DB HANG CLEAN

Figure 1: ECG

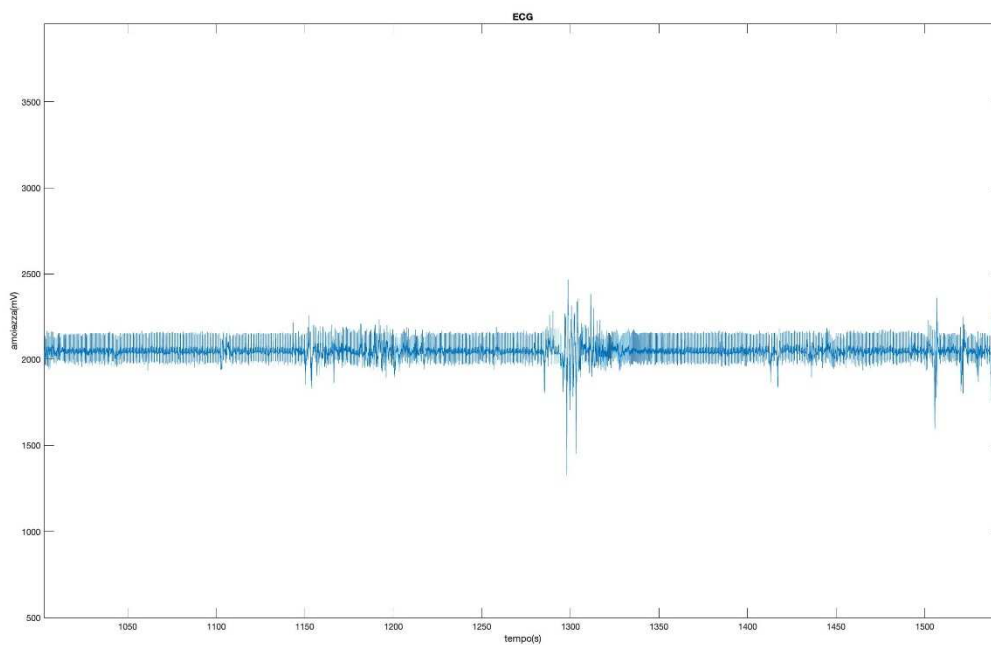


Figura 4.9: Segnale ECG durante l'allenamento

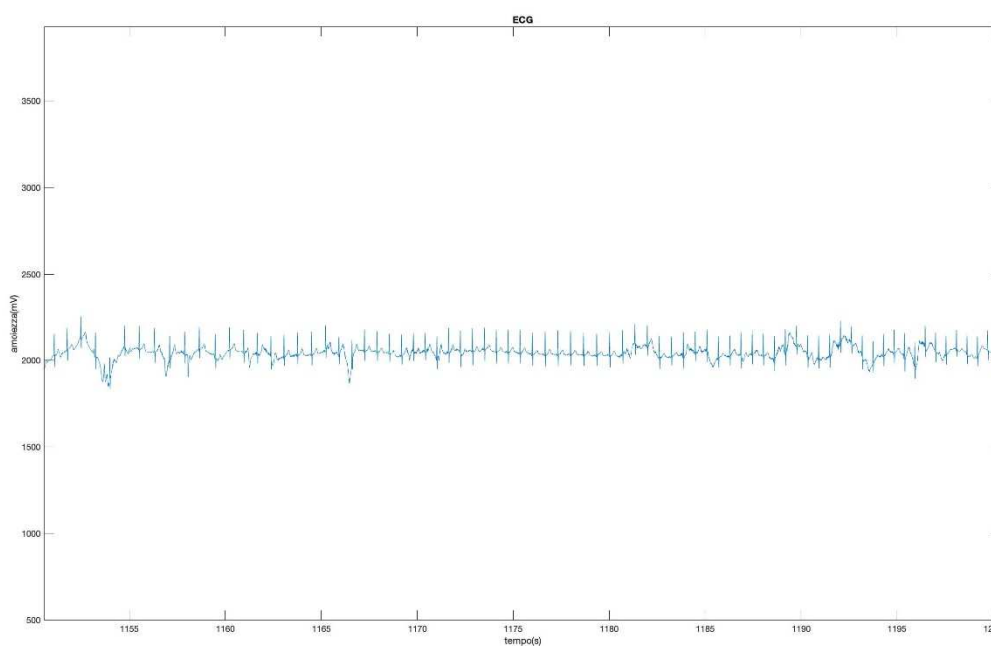


Figura 4.10: (zoom figura 4.9) Segnale ECG durante allenamento

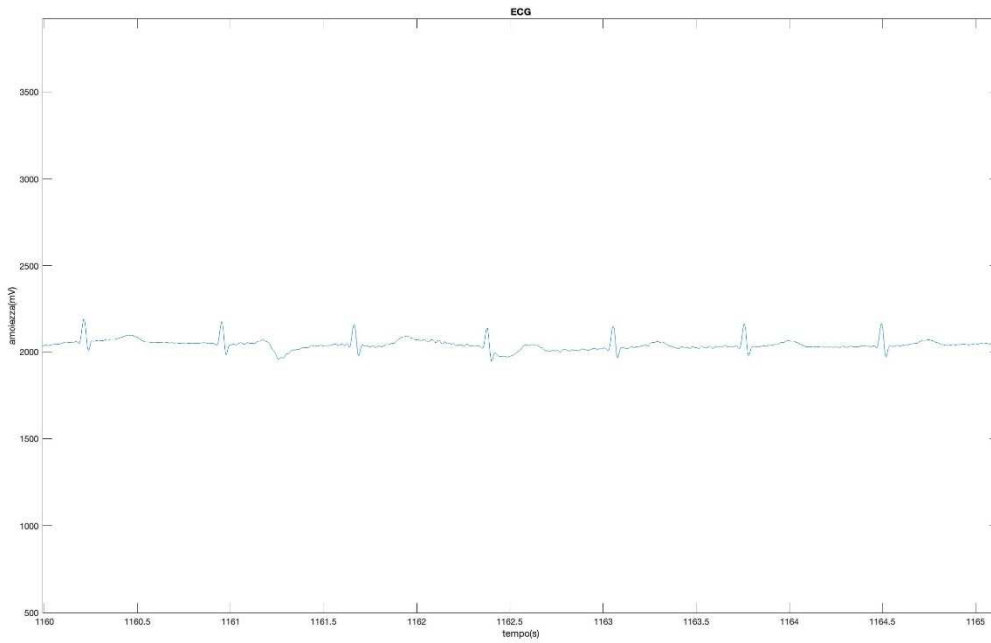


Figura 4.11:(Zoom figura 4.9) Segnale ECG durante l'allenamento

- **Figure 2: HR**

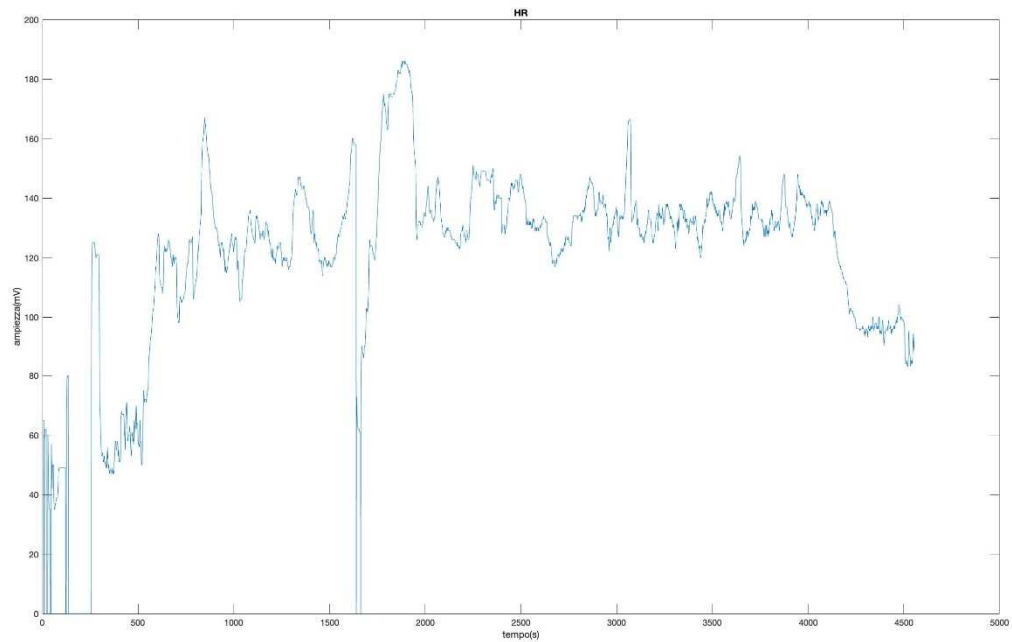


Figura 4.12:HR

ATLETA 4

DATI ANAMNESTICI

Età:	25
Sesso:	F
Professione:	Interior Desiner
Altezza:	157cm
Peso:	67kg
Fumatore:	Si
Uso di bevande alcoliche:	Occasionalmente
Uso di farmaci:	No
Patologie e disabilità:	No
Malattie respiratorie (o eventuali famigliari con malattie respiratorie):	No
Malattie cardiache (o eventuali famigliari con malattie cardiache):	No
L'atleta ha mai avvertito senso di nausea, svenimento o dolore al petto durante l'allenamento o immediatamente dopo:	Si
Condizione fisica attuale:	Normale
Infortuni lievi o gravi:	No
Sport principale praticato: a. Da quanto tempo b. Con quale frequenza	Crossfit: a. 3 anni b. 5 allenamenti a settimana
Durata media di una sessione di allenamento:	60'
Intento a competere:	No
Livello di competizione:	Nessuna

ALLENAMENTO

CLASSE CROSSFIT

-WARM UP

For 3 round:
20" jumping jack
20" S.H.
10 sit up

-SPECIFIC WARM UP

6 push up
6 front sq empty BB

-SKILL

Pull up
10" having hollow hold 5 scapular pull up
5 swing
3x(2+1) swing+pull up 3-5 pull up

-METCON

Ladder (11-1 (-1))
Time cap 16' pull up
push up front sq

Figure 1: ECG

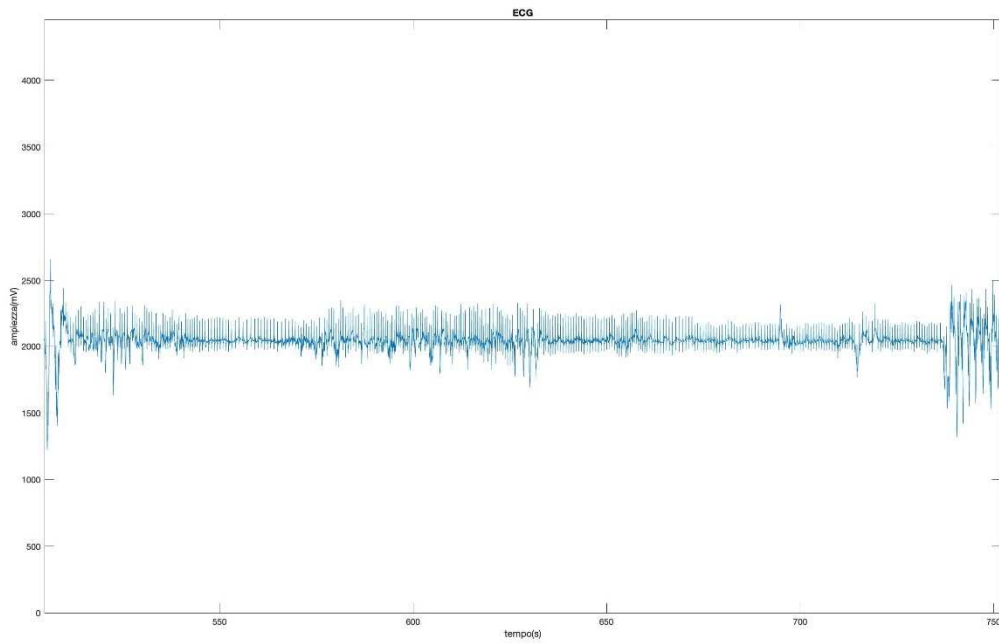


Figura 4.17: Segnale ECG durante l'allenamento

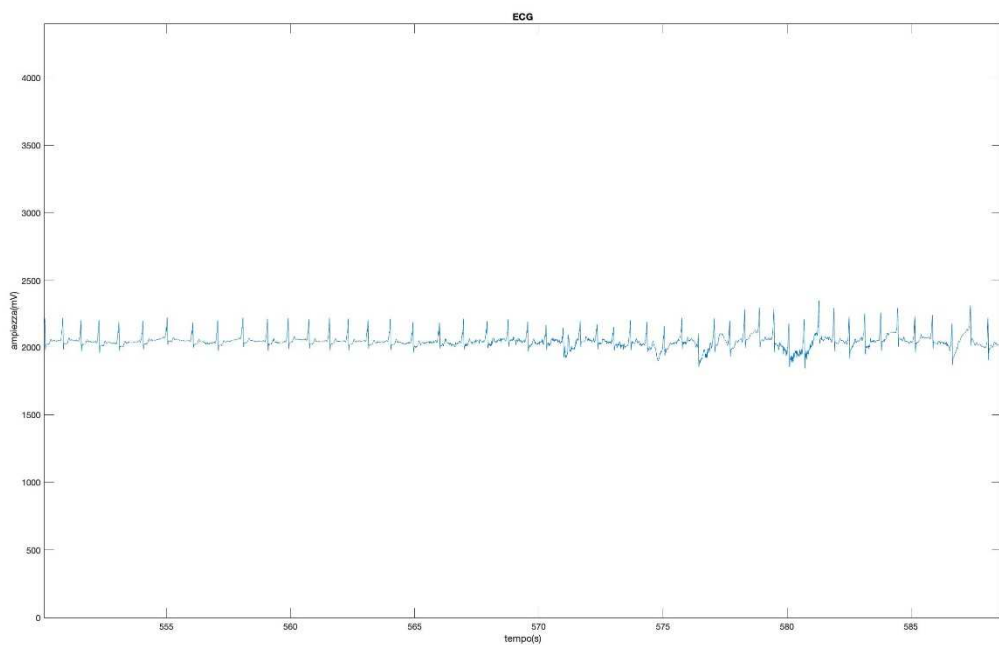


Figura 4.18: (zoom figura 4.17) Segnale ECG durante allenamento

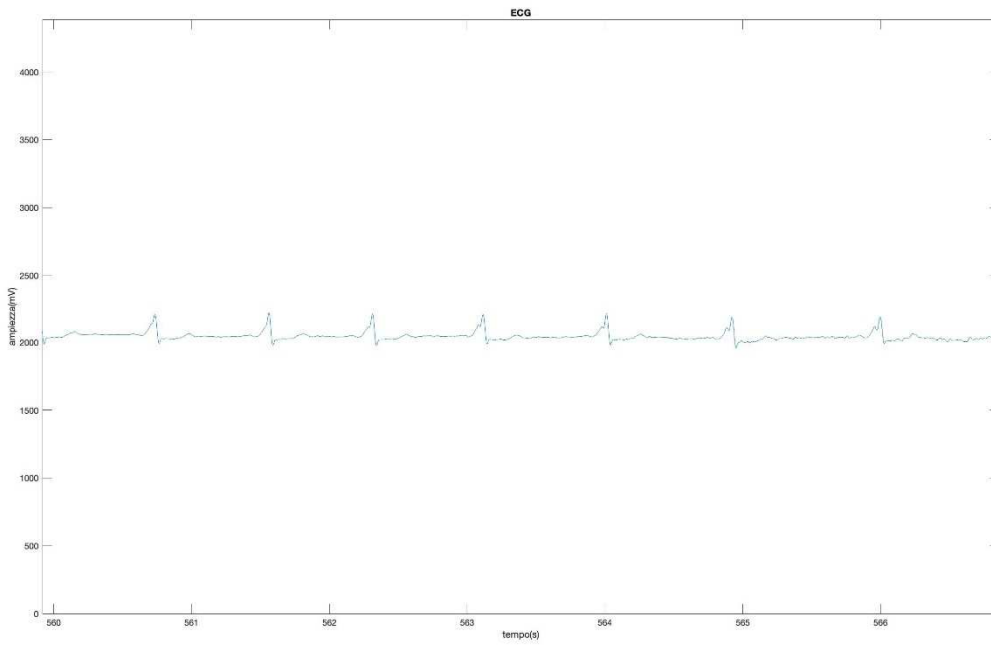


Figura 4.19:(Zoom figura 4.17) Segnale ECG durante l'allenamento

- Figure 2: HR

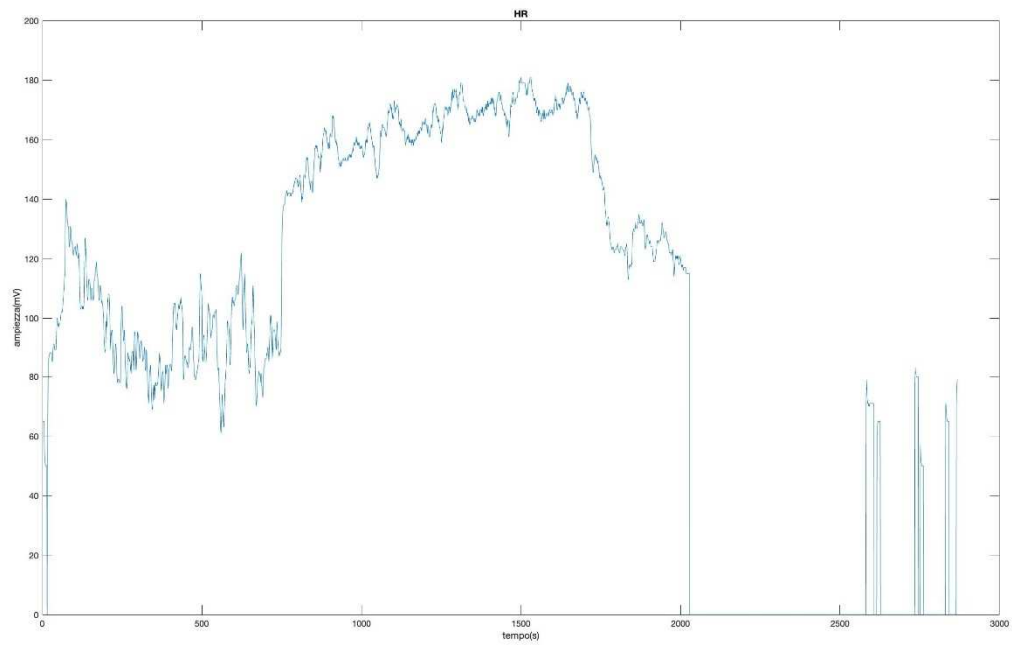


Figura 4.20: HR

ATLETA 5

DATI ANAMNESTICI

ALLENAMENTO

Età:	29
Sesso:	M
Professione:	Dottorando presso università
Altezza:	173cm
Peso:	77kg
Fumatore:	No
Uso di bevande alcoliche:	Occasionalmente
Uso di farmaci:	No
Patologie e disabilità:	No
Malattie respiratorie (o eventuali famigliari con malattie respiratorie):	No
Malattie cardiache (o eventuali famigliari con malattie cardiache):	Si, padre.
L'atleta ha mai avvertito senso di nausea, svenimento o dolore al petto durante l'allenamento o immediatamente dopo:	Si
Condizione fisica attuale:	Normale
Infortuni lievi o gravi:	Rottura LCA dx
Sport principale praticato: c. Da quanto tempo d. Con quale frequenza	Crossfit: c. 3 anni d. 5 allenamenti a settimana
Durata media di una sessione di allenamento:	60'
Intento a competere:	No
Livello di competizione:	Nessuna

Squat 3-5 x 10-12 x 60-65%

Front Squat 2-4 x 10-12 x 60-65%

Stacco dai blocchi 3 x 8 x 65-70%

Figure 1: ECG

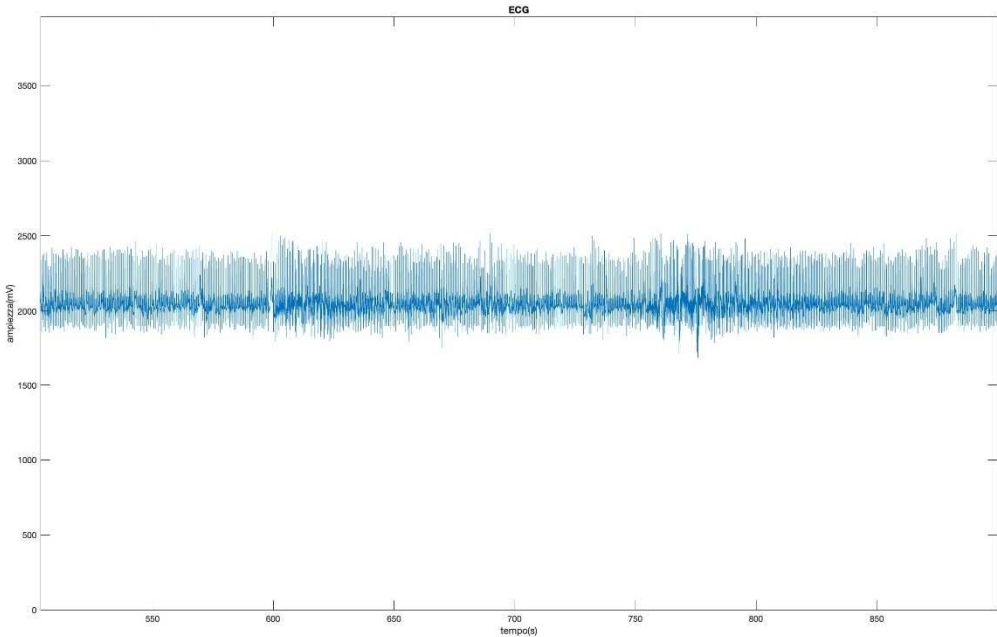


Figura 4.21: Segnale ECG durante l'allenamento

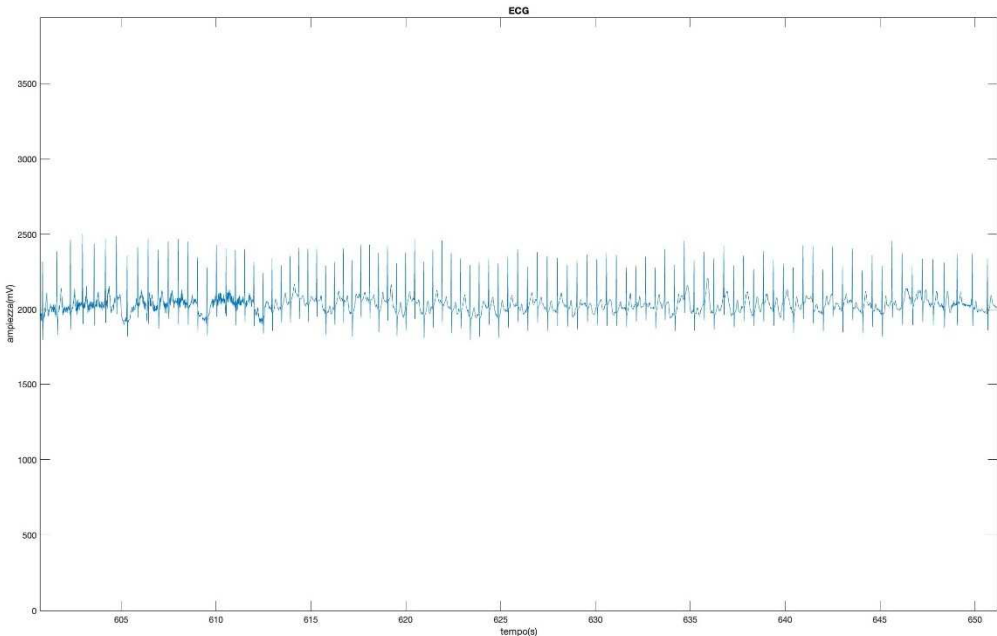


Figura 4.22: (zoom figura 4.21) Segnale ECG durante allenamento

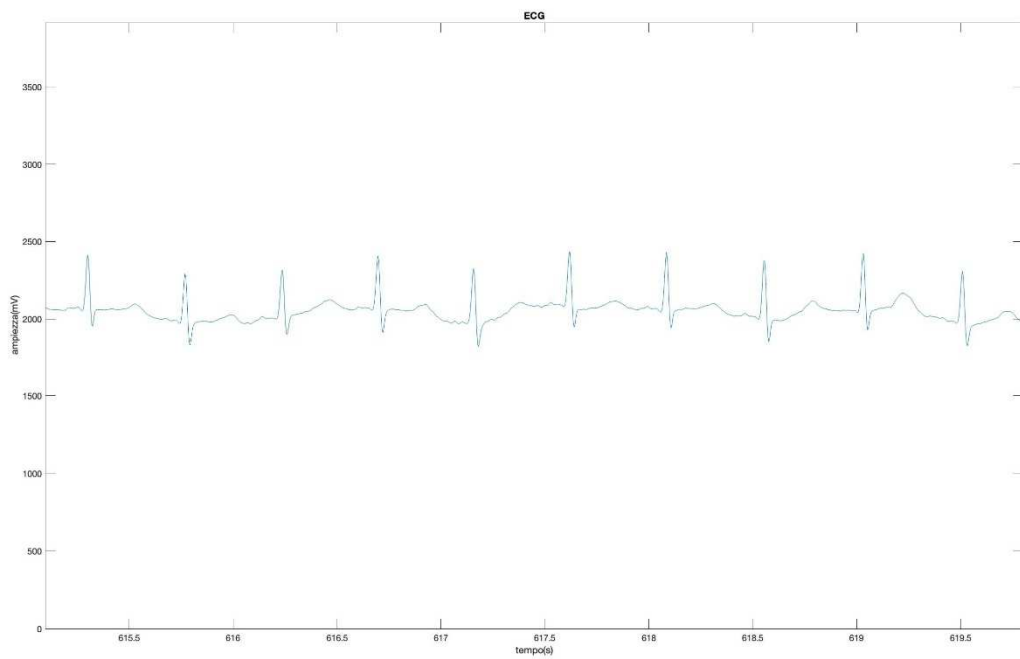


Figura 4.23: (zoom figura 4.22) Segnale ECG durante allenamento

- Figure 2: HR

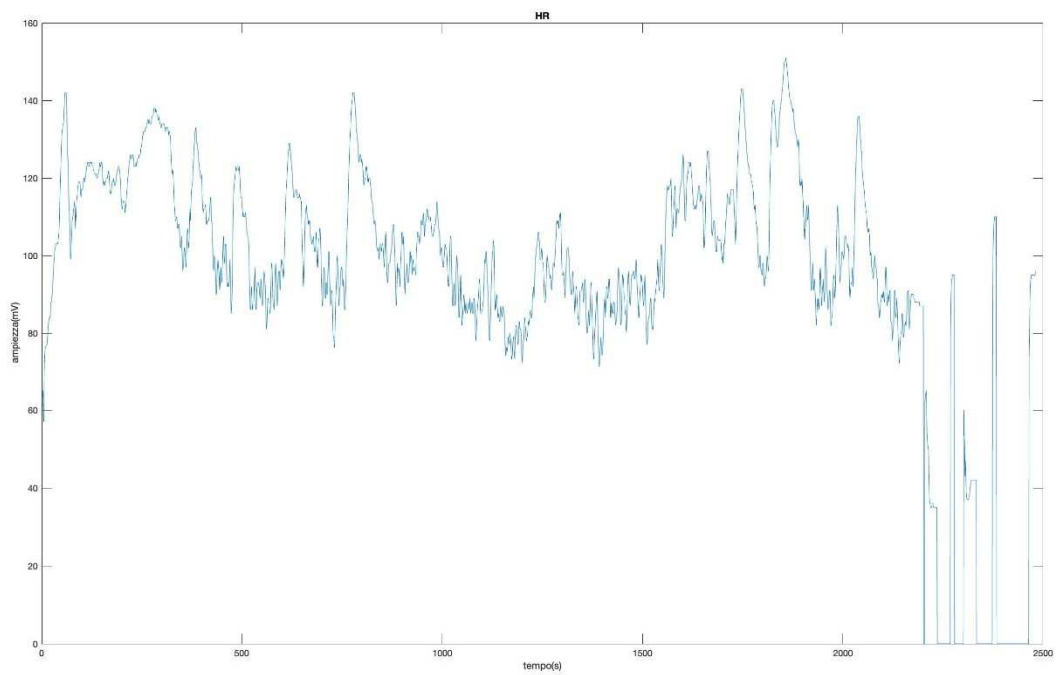


Figura 4.24:HR

ATLETA 6

DATI ANAMNESTICI

ALLENAMENTO

Età:	26
Sesso:	F
Professione:	Impiegata
Altezza:	157cm
Peso:	51kg
Fumatore:	No
Uso di bevande alcoliche:	Occasionalmente
Uso di farmaci:	No
Patologie e disabilità:	No
Malattie respiratorie (o eventuali famigliari con malattie respiratorie):	No
Malattie cardiache (o eventuali famigliari con malattie cardiache):	No
L'atleta ha mai avvertito senso di nausea, svenimento o dolore al petto durante l'allenamento o immediatamente dopo:	Si
Condizione fisica attuale:	Normale
Infortuni lievi o gravi:	No
Sport principale praticato: e. Da quanto tempo f. Con quale frequenza	Crossfit: e. 3 anni f. 3 allenamenti a settimana
Durata media di una sessione di allenamento:	60'
Intento a competere:	No
Livello di competizione:	Nessuna

CLASSE CROSSFIT

TEAM OF 3

METCON 20'

3 round each of:

200mt run 10 wall ball

10 box jump

Every 3 round = +3 rep of wall ball and box jump

Figure 1: ECG

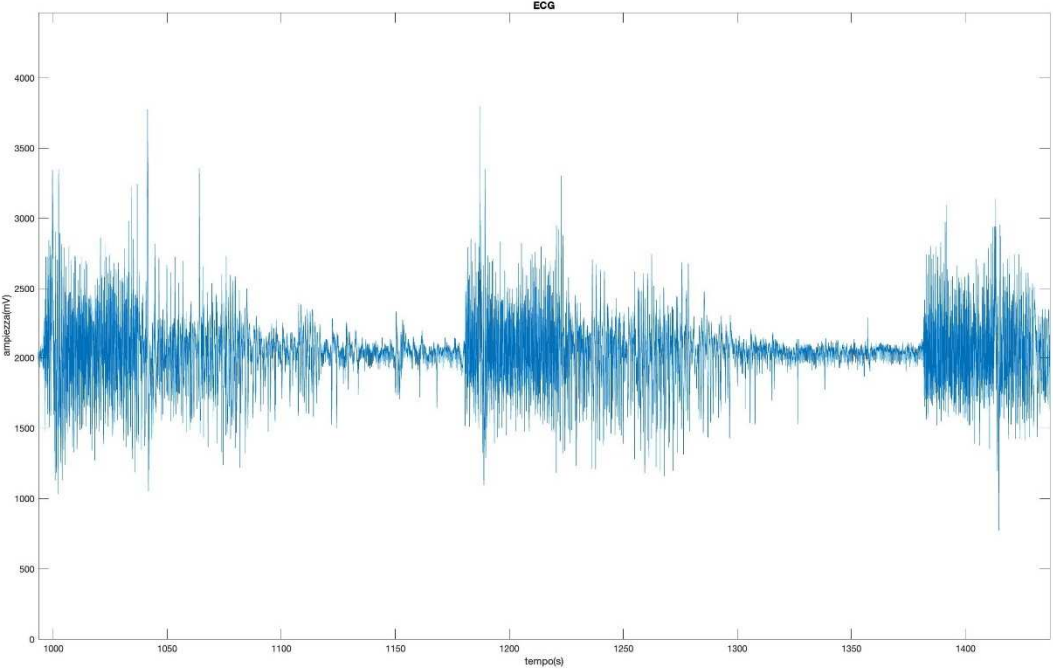


Figura 4.25: Segnale ECG durante l'allenamento

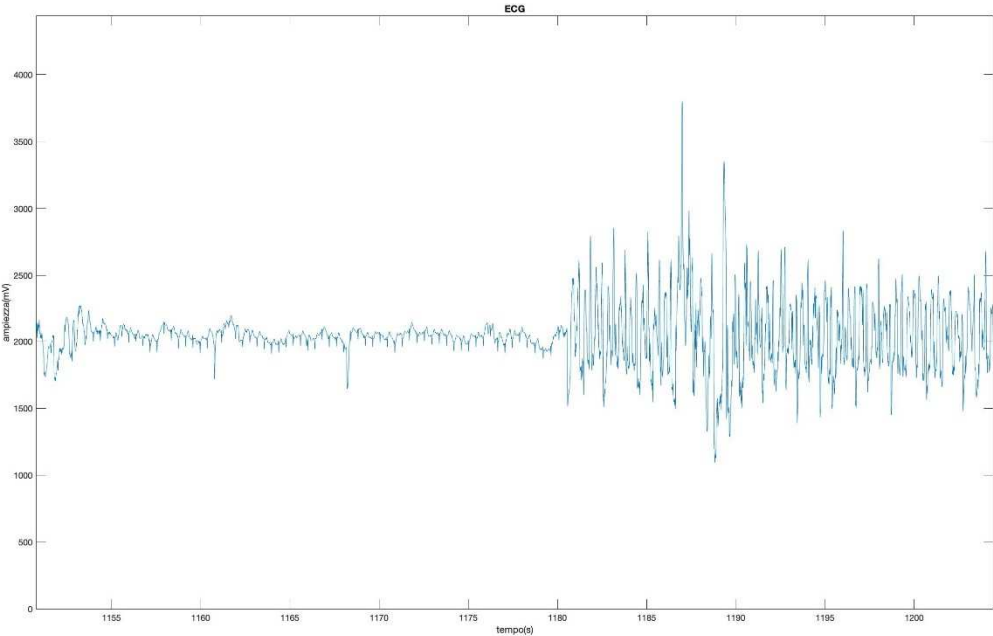


Figura 4.26: (zoom figura 4.25) Segnale ECG durante allenamento

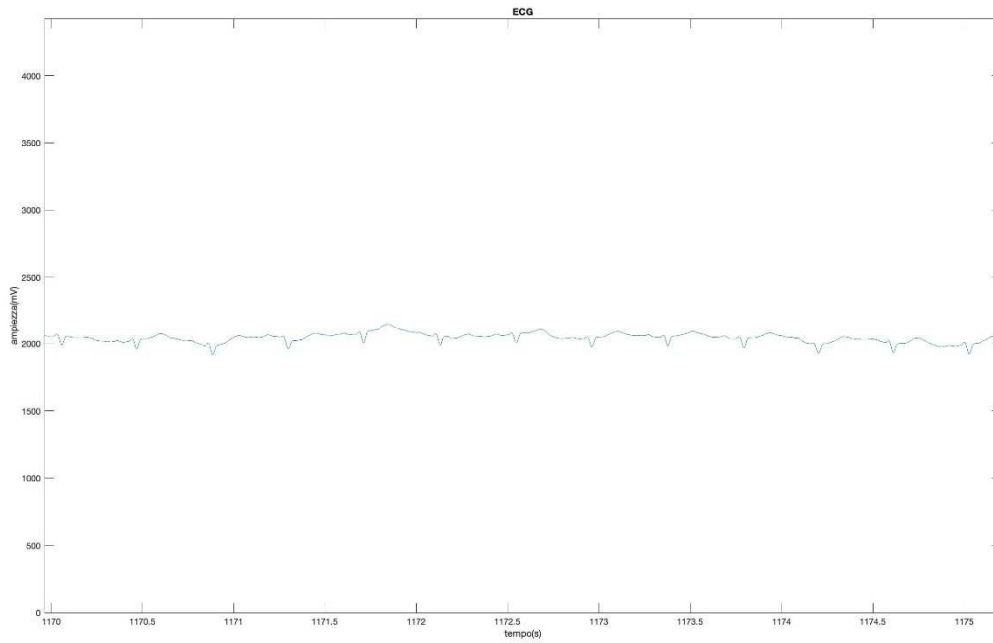


Figura 4.27: (zoom figura 4.26) Segnale ECG durante allenamento

- Figure 2: HR

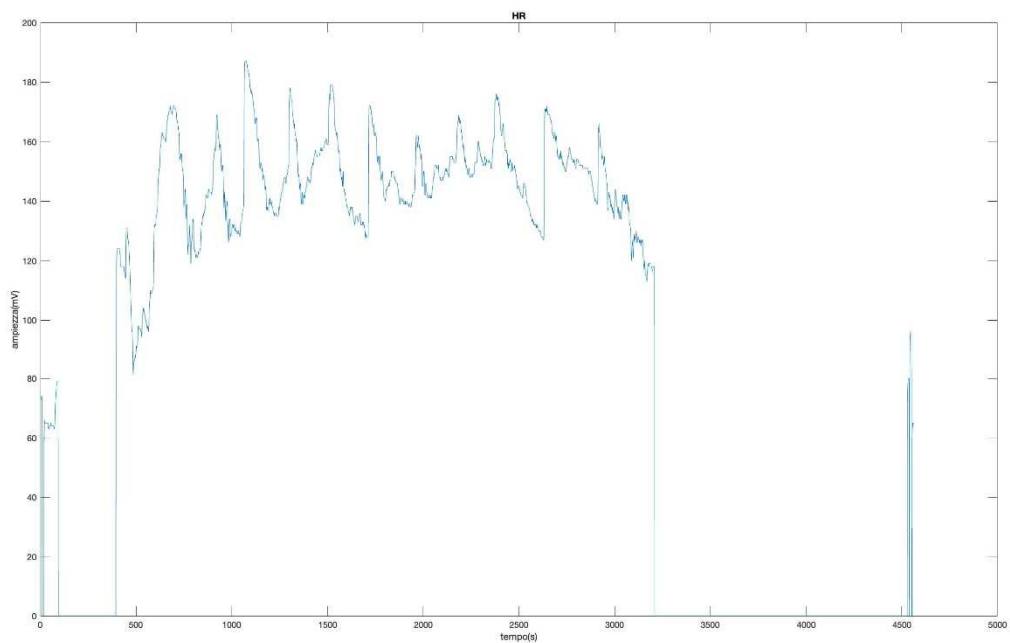


Figura 4.28: HR

ATLETA 7

DATI ANAMNESTICI

Età:	32
Sesso:	M
Professione:	Allenatore sportivo
Altezza:	172 cm
Peso:	78kg
Fumatore:	No
Uso di bevande alcoliche:	Occasionalmente
Uso di farmaci:	No
Patologie e disabilità:	No
Malattie respiratorie (o eventuali famigliari con malattie respiratorie):	No
Malattie cardiache (o eventuali famigliari con malattie cardiache):	No
L'atleta ha mai avvertito senso di nausea, svenimento o dolore al petto durante l'allenamento o immediatamente dopo:	Si
Condizione fisica attuale:	Normale
Infortunati lievi o gravi:	Stabilizzazione colonna vertebrale
Sport principale praticato: g. Da quanto tempo h. Con quale frequenza	Crossfit: g. 4 anni h. 6 allenamenti a settimana
Durata media di una sessione di allenamento:	60'
Intento a competere:	No
Livello di competizione:	Nessuna

ALLENAMENTO

CLASSE CROSSFIT

TEAM OF 3

METCON 20'

3 round each of:

200mt run 10 wall ball

10 box jump

Every 3 round = +3 rep of wall ball and box jump

Figure 1: ECG

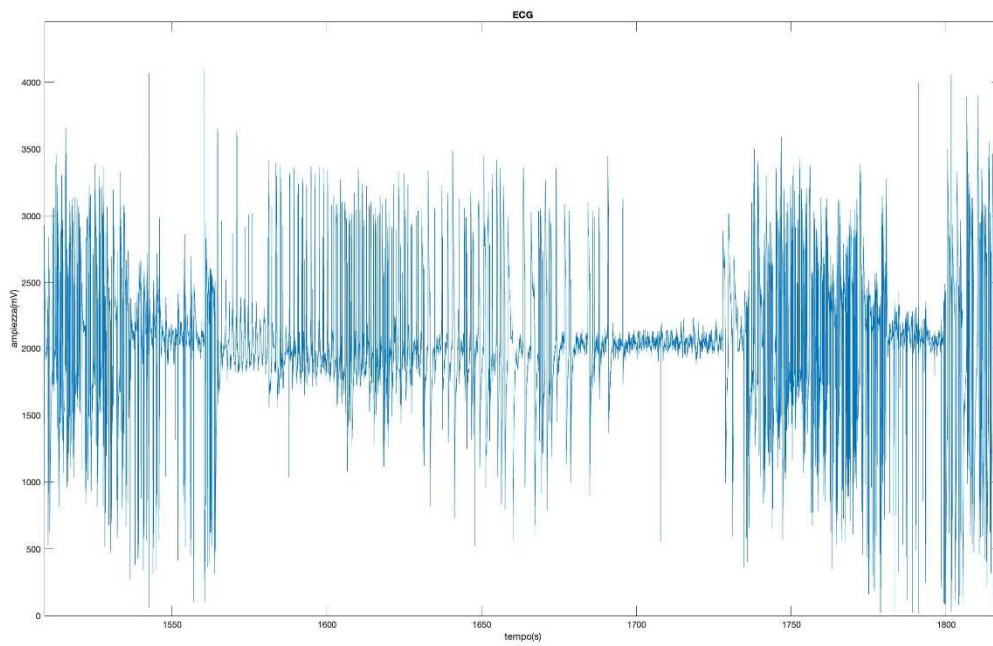


Figura 4.29: Segnale ECG durante l'allenamento

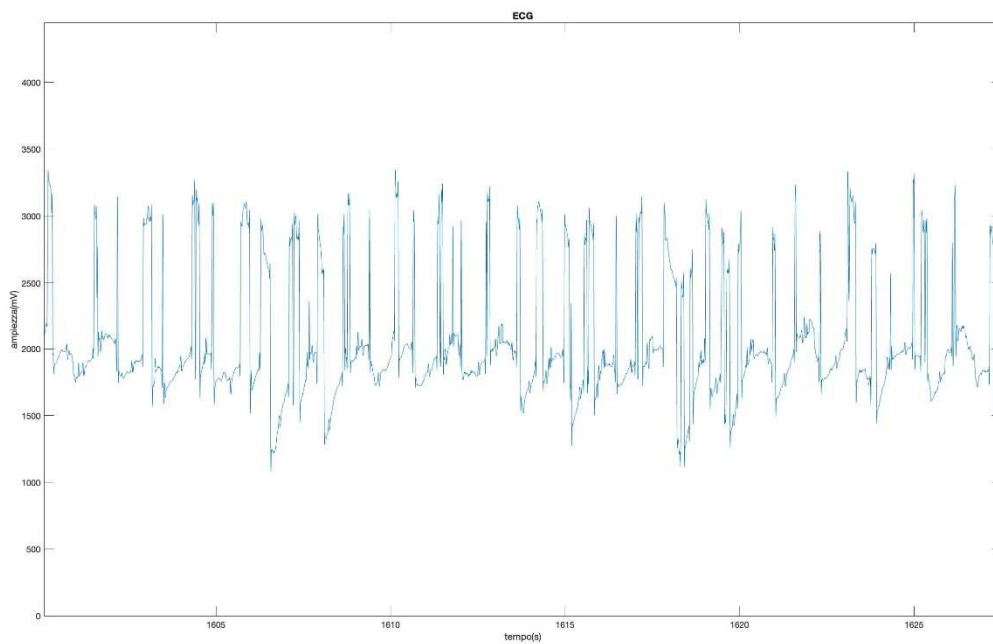


Figura 4.30: (zoom figura 4.29) Segnale ECG durante allenamento

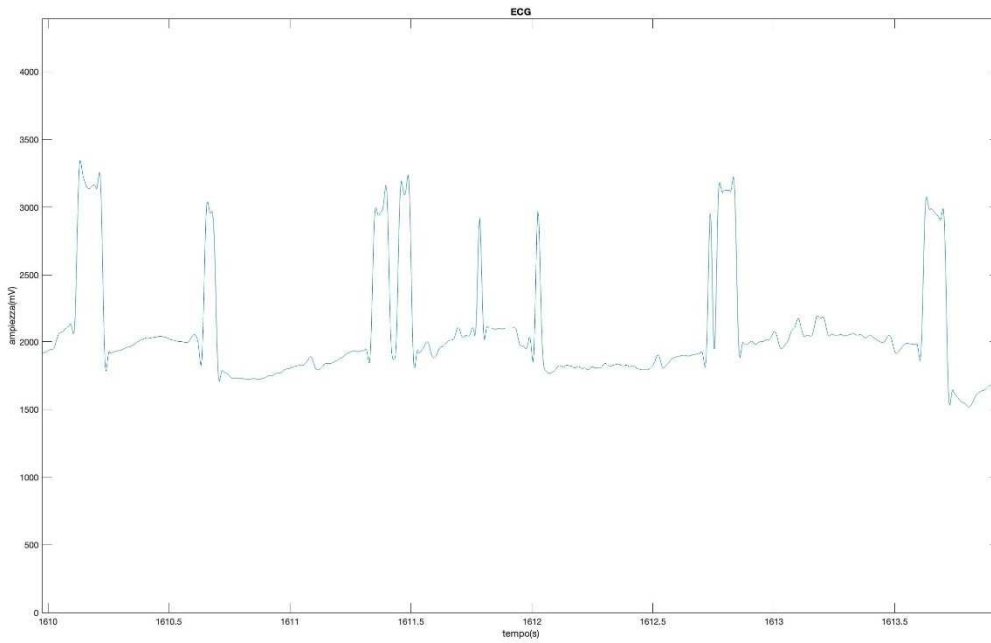


Figura 4.31: (zoom figura 4.30) Segnale ECG durante allenamento

Figure 2: HR

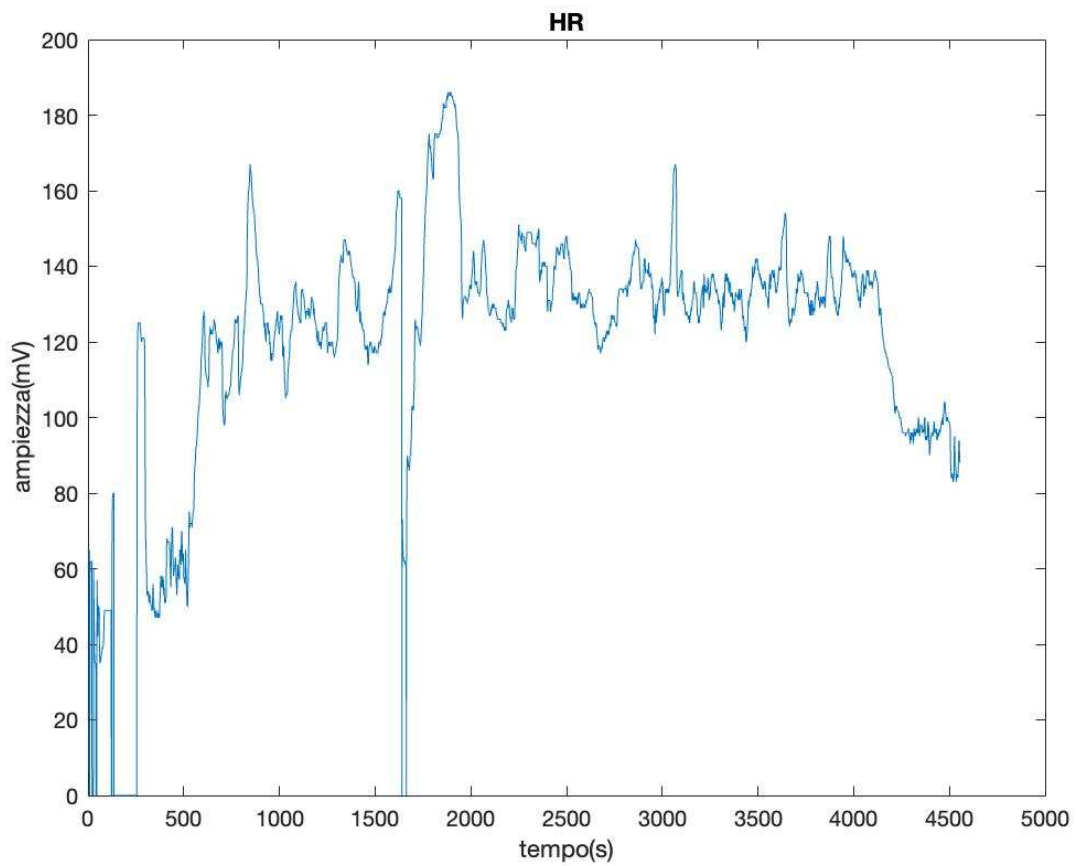


Figura 4.32: HR

5. CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha avuto lo scopo di monitorare il segnale elettrocardiografico di atleti di Crossfit al fine di prevenire patologie cardiovascolari che potrebbero emergere nel corso dell'allenamento, causando l'improvvisa morte cardiaca dell'atleta.

È stato scelto tale sport in quanto il Crossfit include una preparazione interdisciplinare, con diversi livelli e adatto a diverse età, classi sociali e stili di vita. Un altro fattore, che ha pesato nella scelta di questo sport come oggetto di analisi, è legato alla circostanza che il Crossfit è un'attività relativamente recente, apparsa nelle palestre solo da alcuni anni e, di conseguenza, rare e necessarie di approfondimento risultano essere le attività di monitoraggio sin qui effettuate. Non esistono, quindi, molte pubblicazioni della specie o serie storiche di dati particolarmente complete.

È importante sottolineare, dunque, il grado sperimentale del presente lavoro, che si basa su acquisizioni di dati direttamente sul campo, in tutt'uno con l'attività fisica studiata.

Lo studio è stato effettuato estraendo i diversi segnali ECG e HR e successivamente, elaborandoli definendo un codice di plottaggio attraverso il software "Matlab"; tale codice ha permesso di riportare i dati estratti sull'asse dei tempi.

In definitiva, si è cercato di mettere a disposizione degli studiosi dati empirici sul Crossfit che, come già detto, è uno sport relativamente nuovo e, di conseguenza, al momento scarsamente approfondito.

Un ulteriore scopo che si è voluto raggiungere con lo studio in discorso è quello di poter attuare una prevenzione efficace contro le morti improvvise dell'atleta, essendo il Crossfit uno sport ad alta intensità.

Infine, si ritiene che grazie ai risultati qui rappresentati, si possano fornire importanti spunti di analisi e riflessione per migliorare la performance degli atleti interessati.

6. RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento speciale va a Davide Marini, amico, coach di Crossfit e proprietario del box "Functional Lab", per avermi dato la possibilità di effettuare le acquisizioni all'interno della sua palestra.

Grazie agli atleti Davide Marini, Matteo Pignocchi, Giulia Nicosia, Sofia Baleani, Raffaele Polonara, Lorenzo Camponi, che pazientemente e con entusiasmo hanno acconsentito di essere monitorati durante il loro allenamento.

Ringrazio il mio relatore, la Prof. Laura Burattini e il mio correlatore la Dott. Agnese Sbröllini per la sua gentilezza e il suo supporto ai fini delle acquisizioni e alla stesura di questa tesi.

Bibliografia e Sitografia

- [1] Guyton Arthur C. e Hall John E., Fisiologia medica, Edises, 2002.
- [2] Costantini M., L'elettrocardiogramma - dalle basi fisiologiche alla facile interpretazione, 3^a ed., McGraw-Hill Italia, 2012,
- [3] <https://www.humanitas.it/enciclopedia/anatomia/apparato-cardiocircolatorio/cuore/>
- [4] Saladin Kenneth S., Anatomia Umana, Ed. Piccin
- [5] <https://www.crossfit.com> > level 1
- [6] <https://www.mycrosslife.it>
- [7] <https://www.treccani.it/enciclopedia/cuore/>
- [8] <https://www.projectinvictus.it/crossfit-parere/>, 27 ottobre 2014
- [9] Autori Vari, "CrossFit Guide", CrossFit, Inc
- [10] Johnstone JA, Ford PA, Hughes G, Watson T, ACS M, Garrett AT. Affidabilità e validità sul campo del dispositivo di monitoraggio multivariabile bioharness™. J Sport Sci Med. 2012;11:643–52.
- [11] Johnstone JA, Ford PA, Hughes G, Watson T, Garrett AT. Dispositivo di monitoraggio multivariabile Bioharness™: parte II: affidabilità. J Sport Sci Med. 2012b;11(3):409–17.
- [12] Bianchi W, Freyer-Dugas A, Hsieh YH, Saheed M, Hill P, Lindauer C, Terzis A, Rothman RE. Rivitalizzazione di un segno vitale: miglioramento del rilevamento della tachipnea al triage primario. Ann Emerg Med. 2013;
- [13] Yang C, Hsu Y. Una rassegna di rilevatori di movimento indossabili basati sull'accelerometria per il monitoraggio dell'attività fisica. Sensori. 2010
- [14] Collier R, Randolph AB. Tecnologie indossabili per l'innovazione sanitaria. Hilton Head Island: Atti della Southern Association for Information Systems Conference; 2015.
- [15] Tecnologia Zephyr. Manuale dell'utente di BioHarness 3.0Manuale dell'utente di BioHarness 3.0. Estratto dal 2012. <https://www.zephyranywhere.com/resources/omnisense-software> . Accesso a febbraio 2018.
- [16] Daanen HAM, Lamberts RP, Kallen VL, Jin A, Van Meeteren NLU. Una revisione sistematica sul recupero della frequenza cardiaca per monitorare i cambiamenti nello stato di allenamento negli atleti. Int J Sports Physiol Perform. 2012

[17] Brage S, Westgate K, Franks PW, Stegle O, Wright A, Ekelund U, Wareham NJ. Stima del dispendio energetico per la vita libera in base alla frequenza cardiaca e al rilevamento del movimento: uno studio sull'acqua a doppia etichetta. PLoS uno. 2015

[18] https://www.omronhealthcare.it/it/elettrocardiogrammi/kardiamobile_6l.html