



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA**  
**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE A CICLO UNICO**  
**IN MEDICINA E CHIRURGIA**

**Dipartimento di Medicina**

**Direttore: Ch.mo Prof. Paolo Simioni**

**U.O.C. Medicina dello Sport e dell'Esercizio**

**Direttore: Ch.mo Prof. Andrea Ermolao**

**TESI DI LAUREA**

**Il ruolo della sessione di esercizio nell'ECG-HOLTER delle 24h  
nella valutazione cardiologica per il giudizio di idoneità allo sport  
agonistico**

Relatore: Prof. Andrea Ermolao

Correlatore: Dott. Marco Vecchiato

Laureando: Pietro Di Giulio

**Anno Accademico: 2023/2024**



# INDICE

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>1</b>
<b>RIASSUNTO.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>1. PRE-PARTICIPATION SCREENING.....</b>	<b>5</b>
1.1 Visita medico sportiva agonistica in Italia .....	6
1.2 Exercise-Stress Test.....	8
1.3 Ecocardiogramma .....	11
1.4 Holter-ECG.....	15
1.5 Risonanza magnetica cardiaca .....	18
<b>2. ESERCIZIO FISICO .....</b>	<b>20</b>
2.1 Intensità di esercizio .....	20
<b>3. ARITMIE .....</b>	<b>24</b>
3.1 Aritmie sopraventricolari.....	25
3.2 Aritmie ventricolari .....	27
3.3 Indicazioni per la classificazione delle aritmie negli atleti.....	30
<b>SCOPO DELLO STUDIO .....</b>	<b>33</b>
<b>MATERIALI E METODI .....</b>	<b>35</b>
<b>1. INDAGINI EFFETTUATE .....</b>	<b>35</b>
<b>2. ANALISI STATISTICA.....</b>	<b>36</b>
<b>RISULTATI.....</b>	<b>37</b>
<b>DISCUSSIONE .....</b>	<b>46</b>
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>55</b>

## ABSTRACT

**Background:** The 24-hour Holter-ECG represents one of the second-level investigations in the cardiological evaluation of an athlete during pre-participation screening. This test is used when there are concerns about the athlete's cardiovascular health during the medical history or physical examination, or when abnormalities are detected in the first-level tests included in the sports medical examination, such as the resting ECG and the exercise stress test (EST).

**Aim of study:** The study introduced in this thesis aims to evaluate the usefulness of including a vigorous/high-intensity exercise session during 24-hour Holter-ECG monitoring to verify the reproducibility of events observed during the exercise stress test (EST), which had triggered the request for further investigations, and to assess the importance of the exercise phase in the context of a potential clinical diagnosis.

**Materials and methods:** For the purpose of the study, data from the exercise stress test (EST), 24-hour Holter-ECG, and echocardiography of 235 athletes, aged between 9 and 65 years, who underwent a medical examination for competitive sports fitness at the UOC of Sports and Exercise Medicine at the Padua Hospital between 2020 and 2023, were analyzed. The collected anamnesis and clinical data were organized into a database and subsequently processed using statistical software, focusing on the reproducibility of arrhythmic events between the EST and Holter during the exercise session, and the correlation of these with any pathology identified at the conclusion of the diagnostic process

**Results:** The collected data shows that during Holter monitoring, 176 athletes experienced PVCs (Premature Ventricular Contractions) while 192 had PACs (Premature Atrial Contractions). Of these, 97 exhibited PVCs during the exercise session, demonstrating a reproducibility rate with the EST in 65% of cases. Next, the phase of monitoring (rest, exercise, and recovery) in which the highest number of PVCs and PACs occurred in the various athletes was observed. It was found that 86 athletes had proportionally more PVCs (adjusted for time) during exercise, 46 during rest, and 44 during recovery. As for PACs, the situation was different, with 85 athletes recording more PACs during rest, 82 during exercise, and 25 during

recovery. The time of highest proportion of PVCs and PACs was then analyzed in relation to the 44 clinical diagnoses identified. Of these 44 athletes with a final diagnosis, 9 had more PVCs during rest, 15 during exercise, and 11 during recovery, while 9 did not present PVCs. For PACs, the situation was reversed: of the 44 athletes with a pathology, 17 showed more PACs/hour during rest, 14 during exercise, 2 during recovery, and 11 did not have supraventricular arrhythmias. It is important to highlight that among the 26 who had more PVCs during exercise or recovery, 6 pathologies such as non-ischemic scar (5) and arrhythmogenic cardiomyopathy (1) were found, which predominantly cause exercise-induced arrhythmias.

**Conclusions:** The study proposed in this thesis demonstrates how including an exercise session during 24-hour Holter monitoring is crucial in the context of cardiological evaluation for competitive sports fitness. Firstly, the exercise session allows the reproduction of the PVCs and PACs detected during the EST, enabling confirmation or resolution of any doubts regarding the nature of these arrhythmias, while also considering their distribution across the various phases (rest, exercise, recovery) over the 24-hour period. Furthermore, as observed in this study, there are conditions, such as non-ischemic scar of the left ventricle, arrhythmogenic cardiomyopathy, or catecholaminergic polymorphic ventricular tachycardia, which are silent on echocardiography but cause malignant arrhythmias only during exercise. Without the inclusion of an exercise session, no abnormalities or PVCs would be detected in these athletes during Holter monitoring, and the diagnostic process would not proceed to third-level assessments, thus missing these diagnoses.

## RIASSUNTO

**Presupposti dello studio:** L'Holter-ECG delle 24h rappresenta una delle indagini di secondo livello nella valutazione cardiologica di un atleta nel contesto del giudizio per l'idoneità allo sport agonistico. Tale accertamento viene utilizzato nel momento in cui emergano dei sospetti per la salute cardiovascolare dell'atleta durante anamnesi o esame obiettivo, oppure quando vengono riscontrate delle anomalie nelle indagini di primo livello comprese nella visita medico-sportiva ovvero ECG basale e EST.

**Scopo dello studio:** Lo studio introdotto in questa tesi si propone ragionare sull'utilità di comprendere una sessione di esercizio fisico di intensità vigorosa/alta durante il monitoraggio Holter-ECG delle 24h per verificare la riproducibilità degli eventi riscontrati all'EST, che avevano innescato la richiesta di ulteriori accertamenti, e l'importanza della fase di esercizio nell'ottica di un eventuale diagnosi clinica.

**Materiali e metodi:** Per la realizzazione dello studio sono stati esaminati i dati relativi all'EST, all'Holter-ECG 24h e dell'ecocardiografia di 235 atleti, di un'età compresa tra i 9 e i 65 anni, che hanno svolto la visita medica per l'idoneità sportiva agonistica presso l'UOC di Medicina dello Sport e dell'Esercizio dell'Azienda ospedaliera di Padova tra il 2020 e il 2023. I dati anamnestici e clinici raccolti sono stati organizzati in un database e successivamente elaborati attraverso programmi di statistica focalizzandosi sulla riproducibilità degli eventi aritmici tra EST e Holter durante la sessione di esercizio e la correlazione di questi con un'eventuale patologia riscontrata al termine dell'iter diagnostico.

**Risultati:** Dai dati raccolti si vede come durante la registrazione Holter 176 atleti hanno presentato BEV mentre 192 hanno avuto BESV. 97 di questi hanno avuto BEV durante la sessione di esercizio attestando una riproducibilità con l'EST nel 65% dei casi. Successivamente è stato osservato la fase della registrazione (riposo, esercizio e recupero) in cui si erano verificati il maggior numero di BEV e BESV nei vari atleti. È emerso che 86 pazienti hanno avuto in proporzione più BEV (rapportati per l'unità di tempo) durante l'esercizio, in 46 durante riposo e in 44 nel recupero. Per quanto riguarda i BESV la situazione era diversa, con 85 atleti che avevano registrato più BESV durante il riposo, 82 nella fase di esercizio e 25 nel

recupero. Il momento con più BEV e BESV in proporzione è stato analizzato in relazione alle 44 diagnosi cliniche riscontrate. Di questi 44 atleti per i quali si è giunti ad una diagnosi finale 9 hanno avuto più BEV durante il riposo, 15 durante l'esercizio e 11 nel recupero, mentre 9 non avevano presentato BEV. Per i BESV la situazione si capovolge, dei 44 patologici 17 atleti avevano presentato più BESV/h nel riposo, 14 durante esercizio, 2 nel recupero e 11 non avevano avuto aritmie sopraventricolari. Importante evidenziare che tra i 26 che avevano registrato più BEV durante esercizio o recupero ritroviamo 6 casi di patologie come la cicatrice non ischemica (5) e la cardiomiopatia aritmogena (1) le quali provocano aritmie principalmente da sforzo.

**Conclusioni:** Lo studio proposto in questa tesi mostra come includere una sessione di esercizio durante la registrazione Holter delle 24h sia molto importante nell'ambito della valutazione cardiologica per l'idoneità allo sport agonistico. In primo luogo, la sessione di esercizio permette di riprodurre i BEV e BESV rilevati all'EST consentendo di confermare o togliere eventuali dubbi sulla natura di queste aritmie, anche considerando la loro distribuzione nelle varie fasi (riposo, esercizio, recupero) nell'arco delle 24h. Inoltre, come si è verificato anche in questo studio, ci sono patologie, quali cicatrice non ischemica del VS, cardiomiopatia aritmogena o tachicardia ventricolare catecolaminergica, silenti all'ecocardiografia che provocano aritmie maligne, solamente durante lo sforzo. Senza la presenza di una sessione di esercizio, in questi atleti, non sarebbero state riscontrate anomalie o BEV nella registrazione Holter e l'iter diagnostico non sarebbe andato avanti con accertamenti di terzo livello, mancando di conseguenza queste diagnosi.

## INTRODUZIONE

### 1. Pre-participation screening

Il giudizio di idoneità sportiva, o nel mondo anglosassone pre-participation screening, rappresenta una valutazione medica, eseguita attraverso un'analisi clinica e con l'utilizzo di esami strumentali, atta a stabilire l'idoneità fisico-clinica di una persona allo svolgimento di una determinata attività sportiva, soprattutto a livello agonistico. L'obiettivo che si pone è identificare precocemente condizioni di salute pericolose per lo svolgimento di attività fisica riuscendo a prevenire l'avvento di incidenti e complicanze, soprattutto di natura cardiologica e polmonare, che potrebbero verificarsi durante le sedute di esercizio previste nei vari sport.

Nonostante sia universalmente riconosciuta e avvalorata da vari studi la necessità di uno screening prima dello svolgimento di attività sportiva, in particolare agonistica, non esiste un protocollo comune e sono presenti differenze a riguardo tra le varie nazioni.

Le linee guida europee infatti raccomandano di eseguire un elettrocardiogramma (ECG) a riposo a 12 derivazioni, e le linee guida italiane prevedono anche un test da sforzo obbligatorio come screening iniziale per gli atleti agonisti, mentre negli Stati Uniti, come indicato dall' American Heart Association (AHA) non è presente uno screening nazionale sistematico basato sull'ECG a riposo per gli atleti.(1)

L'aggiornamento dell'AHA sul pre-participation screening continua infatti a raccomandare il tradizionale protocollo basato su anamnesi ed esame obiettivo. È concorde, comunque, sul fatto che indagini aggiuntive devono essere effettuate per i pazienti sintomatici (dolore toracico, dispnea da sforzo, palpitazioni) o ad alto rischio cardiovascolare. In realtà il documento, pur riconoscendone il valore aggiunto, conclude che tale screening non è praticabile nel sistema statunitense a causa delle complessità logistiche, della manodopera e delle risorse finanziarie necessarie per tale programma di screening a livello nazionale. (2)

Importante sottolineare come i dati attuali si schierino a favore delle linee guida europee sostenendo di adottare un protocollo di screening che comprenda l'ECG, unico strumento dimostratosi essere realmente efficace. Di conseguenza, l'ECG nella valutazione dell'idoneità sportiva per i giovani atleti agonisti è raccomandato dall'ESC, dal Comitato Olimpico Internazionale (nelle raccomandazioni di



Losanna) e dalla maggior parte delle Società Cardiologiche Europee e Federazioni Mediche Sportive. (3)

### **1.1 Visita medico sportiva agonistica in Italia**

L'Italia è internazionalmente riconosciuta come nazione all'avanguardia per quanto riguarda programmi per la tutela sanitaria di persone che praticano attività sportiva.(4) Rappresenta infatti l'unico paese al mondo dove la legge impone che gli atleti impegnati in attività sportive competitive debbano sottoporsi a una valutazione clinica per ottenere l'idoneità. Si tratta di programmi di screening basati essenzialmente sull'ECG e sul Test da sforzo per quanto riguarda le attività di tipo agonistico.(3) L'atleta agonista viene definito dall'American Heart Association (AHA) e altre organizzazioni come una persona coinvolta in un allenamento regolare (di solito intenso) in sport individuali o di squadra, con un'enfasi sulla partecipazione a competizioni e sulle prestazioni. Esistono classificazioni, in parte arbitrarie poiché possono esserci importanti differenze tra sport individuali (es corsa e ciclismo) e sport di squadra, che propongono una distinzione tra le varie categorie di atleti (amatoriali, agonisti e professionisti) basata sul numero di ore di esercizio settimanali, considerando un'atleta agonista nel momento in cui le sedute di esercizio superano le 6 ore alla settimana, un atleta amatore ne svolge 4 mentre il professionista supera le 10 ore settimanali. Similmente l'ESC senza addentrarsi nella distinzione tra agonismo e professionismo definisce un'atleta come: "un individuo di età giovane o adulta, sia amatoriale che professionista, che pratica regolarmente esercizio fisico e partecipa a competizioni sportive ufficiali". (5)In Italia la visita medico sportiva agonistica è regolamentata dal Decreto del Ministero della Sanità del 18 febbraio 1982 e viene eseguita da un medico specializzato in medicina dello sport, che ha completato 4 anni di formazione a tempo pieno con una preparazione approfondita nell'interpretazione dell'ECG. La visita sempre secondo le indicazioni presenti nel Decreto deve prevedere per tutti gli sport:

- anamnesi;
- determinazione del peso corporeo (in Kg) e della statura (in cm)
- esame obiettivo, con particolare riguardo agli organi ed apparati specificamente impegnati nello sport praticato
- esame generico dell'acuità visiva attraverso tabella di Snellen
- esame del senso cromatico (solo per gli sport motoristici)

- rilievo indicativo della percezione della voce sussurrata a m. 4 di distanza, quando non è previsto l'esame specialistico ORL
- ECG a riposo a 12 derivazioni
- esame delle urine con dipstick

Per le attività sportive a maggior impegno cardiovascolare, raggruppate all'interno del decreto come sport di gruppo B, la visita si completa con:

- Test da sforzo con ECG, con valutazione della tolleranza allo sforzo mediante IRI (indice di recupero immediato)
- esame spirometrico, il quale a sua volta deve comprendere il rilievo dei seguenti parametri: capacità vitale (CV), volume respiratorio massimo al secondo (VEMS), indice di Tiffeneau, massima ventilazione volontaria (MVV) (6)

Approfondendo singolarmente le diverse fasi, l'anamnesi è incentrata su aspetti come la storia familiare, lo stile di vita (inclusi livello e ore di allenamento, fumo, consumo di alcol, ecc.), anamnesi farmacologica, la storia medica pregressa e eventuale presenza di sintomatologia cardiaca quali dolore toracico, difficoltà respiratorie, palpitazioni e sincope.

L'esame obiettivo comprende una valutazione generale con una particolare attenzione al sistema cardiaco, polmonare e addominale. Viene eseguito un test di flessione per rilevare eventuali segni di scoliosi e si procede con la misurazione di peso, altezza e pressione sanguigna.

L'ECG a riposo, registrato a 12 derivazioni, si esegue prima del test da sforzo con l'atleta supino, utilizzando una velocità standard di 25 mm/s e interpretato in base alle linee guida internazionali per l'interpretazione dell'ECG negli atleti.

Per quanto riguarda il Test da sforzo il protocollo varia a seconda dell'età degli atleti, basandosi anche sulla diversa incidenza di malattie cardiovascolari a rischio, come i disturbi aritmogeni ereditari nei giovani atleti e la malattia coronarica nei più anziani. I giovani atleti agonisti, di età inferiore ai 35 anni, eseguono un test da sforzo su bicicletta con un carico costante, incrementando di 2 o 3 W/kg (in base al sesso) ogni 3 minuti, o fino a superare l'85% della frequenza cardiaca massima, seguito da un monitoraggio di 3 minuti dopo l'esercizio, per individuare eventuali aritmie ventricolari.(7) Gli atleti con 35 anni o più, affrontavano un test da sforzo massimale con un protocollo incrementale, che aumentava di 50 W ogni 2 minuti

fino a esaurimento, seguito da 6 minuti di recupero, con particolare attenzione all'ischemia miocardica e alle aritmie provocate dall'esercizio. (8) (9)

Al termine della visita il medico certificatore può valutare l'atleta come: idoneo, non idoneo o temporaneamente non idoneo (in attesa di accertamenti ulteriori).

Nel caso venisse rilasciata l'idoneità questa presenta un valore annuale, tranne per alcuni sport, ben elencati all'interno del decreto, per il quale può essere biennale.

La visita medico sportiva viene considerata come una valutazione di prima linea, la quale può essere integrata con ulteriori indagini, di secondo o anche terzo livello, nel momento in cui il medico certificatore avesse dei dubbi nel rilasciare l'idoneità.

In particolare, in presenza di alterazioni di incerta pericolosità al tracciato elettrocardiografico o nel sospetto in seguito alla visita di una malattia cardiovascolare, si procede con indagini di seconda linea che prevedono il monitoraggio ECG-HOLTER delle 24h e l'ecocardiografia.

Solo in casi specifici o dopo il rilevamento di ulteriori reperti diagnostici si passa alla terza linea di valutazione effettuando indagini più invasive come Risonanza Magnetica Cardiaca o un'AngioTC coronarica. (8)

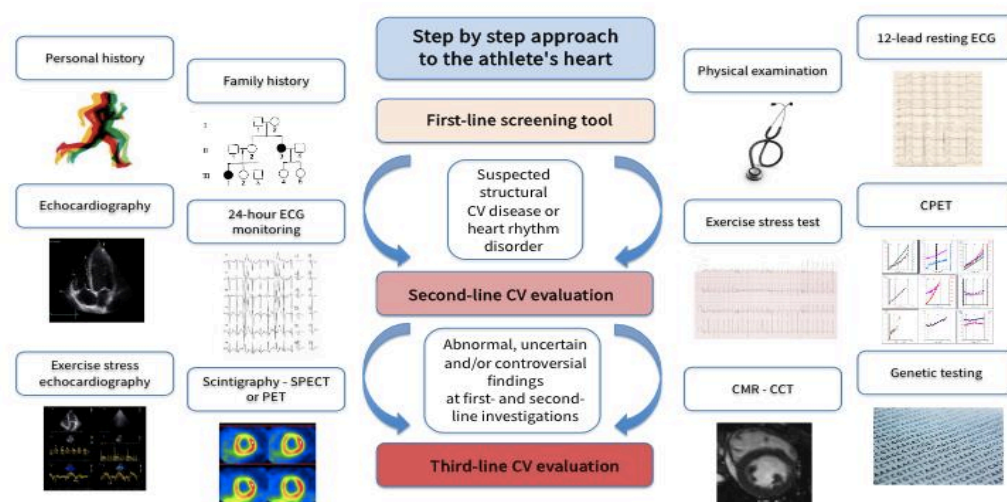


Figura 1 L'approccio step-by-step nella valutazione cardiologica di un atleta (1)

## 1.2 Exercise-Stress Test

L'Exercise-Stress Test (EST) o Test da sforzo può essere considerato la migliore indagine funzionale per lo screening medico sportivo grazie all'ampia disponibilità, il basso costo e l'elevato valore prognostico. L'esame consiste nel monitoraggio continuo dell'ECG e della pressione sanguigna dell'atleta durante la prova su cicloergometro o treadmill, con l'obiettivo di indagare in rapporto a un progressivo aumento del carico di esercizio la risposta di frequenza cardiaca e pressione

sanguigna o la presenza di eventuali anomalie elettrocardiografiche, incluse le aritmie.(3) In medicina dello sport, l'ergometria è principalmente impiegata a scopo funzionale per valutare la condizione fisica e la resistenza, permettendo di monitorare gli effetti dell'allenamento negli individui sani o l'efficacia del trattamento (riabilitazione o altre terapie) in persone affette da diverse malattie, ma può avere anche un valore diagnostico o prognostico. (1) Oltre alle principali prove ergometriche rappresentate dal cicloergometro (in Europa) e dal treadmill (negli USA) ne esistono di ulteriori utilizzate per misurare la performance specifica di un determinato sport o per domande cliniche particolari, tra questi si hanno l'ergometria con vogatore, il test di passo sul campo, l'ergometria rotazionale, l'ergometria supina con bicicletta, la salita delle scale, il test di camminata di sei minuti e i test di forza.(10) Prima di sottoporre l'atleta al Test da sforzo è fondamentale eseguire un'accurata anamnesi, un esame obiettivo e l'ECG a riposo per rilevare rischi dovuti a patologie quali malattia coronarica e ipertensione. In Europa, la prova su cicloergometro viene preferita a quella su treadmill. Il suo principale vantaggio è che si generano meno artefatti nell'ECG da sforzo, inoltre l'ergometria su tapis roulant può anche far sentire i pazienti insicuri o ansiosi a causa della superficie in movimento. D'altra parte, il cicloergometro attiva una quantità di massa muscolare inferiore rispetto al treadmill e genera quindi un livello di prestazione massima circa del 10% inferiore. La prova da sforzo prevede un aumento del carico di esercizio progressivo ed eseguito secondo protocolli specifici diversi a seconda del tipo di ergometro utilizzato, come un tapis roulant o una cyclette. Per quanto riguarda il treadmill, viene spesso utilizzato il protocollo di Bruce, il tapis roulant è inizialmente impostato ad una velocità di 2,7 Km/h e ad una pendenza di 10 gradi (10%). Successivamente ogni 3 minuti vi è un incremento combinato di velocità e pendenza. Nel cicloergometro l'atleta pedala ad una velocità costante mentre viene aumentata in maniera progressiva la resistenza, il carico aumenta solitamente di 40 W ogni 3-5 minuti permettendo così di valutare sia la componente cardiocircolatoria sia quella metabolica della prestazione. Ovviamente possono esserci variazioni riguardanti la potenza iniziale e l'aumento del carico a seconda dell'età, dei fattori di rischio e del livello di allenamento del singolo atleta. (Figura 2)

eTABLE 1		
Recommendations for bicycle ergometric testing protocols <sup>*1</sup>		
Application	Initial performance level	Increment / step duration
Routine ergometry in sports medicine (Lactate) performance evaluation, stress ECG	40 W	40 W/4 min
As above in routine ergometry in sports medicine; also German Olympic Sports Confederation, Olympic Training Centers	50 W <sup>*2</sup>	50 W/3 min (25 W steps in near-peak performance range)
Routine in the inpatient setting, stress ECG, right-heart catheterization, nuclear medicine	50 W	25 W/2 min
Pulmonology (including blood gases, spiroergometry, right-heart catheterization)	(25) 50 W	25 W/4 or 5 min
Pediatrics	1 W/kg body weight	0.5 W/kg/3 min

**5-minute break before the start of the test** ("resting" values from the last 3 min);  
**6-to-10-minute recovery phase after the end of the test** ("recovery" values)

Figura 2 Protocollo per test con il cicloergometro (9)

Al termine del test da sforzo, è importante che tutti i soggetti siano monitorati per almeno altri 6 minuti, poiché è durante questo periodo che possono manifestarsi complicazioni come aritmie o cali di pressione sanguigna.

L'EST viene utilizzato per rilevare (tra le altre condizioni) ipertensione latente, malattie polmonari (ad esempio, asma da sforzo), cambiamenti anomali dell'ECG e disturbi cardiovascolari (ad esempio, ischemia, aritmia, insufficienza cardiaca congestizia). Negli atleti sopra i 35 anni, la prova ergometrica permette di indagare la presenza di una malattia cardiovascolare ischemica silente attraverso specifiche alterazioni del segmento ST e dell'onda T. Per quanto riguarda le aritmie ventricolari, anche se possono non essere correlate a patologie cardiache sottostanti, alcune di esse potrebbero essere un indicatore di una condizione aritmogena negli atleti senza una storia clinica, esame obiettivo silente ed ECG basale normale, e quindi la prova ergometrica svolge un ruolo fondamentale nel descrivere le loro caratteristiche legate allo sforzo. Uno studio di Zorzi et al. ha dimostrato come l'EST possa aumentare la resa diagnostica del pre-participation screening grazie all'inducibilità di aritmie ventricolari durante lo sforzo, soprattutto battiti ventricolari prematuri (PVB). Le aritmie ventricolari indotte dall' EST si sono dimostrate un marcatore per substrati miocardici aritmogeni sottostanti in atleti con anamnesi, esame fisico ed ECG a riposo altrimenti normali. In molti casi, il substrato miocardico nascosto consisteva nella cicatrice non ischemica del ventricolo sinistro.(7)

Altre aritmie che si possono indagare tramite il test da sforzo includono la fibrillazione atriale, il blocco AV di primo o secondo grado e la pre-eccitazione asintomatica. Fondamentale nell'EST è anche la valutazione di come l'intervallo QT si adatta durante l'esercizio e nella fase di recupero.

Il test può essere interrotto al raggiungimento del picco dello sforzo (FC massimale), in presenza di sintomi, alterazioni ECG oppure per esaurimento del paziente.(11) Quest'ultimo viene esaminato attraverso la Scala di Borg RPE (Ratings of Perceived Exertion), che valuta la percezione soggettiva dello sforzo in relazione all'intensità dello sforzo stesso. La scala di Borg va da 6 (nessuno sforzo) a 20 (massimo sforzo). Borg ha selezionato questi valori per rappresentare la frequenza cardiaca durante l'esercizio fisico: moltiplicando il punteggio di Borg per 10, è possibile confrontare la percezione soggettiva dello sforzo con la frequenza cardiaca durante l'attività specifica. (12)

Il test da sforzo è una delle principali forme di test preventivi in medicina dello sport. Viene eseguito dopo un'anamnesi clinica, un esame obiettivo e un ECG basale. Solamente dopo il riscontro di anomalie all'EST si procede con ulteriori indagini, in prima battuta l'ecocardiografia e il monitoraggio Holter-ECG delle 24h.

### **1.3 Ecocardiogramma**

L'ecocardiogramma utilizza ultrasuoni per creare immagini del cuore, delle valvole cardiache e dei grandi vasi sanguigni. Attraverso l'ecografo si può misurare lo spessore delle pareti (ad esempio, in presenza di ipertrofia o atrofia) e di analizzare la motilità. È utile per valutare la funzione sistolica e il riempimento diastolico del ventricolo sinistro, importanti nella diagnosi di ipertrofia ventricolare sinistra, cardiomiopatia ipertrofica o restrittiva, scompenso cardiaco avanzato e pericardite costrittiva. Inoltre, l'ecocardiogramma è impiegato per esaminare la struttura e la funzionalità delle valvole cardiache, rilevare la presenza di vegetazioni valvolari e trombi intracardiaci, e stimare la pressione arteriosa polmonare e la pressione venosa centrale. Un ecografo è composto da tre componenti principali: una console computerizzata, un monitor e una sonda a ultrasuoni, nota anche come trasduttore. Tra questi, la sonda a ultrasuoni è la parte che, posta a contatto con il corpo, consente di visualizzare sul monitor gli organi e i tessuti sottostanti, grazie all'elaborazione dei dati effettuata dalla console computerizzata. Il trasduttore funziona in questo modo: attraverso l'applicazione di una corrente elettrica alternata, la sonda genera ultrasuoni che penetrano nella pelle e raggiungono i tessuti e gli organi interni. Parte di questi ultrasuoni viene assorbita dai tessuti (rifrazione), mentre un'altra parte viene riflessa e ritorna al trasduttore. Quando la porzione riflessa degli ultrasuoni raggiunge la sonda, genera una corrente elettrica

che viene elaborata dalla console computerizzata, la quale trasforma i dati in immagini visualizzabili sul monitor. La qualità delle immagini dipende dalla frequenza degli ultrasuoni emessi: una frequenza più alta permette una maggiore penetrazione nei tessuti e una risoluzione delle immagini più dettagliata.

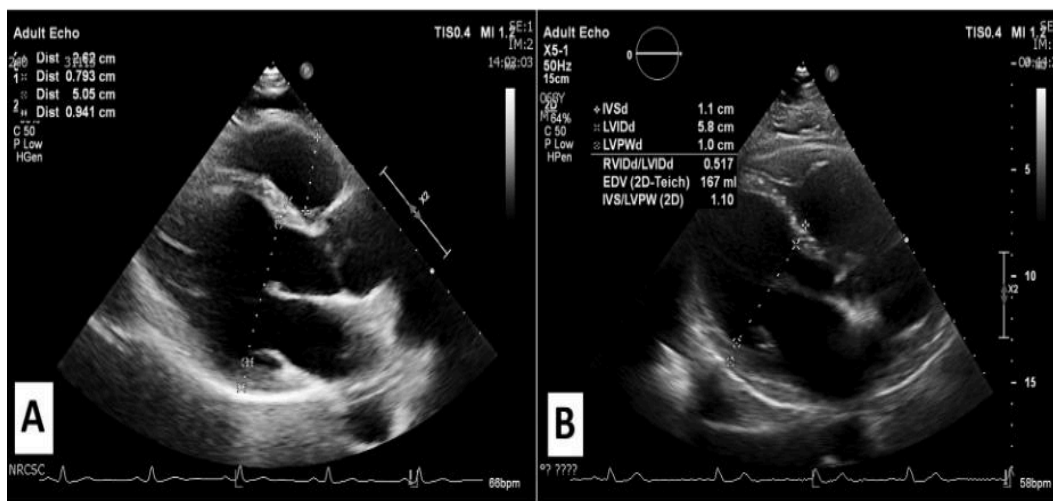


Figura 3 Rappresentazione di un'ecocardiografia 2D (20)

L'ecocardiogramma transtoracico è la tecnica ecocardiografica più comunemente utilizzata. In questa procedura, la sonda viene posizionata lungo il margine sternale sinistro o destro, all'apice del cuore, nella fossa soprasternale (per visualizzare la valvola aortica, il tratto di efflusso ventricolare sinistro e l'aorta discendente) o nella regione sottoxifoidea. Questa metodica fornisce immagini tomografiche bidimensionali o tridimensionali della maggior parte delle strutture cardiache principali. L'ecocardiogramma transtoracico è un'opzione di imaging non invasiva e relativamente economica per valutare la funzionalità ventricolare destra e sinistra, il movimento delle pareti, le dimensioni e l'anatomia delle camere cardiache, la funzionalità delle valvole, la struttura della radice aortica e le pressioni intracardiache. Grazie alla sua capacità di fornire dettagli sulla morfologia cardiaca, sulla funzione e sull'emodinamica, oltre al suo costo contenuto e alla facile accessibilità, l'ecocardiografia sta diventando sempre più utilizzata nella valutazione degli atleti. Inoltre, la bassa impedenza acustica toracica tipica degli atleti permette di ottenere immagini di elevata qualità. (1)

Sono state prodotte dal Comitato per l'Educazione della British Society of Echocardiography (BSE) delle linee guida con l'obiettivo di fornire un set minimo di dati che dovrebbero essere ottenuti in un ecocardiogramma standard completo e per fornire un quadro di riferimento per l'esecuzione di un ecocardiogramma transtoracico (TTE) per adulti. Secondo queste linee guida il tempo medio

necessario per l'esecuzione e la refertazione di un TTE completamente esaustivo è considerato essere di 40–45 minuti, sebbene sia chiaro come alcune valutazioni possano richiedere più tempo, mentre altre meno. Il tempo impiegato per un TTE standard dovrebbe includere il tempo per completare il referto e considerare anche il tempo necessario per la preparazione del paziente.(13)

L'ecocardiografia transtoracica (TTE) viene comunemente eseguita durante lo screening pre-partecipazione quando sono presenti sintomi, una storia familiare di morte cardiaca improvvisa o cardiomiopatie in soggetti sotto i 40 anni, soffi cardiaci, anomalie rilevate all'ECG o nel monitoraggio di atleti con una storia di malattia cardiovascolare (CVD). Le indicazioni che portano alla richiesta di un'ecocardiografia in medicina dello sport sono elencate più in dettaglio nella figura sottostante. (Figura 4)

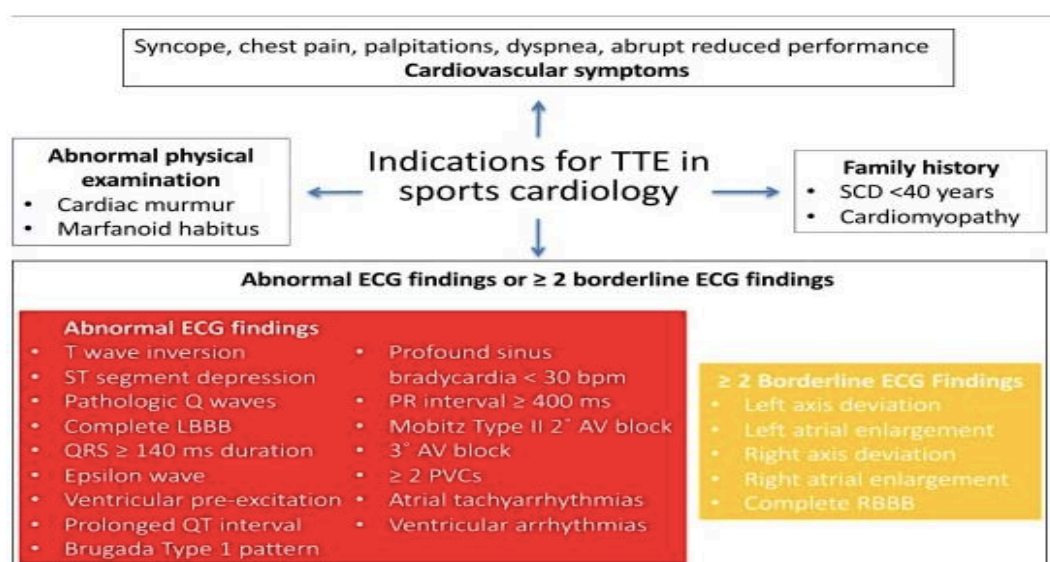


Figura 4 Indicazioni per TTE in cardiologia dello sport (14)

La TTE è una modalità di imaging di prima scelta, accessibile e utile per escludere condizioni che potrebbero aumentare il rischio di morte cardiaca improvvisa, come cardiomiopatie, anomalie delle arterie coronarie e patologie congenite, aortiche o delle valvole cardiache. Inoltre, la TTE è fondamentale per distinguere tra gli adattamenti cardiaci fisiologici dovuti all'esercizio intenso condizione nota come “cuore d’atleta” e i cambiamenti patologici legati a una CVD preesistente.

Oltre al set di dati 2D di base di un TTE standard, in cardiologia sportiva e medicina dello sport sono richiesti parametri ecocardiografici aggiuntivi. Questi includono la visualizzazione degli osti delle arterie coronarie e l'utilizzo di tecniche avanzate come l'ecocardiografia tridimensionale, l'ecocardiografia da stress e lo speckle-



tracking (STE). Si tratta di strumenti molto utili per la valutazione di atleti con sospetta malattia cardiovascolare subclinica. (14)

Queste nuove tecniche ecocardiografiche avanzate stanno assumendo un ruolo emergente nell'esame ecocardiografico degli atleti. L'ecocardiografia da sforzo risulta utile nella differenziazione tra il "cuore d'atleta" e condizioni come la cardiomiopatia dilatativa, la malattia coronarica e l'ipertensione polmonare. Lo speckle tracking, attraverso la misurazione dello strain longitudinale globale del ventricolo sinistro (LV), aiuta a distinguere tra il cuore d'atleta e cardiomiopatie dilatative o ipertrofiche, oltre a permettere la caratterizzazione di anomalie del movimento parietale e una descrizione dettagliata del ventricolo destro. L'ecocardiografia tridimensionale contribuisce invece a una stima più accurata della massa cardiaca.(15)

Proprio per i vantaggi diagnostici ottenibili con l'uso dell'ecocardiografia diversi studi si sono concentrati su un possibile utilizzo nella valutazione dell'idoneità sportiva. In particolare, nello studio proposto nell'articolo "Echocardiography in the pre-participation screening: an old topic revisited" emerge come l'aggiunta di un ecocardiogramma al "PPS standard" porterebbe ad un incremento di circa il 10% nella rilevazione di anomalie cardiovascolari non precedentemente identificate. Una minoranza di pazienti risultati idonei alla visita per l'idoneità sportiva standard (anamnesi clinica, esame obiettivo ed ECG basale), e che quindi non sarebbe stata ulteriormente esaminata, ha mostrato alcune anomalie grazie all'uso dell'ecocardiografia.(16)

L'importanza di una rilevazione precoce di anomalie cardiovascolari in pazienti asintomatici, specialmente tra giovani atleti, sta proprio nella possibilità di adottare un intervento tempestivo e adeguato, prevenendo complicazioni a lungo termine e possibili eventi avversi, oltre ad incidere sulla loro idoneità sportiva. Per questo alcuni studi hanno suggerito l'inclusione dell'ecocardiografia nel PPS per rilevare le anomalie cardiache più diffuse legate alla morte cardiaca improvvisa (SCD). Niederseer et al. hanno proposto di includere l'ecocardiografia a doppio screening nell'atleta: in adolescenza per escludere malattie cardiache strutturali e oltre i 30 anni per valutare il rimodellamento cardiaco anomalo dovuto all'esercizio, le cardiomiopatie e le anomalie del movimento delle pareti. (17)

Ovviamente a seguito della diagnosi di una patologia cardiovascolare, è necessario un approccio multimodale, che includa ecocardiografia da stress, risonanza

magnetica cardiaca e tomografia computerizzata, per valutare meglio l'atleta e considerare la sua idoneità sportiva.(16)

In conclusione, l'ecocardiografia è uno strumento fondamentale per individuare diverse patologie cardiovascolari che colpiscono gli atleti. Con l'aumento dell'esperienza dei medici nell'uso dell'ecografia e alla luce degli studi fatti a riguardo l'ecocardiografia potrebbe anche diventare una prassi comune per programmi di screening più ampi in medicina dello sport. Questa tecnica può infatti facilitare l'individuazione di condizioni cardiovascolari latenti e distinguere tra adattamenti fisiologici e quelli patologici legati all'attività fisica, supportando così il processo di valutazione dell'idoneità sportiva.(15)

#### **1.4 Holter-ECG**

Il monitoraggio Holter ECG o elettrocardiogramma dinamico continuo è un esame medico non invasivo che monitora l'attività elettrica del cuore ininterrottamente per un periodo di 24 ore, o più lungo in casi specifici, mentre il paziente svolge le sue attività quotidiane abituali. Spesso viene richiesto di includere una sessione di esercizio per riprodurre il più possibile lo sforzo fisico "naturale" dell'atleta consentendo di studiare la risposta delle aritmie all'esercizio e di rilevare aritmie correlate allo sforzo.

Il monitor Holter è un dispositivo portatile, di dimensioni ridotte, che il paziente indossa tramite una cinghia posta sulla spalla, appesa al collo o fissata intorno alla vita. Alcuni elettrodi applicati sul torace del paziente rilevano continuamente l'attività cardiaca. Questo monitor non provoca dolore e viene indossato per un periodo che varia dalle 24 alle 48 ore.

Il dispositivo registra l'attività elettrica del cuore tramite gli elettrodi posti sul torace, memorizzando l'ECG. Durante il monitoraggio, il paziente annota in un diario la durata e il tipo di eventuali sintomi avvertiti. In seguito, l'ECG viene analizzato esaminando la frequenza e il ritmo cardiaco, cercando variazioni nell'attività elettrica che potrebbero indicare un ritmo anomalo o un insufficiente flusso sanguigno al muscolo cardiaco. Il monitoraggio ECG Holter negli atleti, i quali svolgono durante il monitoraggio una sessione di esercizio, è spesso ricco di artefatti di movimento; è quindi necessario che venga interpretato da un medico esperto. I sintomi riportati nel diario possono essere confrontati con eventuali variazioni nell'ECG per determinare se la causa dei sintomi sia un'aritmia.

Il monitoraggio continuo dell'ECG è un metodo che fornisce più informazioni per la rilevazione di alterazioni del ritmo cardiaco rispetto alla registrazione di un ECG a 12 derivazioni a riposo. La registrazione dell'ECG tramite Holter con configurazione a 12 derivazioni dovrebbe essere sempre preferita per determinare l'origine delle aritmie ventricolari (morfologia e asse) e la presenza di ischemia.(1) In medicina dello sport, nella valutazione dell'idoneità sportiva di un atleta il monitoraggio Holter ECG rappresenta, allo stesso modo dell'ecocardiografia, un'indagine di seconda linea, richiesta se vengono riscontrate anomalie all'ECG basale, al test da sforzo o in presenza di specifiche indicazioni cliniche. Alcuni dei principali criteri per raccomandare un Holter ECG di 24 ore negli atleti includono:

- **Sintomi:** Atleti che riportano sintomi di possibile origine cardiovascolare come palpitazioni, vertigini, sincope (svenimenti) o dolore toracico inspiegabile durante o dopo l'esercizio possono necessitare del monitoraggio Holter per valutare aritmie cardiache sottostanti che potrebbero non essere rilevate con un ECG standard.
- **Anomalie all'ECG basale:** Se un ECG di routine mostra anomalie, come battiti ventricolari prematuri frequenti (PVB) o altri segni di aritmia, un Holter di 24 ore può aiutare a valutare la frequenza, il pattern e i fattori scatenanti di queste anomalie, soprattutto in atleti asintomatici.
- **Storia clinica:** Gli atleti con una storia nota di condizioni cardiache, come precedenti episodi di aritmia o altre malattie cardiovascolari, potrebbero necessitare di un monitoraggio ECG continuo per valutare lo stato attuale e i potenziali rischi durante l'attività fisica.
- **Popolazioni ad alto rischio:** Atleti con condizioni che li predispongono alla morte cardiaca improvvisa (SCD), come la cardiomiopatia ipertrofica o la sindrome del QT lungo, possono richiedere il monitoraggio Holter come parte del loro follow-up regolare per monitorare aritmie potenzialmente letali.
- **Valutazione di battiti ectopici:** Quando vengono rilevati battiti ectopici durante l'esercizio o su un ECG a riposo, un Holter di 24 ore può fornire informazioni dettagliate sulla morfologia e sull'incidenza di questi battiti, aiutando a determinare se siano benigni o richiedano ulteriori interventi.(5)

Per quanto riguarda le anomalie riscontrate all'ECG basale, negli atleti possono essere suddivise in due categorie: alterazioni comuni e correlate all'allenamento e alterazioni non comuni e non correlate all'allenamento. Questa distinzione si basa su diversi criteri, tra cui la frequenza di queste alterazioni, il loro legame con l'attività fisica, la correlazione con un aumento del rischio cardiovascolare e la necessità di ulteriori accertamenti clinici per confermare o escludere la presenza di una malattia cardiovascolare sottostante.(19)

<b>Gruppo 1: alterazioni ECG comuni e correlate all'allenamento</b>	<b>Gruppo 2: alterazioni dell'ECG non comuni e non correlate all'allenamento</b>
Bradycardia sinusale	Inversione dell'onda T
Blocco AV di primo grado	Depressione del tratto ST
RBBB incompleto	Onde Q patologiche
Ripolarizzazione precoce	Ingrandimento atriale sinistro
Criteri di voltaggio QRS isolato per ipertrofia ventricolare sinistra	Deviazione assiale sinistra/emiblocco anteriore sinistro
	Deviazione dell'asse destro/emiblocco posteriore sinistro
	Ipertrafia ventricolare destra
	Preeccitazione ventricolare
	BBS o BBD completo
	Intervallo QT lungo o corto
	Ripolarizzazione precoce tipo Brugada

Figura 5 Classificazione delle anomalie dell'elettrocardiogramma dell'atleta (19)

Particolare rilevanza assumono quelle “non comuni” per un’atleta, le quali possono essere suddivise in anomalie “maggiori” e “minori” a seconda della probabilità che esse rappresentino l’espressione di una sottostante cardiopatia. In questi casi un approfondimento clinico si rende sempre necessario.

Queste anomalie sono:

**Maggiori:**

- Onde T invertite
- Sottoslivellamento tratto ST
- Onde Q patologiche

- BBS completo
- Pre-eccitazione ventricolare
- Intervallo QT lungo o corto
- Ripolarizzazione precoce tipo Brugada
- Extrasistolia e tachiaritmie atriali
- Extrasistolia e tachiaritmie ventricolari
- BAV II Mobitz 2 e BAV III (completo) e bradiaritmie sinusali marcate

**Minori:**

- Deviazioni assiali e ingrandimenti atriali sinistri e destri
- BBD completo
- Bassi voltaggi del QRS nelle derivazioni periferiche (11)

### **1.5 Risonanza magnetica cardiaca**

La risonanza magnetica (MRI) è una tecnica avanzata di imaging medico che sfrutta un potente campo magnetico e onde radio ad alta frequenza per ottenere immagini estremamente dettagliate del corpo, comprese quelle del cuore e del torace. Nella cardiologia, l'MRI è uno strumento sofisticato e costoso, utilizzato principalmente per la diagnosi di cardiopatie congenite complesse e per distinguere tra tessuti sani e anomali. La risonanza magnetica cardiaca (CMR) è una modalità di imaging consolidata per la valutazione cardiovascolare degli atleti. È uno strumento diagnostico di terzo livello, richiesta durante la valutazione dell'idoneità sportiva solamente in casi particolari, che aiuta a distinguere tra condizioni fisiologiche e patologiche. La CMR è considerata il gold standard per valutazione della morfologia delle camere cardiache, del movimento delle pareti, per il calcolo delle dimensioni e della massa e per la quantificazione della funzione sistolica biventricolare. Un ulteriore vantaggio della CMR è la capacità di caratterizzare i tessuti, identificando l'infiammazione miocardica e l'infiltrazione di grasso attraverso immagini e mappe ponderate T1 e T2. Permette anche di rilevare la fibrosi sostitutiva tramite l'imaging con potenziamento tardivo del gadolinio (LGE), distinguendo tra danni miocardici ischemici e non ischemici.(1) La risonanza magnetica cardiaca (CMR) è sempre più impiegata poiché offre una capacità superiore di distinguere tra una condizione di salute e una patologia, soprattutto nei casi in cui l'ecocardiografia non è stata sufficiente o ha generato dubbi diagnostici. Negli ultimi anni sono state fornite raccomandazioni condivise e approcci pratici

per la valutazione degli atleti, proprio per distinguere tra normalità e anomalia.(20) La CMR supporta la diagnosi di miocardite e cardiomiopatie, come la cardiomiopatia ipertrofica (HCM) e la cardiomiopatia aritmogena (ACM), riuscendo a differenziare con grande sensibilità i cambiamenti strutturali e funzionali indotti dall'allenamento noti come "cuore d'atleta", caratterizzato da aumento di massa, dimensioni della cavità e spessore della parete con almeno una normale funzione sistolica e diastolica, da quelli dovuti ad una patologia sottostante.(21) Per differenziare tra modificazioni patologiche e rimodellamento fisiologico, i volumi e le masse cardiache devono sempre essere confrontati con intervalli di riferimento derivanti da studi CMR su atleti sani e adattati in base a diversi fattori, tra cui il tipo di sport, la componente statica e dinamica, le ore di allenamento settimanali, la superficie corporea, l'età, il genere e l'etnia.

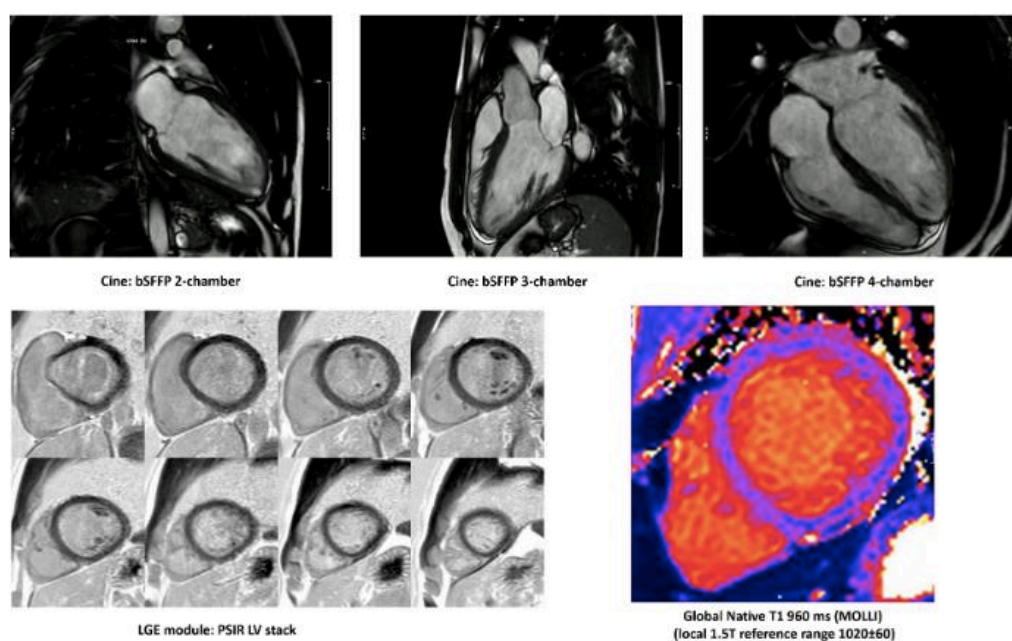


Figura 6 Risonanza magnetica cardiaca di un'atleta di endurance (1)

Nella cardiologia dello sport può essere integrata con strategie diagnostiche aggiuntive in casi complessi, come l'analisi durante l'esercizio fisico, lo screening a cascata, la rivalutazione dopo un periodo di detraining o l'analisi del genotipo.(22) Tuttavia, presenta alcune limitazioni, tra cui il costo elevato, l'accessibilità limitata e il rischio di claustrofobia. Altro problema relativo all'utilizzo della risonanza cardiaca è la difficoltà nell'interpretazione tanto che è richiesta una significativa esperienza da parte del radiologo, specialmente nella valutazione di atleti ad alte prestazioni.

## **2. Esercizio fisico**

La definizione di "esercizio fisico" si riferisce a qualsiasi attività fisica pianificata, strutturata e ripetitiva che ha come obiettivo principale il miglioramento o il mantenimento della forma fisica e della salute. L'esercizio fisico è considerato una sottocategoria dell'attività fisica la quale include anche attività quotidiane. L'esercizio fisico può essere suddiviso in diverse tipologie basate ad esempio sul tipo di attività svolta (aerobica, anaerobica, di equilibrio e coordinazione), sulla durata e sull'intensità.(23) La relazione tra esercizio fisico e salute è ampiamente documentata, con evidenze che dimostrano i benefici dell'esercizio fisico regolare nella prevenzione di malattie croniche, nel miglioramento della salute cardiovascolare e muscolo-scheletrica e sul mantenimento di un peso corporeo sano. Inoltre sono stati evidenziati benefici anche riguardo la salute mentale e l'aumento della longevità.(24) Secondo le linee guida OMS pubblicate nel 2020 un programma di esercizio per adulti dovrebbe mirare a raggiungere almeno 150 minuti di esercizio fisico di tipo aerobico di intensità moderata o 75 minuti di intensità vigorosa a settimana, o una combinazione equivalente di attività fisica aerobica di intensità moderata e vigorosa. Per ottenere ancora più benefici per la salute, le linee guida suggeriscono di fare 300 minuti a settimana o più di attività aerobica moderata e allenamento di forza per tutti i principali gruppi muscolari almeno due volte a settimana. Forti raccomandazioni basate su prove complessive di certezza moderata vengono fatte soprattutto sul lavoro aerobico e di rafforzamento muscolare.(25) Viene ribadito che dare priorità a un programma di esercizio più frequente e regolare è più importante rispetto a considerazioni sull'intensità o sulla durata. Riuscire ad integrare l'esercizio nella propria routine quotidiana permette di ricevere maggiori benefici per la propria salute. È importante sottolineare che anche modeste quantità di esercizio fisico possono avere un impatto positivo sulla salute, e l'assenza di attività fisica è considerata un fattore di rischio significativo per varie patologie.(26)

### **2.1 Intensità di esercizio**

In medicina dello sport, in particolare nella valutazione dell'idoneità sportiva assume grande rilevanza l'intensità di esercizio raggiunta dall'atleta. Per facilitare l'analisi e la prescrizione dell'esercizio fisico, sono state individuate delle categorie

di intensità. Esistono diverse tipologie di suddivisioni per l'intensità di esercizio. Tuttavia, i descrittori e i valori limite metabolici utilizzati nella letteratura scientifica variano notevolmente. Può essere espressa sia come misura assoluta, ad esempio frequenza cardiaca o METs, sia come misura relativa, come percentuale della frequenza cardiaca massima (%FCmax, dove FCmax, quando non è nota, è solitamente stimata come  $220 - \text{età}$ ).<sup>(27)</sup> Quelle solitamente più utilizzate sono basate sulla percentuale della capacità massima, della frequenza cardiaca massima (FC max), del livello di lavoro (come METs o W) o su base soggettiva come la valutazione dello sforzo percepito.<sup>(26)</sup> Per la classificazione dell'intensità secondo lo sforzo percepito viene utilizzata la scala di Borg, ne esistono due versioni principali:

- **Scala RPE originale (6-20):** Questa scala va da 6 (nessuno sforzo) a 20 (sforzo massimo)
- **Scala CR-10:** versione semplificata che va da 0 a 10

Utilizzare la scala di percezione dello sforzo è ideale per quei pazienti che non possono aumentare la frequenza cardiaca o che potrebbero avere difficoltà a monitorarla.<sup>(26)</sup> Per la corrispondenza tra i livelli di intensità dell'esercizio (leggera, moderata, vigorosa e molto alta) e i valori della scala di Borg si rimanda alla Figura 7. Un'altra categoria di intensità si basa sugli equivalenti metabolici (METs). Il Metabolic Equivalent of Task (MET) è un'unità utilizzata per stimare il dispendio energetico durante l'esercizio fisico, misura la quantità di energia utilizzata dal nostro organismo durante un'attività rispetto a quando siamo a riposo. Si esprime in termini di consumo di ossigeno, o a volte di kilocalorie.

Un MET corrisponde al consumo di ossigeno a riposo, definito come  $3,5 \text{ mL O}_2 / \text{kg}/\text{min}$ .<sup>(28)</sup> Le varie classi di intensità sono così distribuite secondo i MET :

- **Leggera** tra  $1.6 < 3.0$  METs
- **Moderata** da  $3 < 6$  METs
- **Vigorosa** tra  $6 < 9$  METs
- **Molto alta** da almeno 9 METs

Queste categorie sono classificate in base alle richieste energetiche e, pertanto, rappresentano il gradiente nelle risposte metaboliche durante l'attività. Non sono però sempre lineari all'aumentare dell'intensità di esercizio. Piccoli aumenti



nell'intensità dell'esercizio possono portare ad aumenti relativamente grandi nelle richieste fisiologiche e metaboliche del corpo.(27)

Molta rilevanza viene attribuita alla classificazione dell'intensità secondo la frequenza cardiaca. Il monitoraggio della frequenza cardiaca rappresenta uno strumento promettente per la misurazione, poiché si tratta di un parametro fisiologico che correla bene con il dispendio energetico.(29) In questo caso si utilizzano due misure oggettive e relative, ovvero la %FC max attesa (come spiegato in precedenza stimata con il calcolo 220- età) e la % di riserva di FC (FCR) riferita come la differenza tra la frequenza cardiaca massima e la frequenza cardiaca a riposo. Quest'ultima fornisce una misura più precisa per l'intensità dell'esercizio rispetto al semplice utilizzo della frequenza cardiaca massima. Secondo la percentuale di frequenza cardiaca massima la suddivisione è la seguente:

- **Leggera** %FC max < 55
- **Moderata** %FC max 55-74
- **Vigorosa** %FC max 75-90
- **Molto alta** %FC max > 90

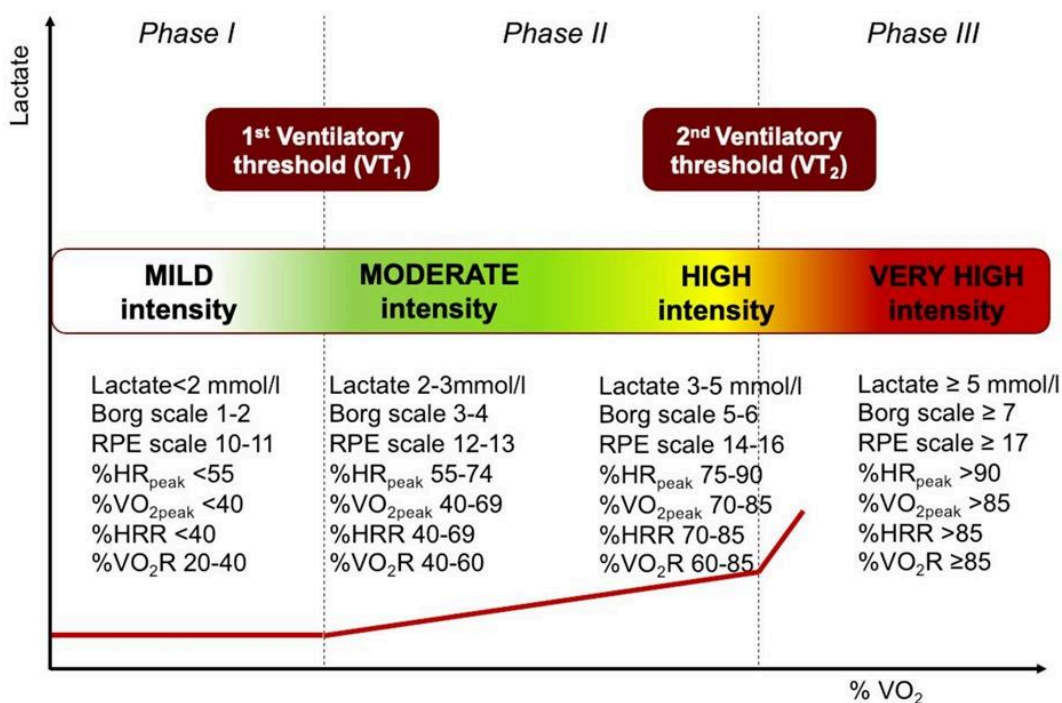


Figura 7 Categorie di intensità di esercizio

Un esercizio di intensità vigorosa, nonostante tutti i benefici che ne derivano di cui si è parlato precedentemente, porta comunque ad un aumento del rischio cardiovascolare rispetto ad una situazione di riposo. Durante l'attività fisica, infatti, il cuore è sottoposto a una maggiore richiesta, che può rivelare anomalie elettriche

latenti non evidenti a riposo. Risulta importante quindi raccomandare un esame medico e/o un test da sforzo a tutte le persone che vogliono intraprendere un programma di esercizio che comprenda un'intensità da moderata in crescendo.(30)

### 3. Aritmie

Un'aritmia cardiaca è una qualsiasi irregolarità nel normale ritmo di contrazione del cuore. Queste alterazioni possono coinvolgere variazioni della frequenza, della regolarità o nel percorso di conduzione degli impulsi elettrici attraverso il cuore. Il battito cardiaco normale segue uno schema noto come ritmo sinusale, in cui i segnali elettrici sono generati dal nodo senoatriale (SA) localizzato nell'atrio destro. Questi segnali attraversano percorsi specializzati noti come sistema di conduzione e coordinano la contrazione delle camere cardiache, con conseguente battito regolare e sincronizzato.<sup>(31)</sup> In un adulto a riposo, la frequenza cardiaca normale è solitamente tra i 60 e i 100 battiti al minuto. Nei giovani adulti e nelle persone ben allenate, è normale avere una frequenza tendenzialmente più bassa. Inoltre, la frequenza cardiaca di una persona tende a variare in modo naturale in risposta a stimoli come l'attività fisica, il dolore o le emozioni intense, come la rabbia. Le principali alterazioni rilevabili sono:

- Modificazioni della frequenza e della regolarità del ritmo sinusale.
- La variazione della sede del centro pacemaker dominante.
- Disturbi della propagazione (o conduzione) dell'impulso.

Un ritmo cardiaco è quindi considerato anomalo se la frequenza è eccessivamente accelerata ( $>100$  bpm, tachicardia), rallentata ( $<100$  bpm, bradicardia), irregolare o se gli impulsi elettrici originano in punti diversi dal nodo del seno o seguono percorsi anomali nel muscolo cardiaco.

La patogenesi delle aritmie cardiache si basa su tre meccanismi fondamentali:

1. **Aumento o soppressione dell'automatismo:** L'automatismo cardiaco è una proprietà naturale di tutti i miociti cardiaci. Diversi fattori, come ischemia cardiaca, cicatrizzazione, squilibrio elettrolitico, farmaci cardiaci e età avanzata possono influenzare l'automatismo. Una sua soppressione può portare a disfunzioni del nodo del seno. L'aumento può invece provocare diverse aritmie sia atriali che ventricolari.
2. **Attività innescata:** Questo meccanismo si verifica solitamente dopo depolarizzazioni precoci e tardive, che innescano depolarizzazioni multiple spontanee, portando a gravi aritmie ventricolari.
3. **Rientro:** Il rientro è un meccanismo comune nell'aritmogenesi, che include la conduzione bidirezionale e il blocco unidirezionale. Può verificarsi

attorno alla cicatrice di un infarto miocardico o attraverso percorsi accessori. (32)

Le manifestazioni aritmiche sono numerose e spesso sono causate da una patologia organica sottostante. Tra queste le cause più comuni sono le cardiopatie (principalmente coronaropatie, valvulopatie e insufficienza cardiaca). Altri fattori noti per favorire la comparsa di aritmie sono ipertiroidismo, abuso di alcol e droghe, fumo, eccessiva assunzione di caffeina ed alcuni farmaci

La maggior parte delle aritmie sono innocue e spesso asintomatiche (extrasistoli), tuttavia possono impedire al cuore di riempirsi adeguatamente e di svolgere la sua funzione di pompa del sangue in circolo recando gravi danni a diversi organi e risultare addirittura letali.(33) Dal punto di vista sintomatologico i disturbi della conduzione si manifestano principalmente con palpitazioni (sensazione di battito mancante o di battiti accelerati o energici) o sintomi di compromissione emodinamica (dispnea, sincope).

Le aritmie sono classificate in diverse tipologie in base alla loro origine, meccanismo e caratteristiche. Possiamo quindi distinguere secondo il punto di partenza dell'impulso le aritmie sopraventricolari da quelle ventricolari.

### **3.1 Aritmie sopraventricolari**

Le aritmie sopraventricolari sono un gruppo di disturbi del ritmo cardiaco che originano sopra il nodo atrioventricolare (AV), solitamente negli atri o nel nodo AV stesso. All'interno di questa categoria, prendendo in considerazione solamente quelle principali per epidemiologia e implicazioni cliniche, ci sono BESV, fibrillazione atriale, flutter atriale e tachicardia parossistica sopraventricolare.

#### **Fibrillazione atriale:**

La fibrillazione atriale (FA) è l'aritmia cardiaca più comune con rilevanza clinica e una delle principali cause di morbilità e mortalità cardiovascolare.(34) La fibrillazione atriale (FA) è una tachiaritmia sopraventricolare caratterizzata da un'attivazione atriale disorganizzata, per la presenza di iniziatori focali (trigger) in diversi punti degli atri, che porta a un deterioramento della funzione meccanica degli atri. Questo si ripercuote negativamente anche sull'attività dei ventricoli e sul conseguente flusso di sangue pompato dal cuore nel circolo sanguigno. Sul tracciato elettrocardiografico (ECG), la FA si manifesta con l'assenza delle onde P sostituite da onde fibrillatorie, che variano in ampiezza, forma, frequenza e con la presenza

di intervalli R-R irregolarmente irregolari. Questa condizione è accompagnata da una risposta ventricolare irregolare, spesso accelerata con una frequenza cardiaca che si attesta tra i 100 e i 180 bpm.(35)

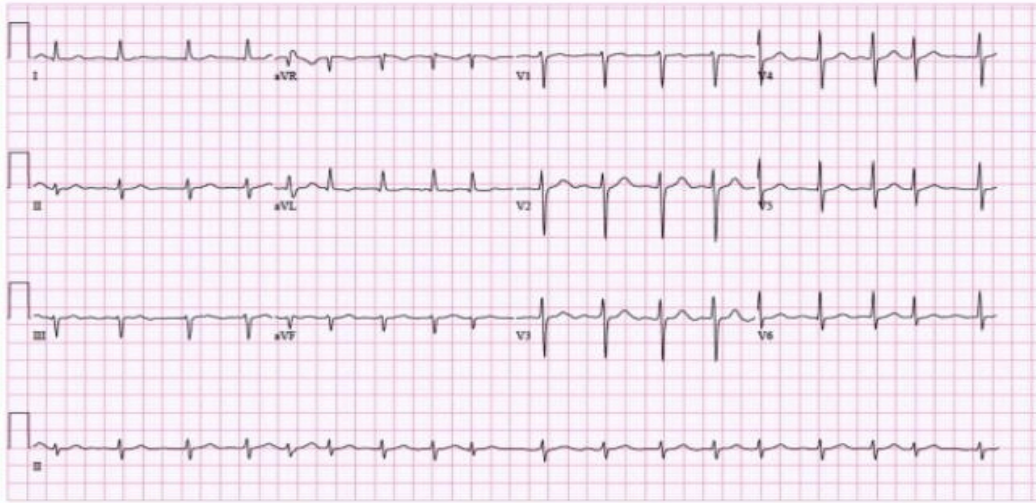


Figura 8 Esempio di fibrillazione atriale (36)

### **Flutter atriale:**

Il flutter atriale tipico è causato da un circuito di rientro che coinvolge gran parte dell'atrio destro. In questo tipo di aritmia, gli atri si depolarizzano a una velocità compresa tra 250 e 350 battiti al minuto (solitamente intorno ai 300 battiti al minuto). Poiché il nodo atrioventricolare generalmente non è in grado di trasmettere impulsi a tale velocità, di solito solo la metà di questi impulsi riesce a passare (blocco 2:1), provocando una frequenza ventricolare regolare di circa 150 battiti al minuto. Il flutter atriale nella sua forma tipica è caratterizzato da un pattern a "denti di sega" di attivazione atriale regolare chiamato onde flutter (onde *f*) sull'ECG, particolarmente visibile nelle derivazioni II, III, aVF e V1.(35)

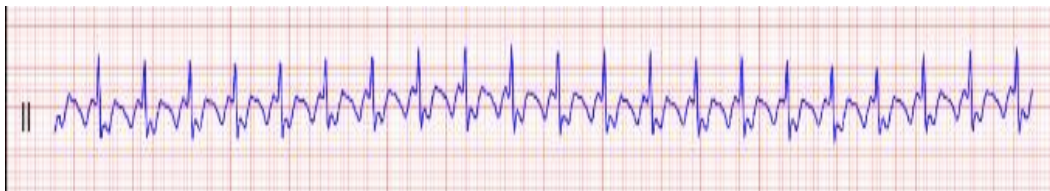


Figura 9 Esempio di flutter atriale (36)

### **Tachicardia parossistica sopraventricolare (TPSV):**

La tachicardia parossistica sopraventricolare è una condizione caratterizzata da una frequenza cardiaca regolare e veloce che inizia e si arresta improvvisamente. Le due forme principali di tachicardia parossistica sopraventricolare (TPSV) sono: la tachicardia da rientro nodale (TRN) e la tachicardia da rientro atrio-ventricolare.

Può essere scatenata da un battito cardiaco prematuro proveniente dagli atri che attiva ripetutamente il cuore a una frequenza elevata. All'ECG è caratterizzata da QRS stretti e da una frequenza cardiaca elevata (tra 160 e 250 bpm).

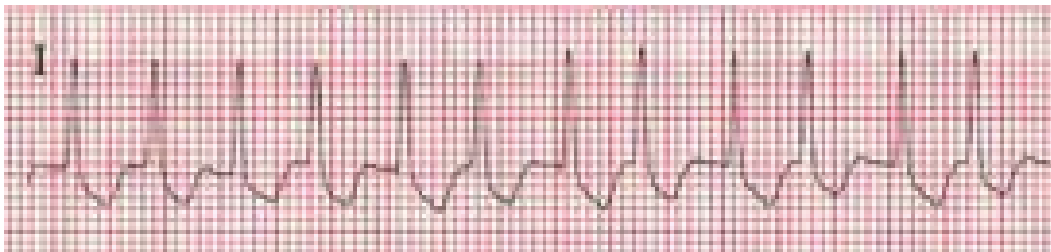


Figura 10 Esempio di TPSV (37)

### **Battito ectopico sopraventricolare (BESV):**

I battiti ectopici (extrasistole) sopraventricolari o le contrazioni atriali premature (PAC) sono impulsi episodici che originano negli atri, anziché nel nodo senoatriale. Si possono verificare in cuori normali in presenza o possono occasionalmente indicare una condizione cardiaca più seria, specialmente se accompagnate da altri sintomi o se sono frequenti. Possono essere condotti normalmente, condotti con aberranza o non condotti e sono di solito seguiti da una pausa non compensatoria. Al tracciato elettrocardiografico si presentano con un'onda P prematura, con diversa morfologia che può talvolta cadere all'interno dell'onda T precedente deformandola.



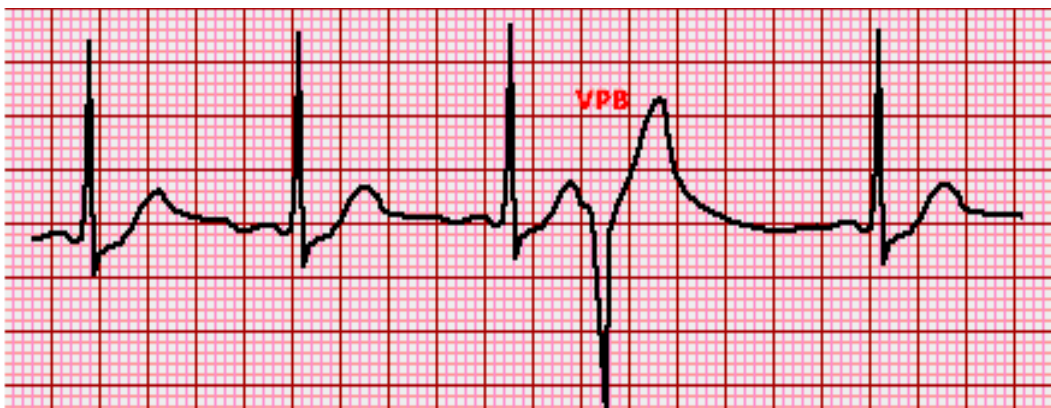
Figura 11 BESV all'ECG indicati dalle frecce (38)

### **3.2 Aritmie ventricolari**

Le aritmie ventricolari sono anomalie del ritmo cardiaco che prendono origine a livello dei ventricoli e possono rappresentare delle emergenze in cardiologia per la possibilità di causare morte cardiaca improvvisa (SCD), soprattutto nei pazienti con condizioni cardiache preesistenti. Si classificano in diverse forme, tra quelle più rilevanti troviamo i battiti ectopici ventricolari (BEV), la tachicardia ventricolare (VT) e la fibrillazione ventricolare (VF).

### **Battito ectopico ventricolare (BEV)**

I battiti ectopici ventricolari (BEV; conosciuti anche come contrazioni ventricolari premature PVC) sono battiti che si verificano anticipatamente e originano dal ventricolo sinistro o destro, con complessi QRS allargati che presentano una morfologia distinta, significativamente diversa dal complesso QRS sinusale. Hanno una morfologia che può somigliare a un blocco di branca destra o sinistra a seconda della loro origine. I BEV unifocali presentano tutte una singola morfologia, quando invece sono presenti più morfologie QRS differenti, si parla di "BEV multifocali", che di solito originano da diverse localizzazioni nei ventricoli. Possono essere sporadici o ripetersi con una certa regolarità, come nel caso del bigeminismo (un battito normale seguito da un BEV) o del trigeminismo (due battiti normali seguiti da un BEV). Talvolta si presentano in coppie, triplette o in sequenze più numerose, condizioni associate a prognosi peggiori. Si ritiene generalmente che un "numero normale" di contrazioni ventricolari premature in un adulto sia inferiore a 500 in 24 ore. Sono alterazioni comuni anche nell'ECG di un cuore sano e la maggior parte dei pazienti con BEV non presenta sintomi ma possono potenzialmente innescare gravi aritmie come la tachicardia o fibrillazione ventricolare. All'ECG si presentano con QRS allargati ( $>120$  ms) e con una morfologia atipica, anomalie della ripolarizzazione e assenza di un'onda P identificabile. (39),(40)



*Figura 12 Il quarto battito è un esempio di BEV (39)*

### **Tachicardia ventricolare**

La tachicardia ventricolare (VT) è un'aritmia ipercinetica che origina dai ventricoli costituita da tre o più complessi ventricolari successivi con una frequenza cardiaca di almeno 120 battiti al minuto. Viene definita non sostenuta con una serie di almeno tre battiti ventricolari consecutivi che durano meno di 30 secondi o non richiedono un intervento di emergenza. La tachicardia ventricolare sostenuta invece



dura più di 30 secondi e richiede una rapida interruzione per via dello scompenso emodinamico che ne deriva. Rappresenta un'emergenza medica perché il cuore non è in grado di pompare sangue in circolo in modo adeguato e poiché può degenerare in fibrillazione ventricolare. Le tachicardie ventricolari sono causate principalmente dalla cardiopatia ischemica. I complessi QRS allargati e anomali possono essere identici (TV monomorfa) o diversi tra loro (TV polimorfa). (40)



Figura 13 Tachicardia ventricolare all'ECG (40)

### **Fibrillazione ventricolare**

La fibrillazione ventricolare è un'aritmia ventricolare completamente disorganizzata caratterizzata da un'attività elettrica caotica e completamente inefficace dal punto di vista emodinamico. (41) Non vi è un'attivazione uniforme del miocardio ventricolare, e i complessi QRS mostrano una morfologia, un asse e un'ampiezza marcatamente diversi. Il ritmo è irregolare e solitamente superiore a 300 battiti al minuto. All'inizio l'ampiezza delle onde è generalmente alta, poi diventano più fini e possono assomigliare all'asistolia. La fibrillazione ventricolare può insorgere come degenerazione di una tachicardia ventricolare o in forma improvvisa e porta rapidamente all'arresto cardiaco. La causa principale è l'infarto miocardico acuto. Al tracciato si identifica con l'assenza completa di complessi QRS ben formati e l'assenza di onde P evidenti. (40)



Figura 14 ECG di una fibrillazione ventricolare (40)



### 3.3 Indicazioni per la classificazione delle aritmie negli atleti

È ampiamente dimostrato che l'attività sportiva con un esercizio fisico di intensità moderata sia in grado di ridurre il rischio di eventi cardiaci, ma è anche vero che l'esercizio ad alta intensità può paradossalmente essere dannoso. L'attività fisica, infatti, può essere il fattore scatenante di aritmie maligne, causando eventi avversi acuti e portando ad un'evoluzione sfavorevole alcune patologie. A tal proposito bisogna prestare attenzione anche ai BEV, comuni negli atleti, i quali possono rappresentare però la spia di una patologia sottostante. Risulta fondamentale nel processo della valutazione cardiologica di un atleta capire se le eventuali aritmie ventricolari debbano essere interpretate come una caratteristica del rimodellamento cardiaco secondario all'esercizio intenso (il cosiddetto cuore d'atleta) o come espressione di una patologia cardiaca.(42) Le aritmie ventricolari indotte dall'esercizio nei giovani atleti infatti sono una caratteristica ormai riconosciuta di diverse patologie quali la malattia dei canali ionici, la cardiomiopatia ipertrofica (HCM), la cardiomiopatia aritmogena (ACM), la miocardite acuta/subacuta, la cardiomiopatia dilatativa. Il medico dello sport si trova quindi di fronte al dilemma di determinare se le extrasistoli ventricolari presenti nell'atleta vadano considerate come un fenomeno benigno o come potenziale segnale di pericolo.(43) Gli attuali criteri internazionali per l'interpretazione dell'ECG dell'atleta suggeriscono di prescrivere ulteriori indagini solo se si osservano due o più BEV a riposo, ponendo l'attenzione sul numero e sulla complessità di questi battiti ectopici.(44) Studi più recenti hanno fatto emergere invece come sia più importante focalizzarsi sulla morfologia e sulla relazione tra la comparsa di queste aritmie e l'esercizio fisico. La valutazione della morfologia del battito ectopico sull'ECG è un parametro chiave perché aiuta a identificare l'origine anatomica dell'aritmia e il possibile meccanismo sottostante. I BEV idiopatici, frequenti negli individui sani, caratterizzati dall'assenza di una cardiopatia strutturale sottostante e da una prognosi favorevole, presentano modelli ECG distintivi. La forma più comune mostra un pattern ECG simil blocco di branca sinistra (LBBB) con asse QRS inferiore (chiamato anche pattern "infundibolare"). Un altro modello coerente con i BEV idiopatici e benigni è il modello "fascicolare", caratterizzato da un tipico blocco di branca destra (RBBB), morfologia dell'asse QRS superiore e durata del QRS <130 ms. (18)

Table 2 Morphology and characteristics of premature ventricular beats that may be encountered in clinical practice			
Pattern	QRS morphology	Origin of ectopic beat	Comment
Common patterns in athletes			
Infundibular	LBBB with late precordial transition (R/S=1 after V3) and inferior axis.	Right ventricular outflow tract.	Usually benign.
	LBBB and inferior axis but with small R-waves in V1 and early precordial transition (R/S=1 by V2 or V3).	Left ventricular outflow tract.	Usually benign.
Fascicular	Typical RBBB with superior axis and QRS <130 ms.	Left posterior fascicle of the left bundle branch.	Usually benign.
	Typical RBBB with inferior axis and QRS <130 ms.	Left anterior fascicle of the left bundle branch.	Usually benign.
Uncommon patterns in athletes			
	Atypical RBBB and QRS $\geq 130$ ms.	Mitral valve annulus, papillary muscles or left ventricle.	May be associated with myocardial disease.
	LBBB with superior or intermediate axis.	Right ventricular free wall or interventricular septum.	May be associated with myocardial disease.

Figura 15 Caratteristiche e significato dei BEV in base alla morfologia del QRS (18)

Al contrario, altre morfologie di battiti ectopici come LBBB/asse intermedio o superiore o RBBB/asse intermedio o superiore e QRS largo possono essere associate a una malattia miocardica sottostante. In particolare, i primi possono riflettere una cardiomiopatia aritmogena del ventricolo destro, mentre le aritmie ventricolari con un RBBB/asse intermedio e superiore a QRS largo possono essere l'espressione di diverse malattie del ventricolo sinistro come la cardiopatia ischemica o la cicatrice ventricolare sinistra non ischemica.(42) Per quanto riguarda la relazione con l'esercizio fisico, nello studio di Corrado et al. è emerso come i BEV che si verificano (o persistono) durante carichi di lavoro elevati e/o BEV complessi indotti dall'esercizio possono segnalare la presenza di una malattia cardiaca. I BEV indotti dall'esercizio fisico sollevano un allarme clinico perché le aritmie ventricolari associate a malattie cardiache come cardiomiopatia, miocardite e malattie dei canali ionici sono spesso peggiorate dalla stimolazione adrenergica. Anche morfologie multiple dei QRS ectopici indotti dall'esercizio, possono essere associati a un rischio elevato di morte improvvisa correlato allo sforzo potendo essere espressione di una malattia ereditaria dei canali ionici, la tachicardia ventricolare polimorfica catecolaminergica, che predispone ad aritmie ventricolari adrenergico-dipendenti che possono degenerare in fibrillazione ventricolare. D'altra parte, le extrasistoli ventricolari che diminuiscono o addirittura vengono sopresse dall'aumento del carico di esercizio possono essere considerate idiopatiche e benigne (spesso hanno origine infundibolare). (18) Lo studio sopracitato conclude proponendo una classificazione sulla base delle caratteristiche dei BEV per aiutare il medico dello sport nella gestione dell'idoneità dell'atleta. Le caratteristiche (elencate nella Figura 15) sono suddivise in "comuni" ovvero quelle che non necessitano di indagini più approfondite, e "non comuni" per

gli atleti che invece meritano uno studio più accurato comprendente sicuramente ECG-Holter 24h e l'ecocardiografia, ma se ritenuta utile anche la risonanza magnetica cardiaca per escludere un substrato miocardico patologico (come una cicatrice miocardica del ventricolo sinistro). Anche i risultati di altri studi come si legge in un lavoro di Zorzi et al. fanno emergere come un approccio che prenda in considerazione diverse caratteristiche delle aritmie ventricolari, quali la morfologia, la complessità e la relazione con l'esercizio, sia più efficace nel distinguere le varianti benigne da quelle che potrebbero essere patologiche, rispetto al semplice conteggio dei BEV.(45)

**Table 3** Classification and risk stratification of premature ventricular beats in the athlete

	Common	Uncommon
<b>PVB characteristics</b>		
Ectopic QRS morphology	LBBB/inferior axis, typical RBBB and narrow QRS (<130 ms)	LBBB/intermediate or superior axis, atypical RBBB and wide QRS (≥130 ms)
Response to exercise testing	Decrease/suppression	Persistence/increase
Complexity of PVBs	Isolated, monomorphic	Repetitive‡, polymorphic
Short coupling interval*	No	Yes
<b>Clinical findings</b>		
Symptoms	No	Yes
Family history of premature SCD† or cardiomyopathy	No	Yes
Other ECG abnormalities	No	Yes
Imaging abnormalities	No	Yes

Figura 16 Classificazione e stratificazione del rischio dei BEV negli atleti (18)

## SCOPO DELLO STUDIO

L'esercizio fisico comporta un aumento della richiesta energetica cardiaca, che può mettere in evidenza anomalie elettriche nascoste che non si manifestano a riposo. Questo assunto rende il test da sforzo massimale (EST) un elemento fondamentale e prezioso per i medici come indagine di prima linea nella valutazione dell'idoneità sportiva di un atleta. È stato visto che per massimizzare l'utilità di questo strumento sia necessario raggiungere un'intensità di esercizio vigorosa/ alta (identificata come > 85% della frequenza cardiaca massima attesa) altrimenti gran parte degli eventi elettrocardiografici e numerose anomalie cardiovascolari (si parla del 35% circa) non potrebbero essere identificate.(46) Lo studio introdotto in questa tesi vuole richiamare questo concetto concentrandosi però in uno degli accertamenti di secondo livello nella valutazione dell'idoneità sportiva di un atleta, il monitoraggio Holter – ECG delle 24h. In particolare, si è posta l'attenzione sull'utilità di comprendere una sessione di esercizio fisico di intensità vigorosa/alta durante il monitoraggio delle 24h per verificare la riproducibilità degli eventi riscontrati al Test da sforzo, che avevano innescato la richiesta di ulteriori accertamenti, e l'importanza per un eventuale diagnosi clinica.



## **MATERIALI E METODI**

Per realizzare lo studio sono stati esaminati i dati relativi alla prova da sforzo, all'Holter-ECG 24h e dell'ecocardiografia di 235 pazienti che hanno svolto la visita medica per l'idoneità sportiva agonistica presso l'UOC di Medicina dello Sport e dell'Esercizio dell'Azienda ospedaliera di Padova tra il 2020 e il 2023.

### **1. Indagini effettuate**

#### **Test da sforzo**

Il test ergometrico è stato eseguito su treadmill utilizzando il protocollo HRR. Durante l'esame, i pazienti sono stati monitorati con un elettrocardiogramma a 12 derivazioni per valutare la risposta cardiovascolare all'esercizio fisico. L'intensità dello sforzo è stata aumentata gradualmente. Il test è stato interrotto all'esaurimento del paziente (scala di Borg per la percezione dello sforzo (RPE)  $\geq 18/20$ ), o comunque dopo il raggiungimento dell'85% della frequenza cardiaca massima attesa per l'età. Sono stati raccolti dati relativi alla frequenza cardiaca, pressione arteriosa e sintomi clinici per determinare eventuali segni di ischemia o aritmie da sforzo.

#### **Holter ECG 24h**

Il monitoraggio elettrocardiografico dinamico continuo è stato effettuato attraverso un dispositivo Holter-ECG portatile per una durata di 24 ore. Gli elettrodi sono stati applicati al torace del paziente per registrare in continuo l'attività elettrica cardiaca durante le normali attività quotidiane. È stato chiesto ai pazienti di eseguire una seduta di esercizio di almeno 30 minuti e di segnare nell'apposito diario le attività svolte ed eventuali sintomi sopraggiunti. Al termine del periodo di monitoraggio, i dati sono stati analizzati per rilevare eventuali anomalie del ritmo. L'analisi ha incluso una valutazione quantitativa e qualitativa delle aritmie in base al numero, forma e complessità dei battiti ectopici.

#### **Ecocardiografia**

L'ecocardiografia transtoracica (TTE) è stata eseguita utilizzando un ecografo ad ultrasuoni per valutare la morfologia e la funzione cardiaca. Sono state misurate le dimensioni delle camere cardiache, la funzione ventricolare sinistra (frazione di eiezione), e sono stati valutati eventuali difetti strutturali, come valvulopatie o cardiomiopatie.

## 2. Analisi statistica

I dati anamnestici e clinici sono stati raccolti e organizzati in un database utilizzando Excel. Per quanto riguarda l'EST sono state riportati i METs, la FC massima raggiunta, l'eventuale presenza di BEV e il motivo che ha portato alla richiesta di ulteriori accertamenti suddiviso in 5 categorie (familiarità, esame obiettivo, ECG basale, ECG da sforzo e sintomi). Nella parte relativa all'Holter, quella più consistente del database, sono stati inseriti dati riguardo FC, sintomi e sulla sessione di esercizio svolta, poi si è posta l'attenzione sulla presenza, caratteristiche e morfologia di BEV e BESV considerando la loro distribuzione nelle fasi della giornata (a riposo, durante sessione di esercizio o nel recupero). Infine, è stato riportato l'esito dell'ecocardiografia ed è stata segnata quando presente la diagnosi finale raggiunta dopo tutti gli accertamenti del caso.

Il test di Shapiro-wilk è stato utilizzato per valutare la distribuzione normale di tutti i parametri. Le variabili continue sono state espresse come media  $\pm$  deviazione standard e il confronto tra i sottogruppi è stato eseguito con il test T di Student o il test di Wilcoxon/Mann-Whitney. Le variabili categoriali sono state espresse come frequenze e percentuali e sono state confrontate tra i gruppi utilizzando il test del chi quadrato di Pearson. I confronti tra il burden aritmico ventricolare e sopraventricolare durante le fasi di riposo, esercizio e recupero sono stati eseguiti con analisi della varianza per ranghi di Friedman a campioni correlati. Successivamente i confronti pairwise sono stati condotti e i valori di significatività sono stati adattati in base alla correzione di Bonferroni per più test. Una  $p < 0,005$  è stata considerata come differenza statisticamente significativa. L'analisi dei dati è stata condotta con SPSS versione 26.0.

## RISULTATI

### Descrizione del campione

Tra le visite per l'idoneità sportiva agonistica svolte presso l'UOC di Medicina dello Sport e dell'Esercizio dell'Azienda Ospedaliera di Padova tra il 2020 e il 2023, sono stati presi in considerazione per lo studio in questione 235 pazienti per i quali è stato necessario richiedere accertamenti di secondo livello (Holter-ECG ed ecocardiogramma) per completare la valutazione dell'idoneità. Di questi 235 pazienti 148 sono maschi e 87 femmine, l'età media è di 21 anni con un minimo di 9 e un massimo di 65 anni.

Sesso	M	148	63%
	F	87	37%
Età (anni)	Media	21,4 ( $\pm 13,5$ )	
	Min	9	
	Max	65	

*Tabella I – Distribuzione del campione per sesso ed età*

### Risultati esami strumentali

Tutti pazienti in primo luogo hanno effettuato l'EST, successivamente per motivi diversi sono stati richiesti ulteriori indagini. I motivi che hanno portato alla necessità di accertamenti di secondo livello sono stati:

- Anamnesi familiare positiva per malattie cardiovascolari per 25 pazienti
- Anomalie riscontrate all'esame obiettivo per 5 pazienti
- Alterazioni presenti all'ECG basale per 30 pazienti
- Alterazioni presenti all'ECG da sforzo per 158 pazienti
- Comparsa di sintomi di natura cardiopolmonare durante il test per 17 pazienti

Concentrandosi su quelli che hanno presentato anomalie ECG durante lo sforzo per 148 di questi si trattava di aritmie ventricolari (BEV) e tra questi in 53 casi le aritmie si erano verificate al picco dello sforzo (considerato come esercizio di intensità vigorosa/alta, con FC > 85% della massima attesa).



**EST**

		Media	Min	Max
FC max		182 ( $\pm 12,9$ )	137	210
FC max (%) del predetto per età		92 ( $\pm 5,6$ )	67	110
			N°pz	%
Motivo accertamento	1	Familiarità	25	10,6
	2	Esame obiettivo	5	2,1
	3	Alterazioni ECG basale	30	12,8
	4	Alterazioni ECG da sforzo	158	67,2
	5	Sintomi	17	7,2
BEV	No		87	37
	Si		148	63
BEV apice (FC >85%)	No		182	77,4
	Si		53	22,6

*Tabella II – Dati clinici relativi all'EST (Valore medio, min e max di FC, distribuzione all'interno del campione del motivo dell'accertamento, presenza di BEV e BEV all'apice)*

Per quanto riguarda l'Holter-ECG delle 24h, delle 235 totali 176 persone hanno avuto BEV, di questi in 125 hanno presentato BEV durante la sessione di esercizio. Parlando di BESV la loro presenza è stata riscontrata nell'esame Holter-ECG di 192 pazienti, tra questi 100 ne hanno avuti nella fase di esercizio. Per osservare la frequenza di BEV e BESV in coppia, complessi o in tratti di bigemismo e trigeminismo si rimanda alla Tabella III. Sono stati rilevati anche 5 pazienti con allungamenti del QT e 22 con alterazioni del tratto ST. Sono stati segnalati in diario sintomi di natura cardiopolmonare (cardiopalmi, palpitazioni, dolore toracico e dispnea) da parte di 9 persone. È emerso inoltre come 177 pazienti abbiano svolto una sessione di esercizio di intensità vigorosa/alta superando almeno per un breve periodo l'85% della FC massima attesa, mentre in 58 sono rimasti sotto tale soglia.

<b>HOLTER</b>			
	Media	Min	Max
FC media	76	46	111
FC max	176	102	211
FC min	45	27	86
Battiti tot	103794	43550	196565
BEV	594	0	33859
BESV	141	0	11310
Durata esercizio (ore)	0,8	0	2,5
FC > 85% FC max attesa	Si	177	
	No	58	
		Presenti (n° pz)	Assenti (n°pz)
BEV		176	59
BEV coppie		37	198
BEV complessi		14	221
BEV bigeminismo		21	214
BEV trigeminismo		30	205
BESV		192	43
BESV coppie		48	187
BESV complessi		19	216
BESV bigeminismo		11	224
BESV trigeminismo		12	223
Allungamento QT		5	230
Alterazioni ST		22	213
Sintomi		9	226

*Tabella III – Dati clinici relativi all’Holter-ECG, tipologia e relativa frequenza di BEV e BESV*

I 235 pazienti hanno eseguito quindi anche l’ecocardiografia, 203 sono risultate normali mentre in 32 casi sono state rilevate delle alterazioni morfologiche. L’anomalia rilevata con più frequenza è stato il prolasso valvolare mitralico (PVM) riscontrato in 12 atleti, seguito dalla valvola aortica bicuspidale (VAB) in 7 pazienti. In 3 casi il prolasso valvolare mitralico era associato ad insufficienza valvolare moderata. Tutte le alterazioni rilevate con la rispettiva frequenza sono riportate in Tabella IV.

<b>ECOCARDIO</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>
Eco normale	203	86,4
PVM	12	5,9
VAB	7	3,0
DIA	4	1,7
Cuore d'atleta	3	1,3
Aneurisma SIV	1	0,4
Cardiopatía ipertensiva	1	0,4
Cardiopatía ipocinetica	1	0,4
DIV	1	0,4
Dilatazione bulbo aortico	1	0,4
Pericardite	1	0,4

*Tabella IV – Alterazioni rilevate all'ecocardiografia e relativa frequenza*

In tutto le diagnosi di cardiopatía sono state 44, alcune avvenute già grazie all'ecocardiografia, per altre sono stati necessari ulteriori accertamenti quali CMR, studio elettrofisiologico, TC coronarica o analisi genetica.

<b>PATOLOGIA</b>	<b>N°</b>		
PVM	9	Pericardite	1
VAB	7	TPSV	1
Cicatrice non ischemica	5	CAD	1
DIA	4	Cardiopatía ipertensiva	1
PVM con IM moderata	3	IT moderata	1
Sindrome del QT lungo	3	Stenosi polmonare	1
WPW	2	DIV	1
Miocardio non compatto	2		
Cardiopatía aritmogena	1		

*Tabella V – Patologie riscontrate in 44 atleti del campione iniziale al completamento dell'iter diagnostico*

Tra queste troviamo PVM (9), VAB (7), cicatrice non ischemica VS (5), sindrome del QT lungo (3) e altre patologie tutte riportate nella tabella sovrastante (Tabella V).

### Analisi dei risultati

Partendo da questo campione sono stati elaborati i dati raccolti riguardo l'EST e l'Holter-ECG. In primo luogo, lo studio cerca di capire se le anomalie ECG, in particolare le aritmie, rilevate all'EST si ripresentavano anche nella seduta Holter-ECG, concentrandosi poi su quelle comparse durante la sessione di esercizio, valutandone quindi la riproducibilità. I risultati ottenuti hanno dimostrato che dei 148 pazienti che hanno avuto aritmie ventricolari all'EST 126 hanno presentato BEV anche durante la registrazione Holter attestando la riproducibilità quindi all'85%. In 97 pazienti sono comparsi BEV durante la fase di esercizio, con una riproducibilità calcolata rispetto all'EST del 65%. In entrambi i casi le analisi sono da considerare statisticamente significative con un p value < 0,001. L'analisi è stata poi approfondita considerando solo i 53 atleti che hanno presentato BEV all'EST durante l'apice dello sforzo (FC > 85% FC massima attesa). Di questi 47 hanno ripresentato BEV anche all'Holter (riproducibilità 89%, con p → 0,009) e 38 li hanno avuti durante esercizio (72% di riproducibilità, p → 0,002). Sono stati presi in considerazione anche i BESV e i risultati mostrano che dei 53 pazienti che hanno avuto anomalie ECG all'apice dello sforzo durante l'EST in 49 hanno avuto BESV durante la seduta Holter-ECG (92% di riproducibilità, p → 0,021) e tra questi 30 nella sessione di esercizio evidenziando una riproducibilità con l'EST del 57% (p → 0,019).

		HOLTER	Riproducibilità	p value
BEV EST	148	BEV (RIP, EX, REC) 126	85%	<0,001
		BEV EX 97	65%	<0,001
BEV EST apice	53	BEV (RIP, EX, REC) 47	89%	0,009
		BEV EX 38	72%	0,002

Tabella VI – Valutazione riproducibilità BEV tra EST e Holter-ECG

La seconda parte dell'analisi si è focalizzata sull'intensità di esercizio, valutando l'importanza di svolgere attività fisica ad un'intensità vigorosa/alta, considerata tale con il raggiungimento di una FC > 85% della FC max predetta. Durante la registrazione Holter-ECG hanno superato questa soglia 177 atleti mentre in 58 sono rimasti sotto. Tra questi in 141 hanno presentato BEV durante la seduta Holter in una delle 3 fasi considerate (riposo, esercizio e recupero). Sempre riferendosi a chi ha svolto una sessione di esercizio ad intensità almeno vigorosa, ma prendendo in considerazione solamente la fase di esercizio i BEV sono comparsi in 105 atleti e i restanti 72 non hanno presentato aritmie da sforzo.

Successivamente, negli atleti che avevano presentato BEV ne è stata calcolato il numero nelle fasi di riposo, esercizio e recupero rapportandoli per la durata della fase corrispondente, ottenendo un numero medio di BEV per unità di tempo. I risultati sono stati confrontati ed è emerso che nella fase di riposo sono stati in media 23 all'ora, durante l'esercizio 44/h e nel recupero 93/h facendo emergere quest'ultima come fase più aritmogena. Gli stessi calcoli sono stati svolti anche per i BESV ottenendo però informazioni diverse. Il numero medio di BESV, sempre correlato all'unità di tempo è stato di 5/h nella fase di riposo, 19/h durante l'esercizio e di 11 all'ora durante il recupero, facendo risultare in proporzione il numero maggiore di aritmie sopraventricolari nella sessione di esercizio. L'aspetto quantitativo dei BEV e BESV è stato utilizzato anche per osservare quale delle tre fasi (riposo, esercizio e recupero) più frequentemente è risultata quella con il maggior numero di aritmie. Si è potuto osservare che il numero medio di BEV è stato più alto durante l'esercizio in 86 atleti, seguito dal riposo in 46 e poi dalla fase di recupero in 44. Per quanto riguarda i BESV la distribuzione è invece risultata diversa. In 85 pazienti ci sono stati più BESV nel recupero, in 82 durante esercizio e solamente 25 nel riposo. Per entrambe le categorie di aritmie, globalmente la distribuzione è risultata statisticamente significativa ( $p \text{ value} < 0,001$ ).

MOMENTO	BEV (n°pz)	BESV (n°pz)	<i>P value</i>
1 Riposo	46	85	< 0,001
2 Esercizio	86	82	
3 Recupero	44	25	
Tot	176	192	

Tabella VII – Fasi della registrazione Holter in cui in proporzione si è registrato il maggior numero di BEV e BESV

Ulteriore step è stato quello di prendere in considerazione il numero di aritmie ventricolari presenti nella sessione di esercizio e confrontarlo tra chi aveva raggiunto un'intensità di esercizio vigorosa ( $FC > 85\%$  della massima attesa) e chi no. Il numero medio di BEV è risultato essere molto simile tra le due categorie, 44 BEV all'ora per chi aveva fatto attività fisica vigorosa e 41 BEV all'ora per chi non aveva raggiunto la soglia.

		RIP	EX	REC
BEV (n°pz)		154	125	59
BEV (n°)	media	537	30	23
	min	0	0	0
	max	32343	1063	1033
BEV (n°medio/h)		23	44	93
BESV (n°pz)		180	100	49
BESV (n°)	media	125	13	3
	min	0	0	0
	max	487	737	224
BESV (n°medio/h)		5	19	11
		FC > 85%	FC < 85%	
BEV EX (n°medio/h)		44	41	

*Tabella VIII – Frequenza BEV e BESV nei diversi momenti della giornata, e distribuzione degli eventi aritmici*

Un'ultima considerazione è stata fatta riguardo il legame tra il momento in cui si sono manifestati più BEV e BESV per l'unità di tempo e le diagnosi cliniche riscontrate. Dei 44 atleti per i quali si è giunti ad una diagnosi finale 9 hanno avuto più BEV durante il riposo, 15 durante l'esercizio e 11 nel recupero, mentre 9 non avevano presentato BEV. Per i BESV la situazione si capovolge, dei 44 patologici 17 atleti avevano presentato più BESV/h nel riposo, 14 durante esercizio, 2 nel recupero e 11 non avevano avuto aritmie sopraventricolari. La distribuzione tra le varie fasi risulta però simile anche tra gli atleti in cui non è stata effettuata nessuna

diagnosi, si osserva quindi un p value non significativo. Dato rilevante da segnalare come tra i 26 atleti con diagnosi finale che avevano registrato più BEV durante esercizio o recupero ritroviamo la totalità delle cicatrici non ischemiche e la cardiomiopatia aritmogena tutte patologie che provocano aritmie principalmente da sforzo e per cui sono stati necessari accertamenti di terzo livello.

		BEV MOMENTO				
		RIP	EX	REC	No BEV	Tot
Diagnosi	No	37	71	33	50	191
	Si	9	15	11	9	44
	Tot	46	86	44	59	235

		BESV MOMENTO				
		RIP	EX	REC	No BESV	Tot
Diagnosi	No	68	68	23	32	191
	Si	17	14	2	11	44
	Tot	85	82	25	43	235

*Tabella IX – Fasi della registrazione con più BEV e BESV relazionati con la categoria Diagnosi finale*





## DISCUSSIONE

Il presupposto iniziale, già descritto precedentemente, si basa sul concetto che il pre-participation screening, ovvero l'iter valutativo per l'idoneità allo sport agonistico può comprendere più livelli di accertamento. L'Holter-ECG, insieme all'ecocardiografia, fa parte della seconda linea di accertamenti e viene prescritto nel momento in cui ci siano dei sospetti sulla salute cardiovascolare dell'atleta rilevati in seguito ad anamnesi, esame obiettivo e agli esami di prima linea quali ECG basale e EST.(47) Lo studio si propone di analizzare l'importanza di svolgere una sessione di esercizio durante la seduta holter-ECG delle 24h, meglio se d'intensità vigorosa/alta (raggiungendo una FC > 85% della massima attesa per l'atleta), nella valutazione cardiologica per l'idoneità sportiva. Gli obiettivi posti inizialmente riguardavano:

- Confronto tra le alterazioni ECG da sforzo riscontrate all'EST e all'Holter, in particolare per analizzare la riproducibilità delle aritmie ventricolari e sopraventricolari durante l'attività fisica nella seduta Holter.
- Confronto tra gli effetti sul piano aritmico di un'attività fisica di intensità vigorosa nei confronti di una moderata/lieve.
- La descrizione di tali aritmie focalizzandosi sul loro comportamento durante l'arco delle 24h e la relazione di queste con la sessione di esercizio fisico.
- Correlazione tra la presenza in un'atleta di aritmie da sforzo rilevate all'holter ed un'eventuale diagnosi clinica, tramite riscontro ecocardiografico o se necessario con ulteriori indagini

### **Riproducibilità BEV tra EST e Holter-ECG delle 24h**

I BEV sono alterazioni ECG comuni negli atleti spesso considerate benigne, ma è ormai assodato che possano talora rappresentare un'espressione fenotipica di una cardiopatia sottostante.(48) Le diverse caratteristiche morfologiche e la correlazione con lo sforzo sono elementi chiave per poterli differenziare in alterazioni pericolose o di natura benigna. La presenza della sessione di esercizio durante l'Holter si è dimostrata utile su questo punto. Dei 148 atleti che hanno avuto BEV durante l'EST in 97 di loro questi si sono ripresentati durante l'attività fisica svolta durante la registrazione Holter garantendo, nel 65% dei casi, la riproducibilità delle aritmie ventricolari da sforzo. In questo modo si può ottenere

un importante contributo nella diagnosi di conferma o esclusione di una patologia cardiovascolare; inoltre può essere fatta una valutazione più approfondita della morfologia dei BEV osservando l'eventuale presenza delle caratteristiche che li rendono potenzialmente pericolosi.

### **Influenza dell'intensità dell'esercizio svolto**

Lo studio ha voluto porre attenzione anche sull'intensità dell'esercizio svolto durante la registrazione Holter-ECG. L'attività fisica è stata considerata di intensità vigorosa/alta se veniva raggiunta una FC > 85% della frequenza cardiaca massima attesa (calcolata come  $220 - \text{età}$ ) e si è osservato quanti atleti hanno superato tale soglia. Dalla successiva analisi dei dati è emerso che dal punto di vista assoluto la maggioranza dei pazienti che hanno svolto un esercizio di tale intensità hanno presentato aritmie durante lo sforzo (105 pz con aritmie da sforzo, a fronte di 72 senza). Nonostante questo, la poca differenza tra questi numeri e la simile distribuzione di chi ha presentato BEV da sforzo e chi no all'interno dei 58 che non hanno svolto un'attività fisica vigorosa (20 pz con BEV da sforzo e 38 senza) rende l'analisi dei dati statisticamente non significativa. Un dato però, che fa propendere verso un'ipotesi, già presente in letteratura, per cui lo sport ad alta intensità non sia di per sé causa della comparsa di aritmie ventricolari pericolose, ma che rappresenti un trigger aritmico negli atleti che presentano già una patologia cardiovascolare predisponente.(49) Anche l'analisi quantitativa dei BEV durante esercizio, rapportata alla FC raggiunta, va a sostenere questa teoria. È stato osservato infatti, che il numero medio di BEV da sforzo (corretto per l'unità di tempo) non è stato molto diverso tra chi ha svolto un esercizio ad alta intensità (44 BEV/h) e chi invece è rimasto sotto tale soglia (41 BEV/h). Questa mancata differenza tra le due categorie sottolinea come l'intensità dell'esercizio non agisca sul numero effettivo di aritmie negli atleti, ma piuttosto come detto precedentemente possa innescare la comparsa in atleti predisposti.

### **Descrizione aritmie**

Studi recenti hanno dimostrato come le aritmie indotte dallo sforzo rappresentino un campanello d'allarme per la possibile presenza di una cardiopatia nell'atleta. Osservare la distribuzione di quest'ultime nell'arco delle 24h attraverso la registrazione Holter-ECG compresa di sessione di esercizio può aiutare il medico dello sport nel formulare un giudizio riguardo l'idoneità e a discriminare quali atleti

necessitano di accertamenti di terzo livello. In particolare, come si è potuto osservare nei 235 atleti coinvolti, sono 4 le principali modalità con cui i BEV si distribuiscono nelle 24h e che possono aiutare nella scelta dell'iter da intraprendere.

I pattern descritti sono:

1. Aritmie ventricolari presenti in ampio numero durante tutto il giorno con un'importante riduzione durante la fase di esercizio. Si evidenzia un effetto soppressivo dell'esercizio, facendo generalmente propendere per la natura benigna dei BEV o comunque con una condizione nella quale l'attività sportiva non dovrebbe rappresentare un rischio per l'atleta.

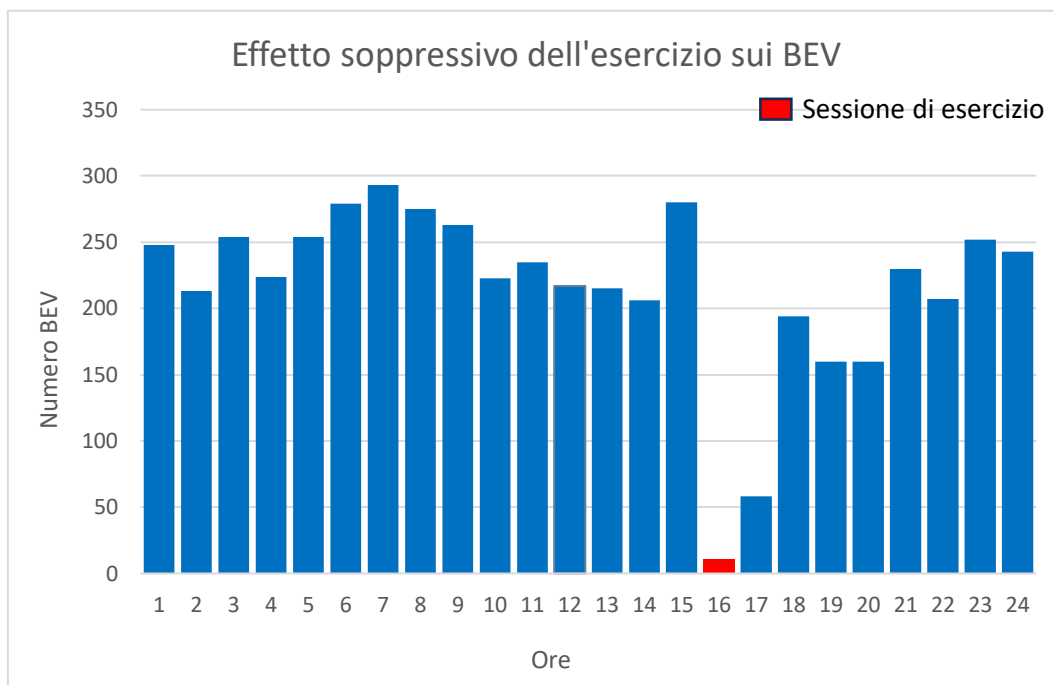


Figura 17 – “Grafico 1” Distribuzione BEV durante una registrazione Holter-ECG di 24h di uno degli atleti oggetto dello studio. Esempio di un effetto soppressivo dell'esercizio fisico

2. Situazione opposta alla prima, si osserva l'assenza totale o quasi di BEV durante le fasi di riposo e durante le attività quotidiane, che però compaiono durante la fase di esercizio o di recupero facendo emergere un effetto trigger da parte dell'attività fisica. In questo caso lo sport potrebbe rappresentare un rischio per l'atleta ed è necessario verificare ed escludere la presenza di una cardiopatia sottostante. Si procede quindi generalmente con ulteriori indagini per una valutazione più approfondita.

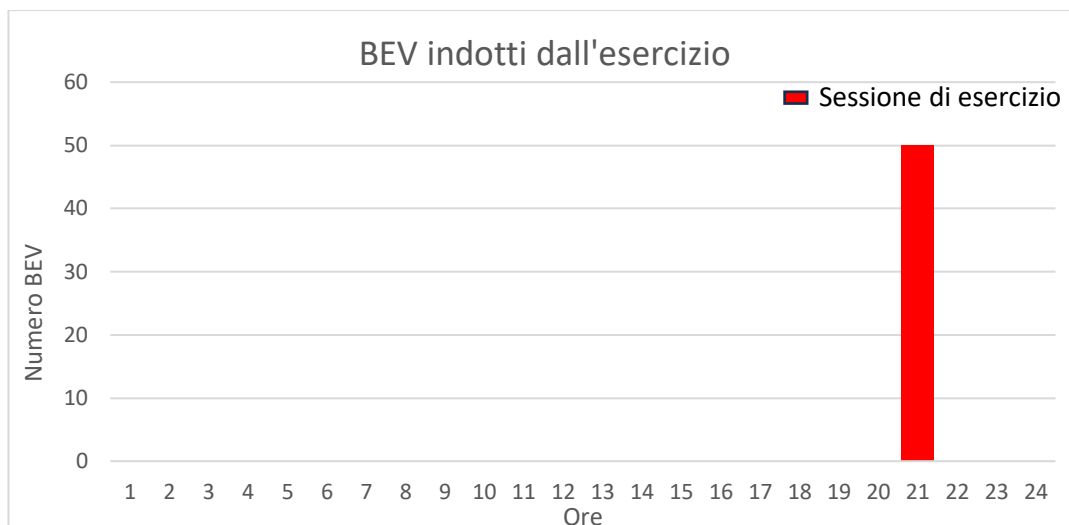


Figura 18 – “Grafico 2” Distribuzione BEV durante una registrazione Holter-ECG di 24h di uno degli atleti oggetto dello studio. Esempio di BEV indotti dall’esercizio fisico

- In questa terza modalità di distribuzione i BEV risultano assenti o presenti in numeri molto bassi durante il giorno. Non si rileva presenza durante esercizio. Non sono presenti aritmie ripetitive. Probabile natura benigna di queste aritmie.

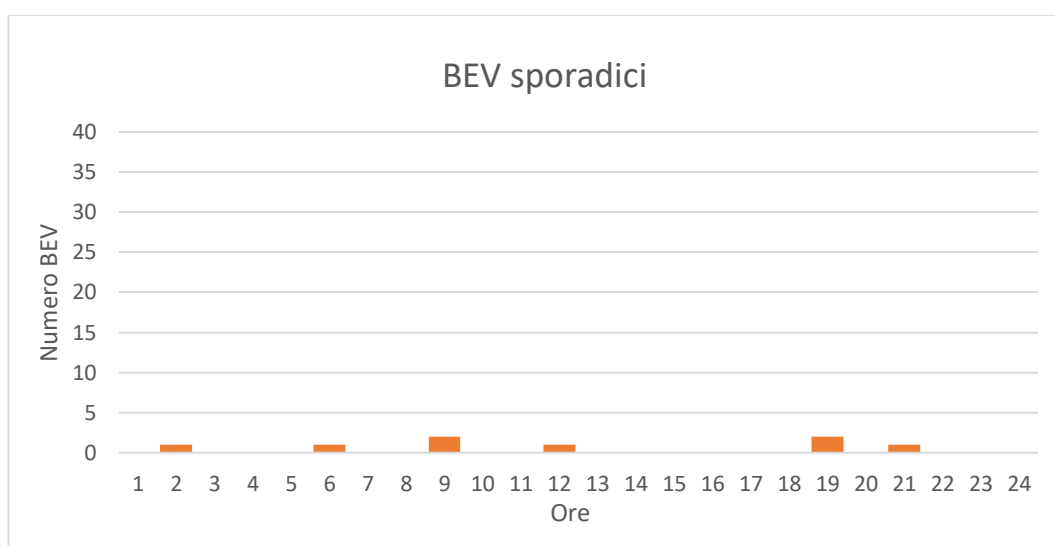


Figura 19 – “Grafico 3” Distribuzione BEV durante una registrazione Holter-ECG di 24h di uno degli atleti oggetto dello studio. Modello in cui sono presenti pochissimi BEV, nessuno durante esercizio

- L’ultima situazione è quella di più difficile interpretazione. Si rileva la presenza di BEV durante tutto l’arco delle 24h, però con un lieve aumento durante lo svolgimento di esercizio fisico. Rappresenta una zona grigia con difficoltà nel valutarne la pericolosità. Si tende a procedere con l’iter diagnostico attraverso indagini di terzo livello.

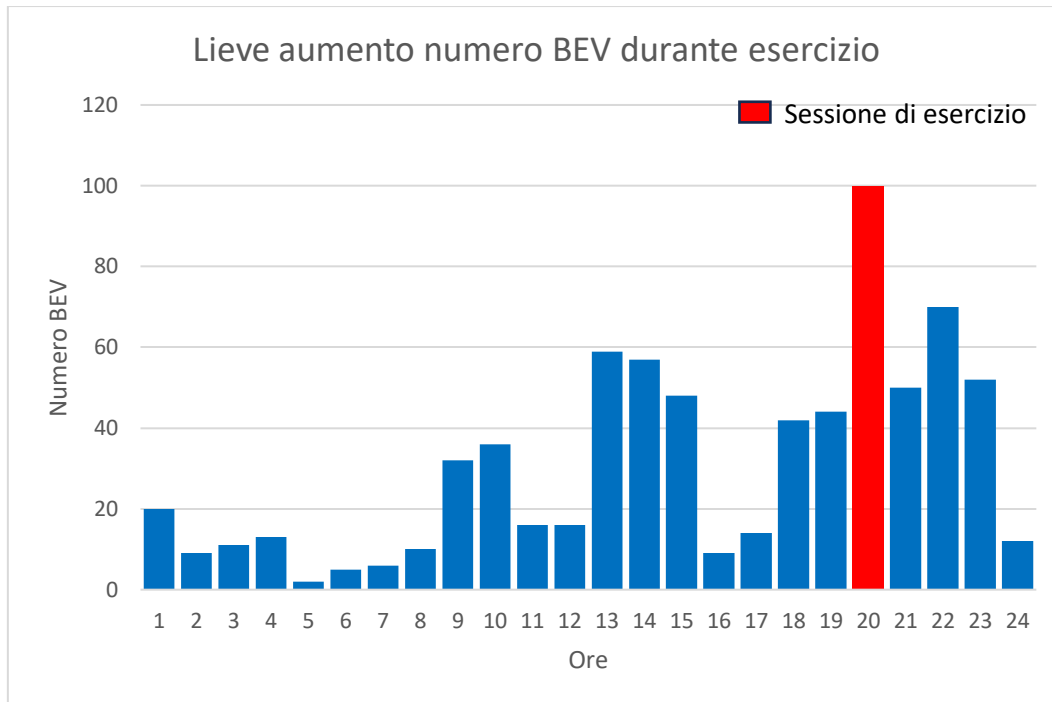


Figura 20 – “Grafico 4” Distribuzione BEV durante una registrazione Holter-ECG di 24h di uno degli atleti oggetto dello studio. Esempio di situazione borderline, BEV presenti durante tutta la giornata ma in lieve aumento durante esercizio

Come mostrato nei 4 grafici la registrazione holter con inclusa sessione di esercizio permette di osservare bene la relazione delle aritmie con i vari momenti della giornata (riposo, esercizio e recupero). Il primo e il terzo pattern mostrano in maniera evidente che i BEV non sono relazionati all’attività sportiva propendendo per una loro benignità. Per questi atleti non sono generalmente necessari ulteriori accertamenti nell’ambito della medicina dello sport. Il secondo e il quarto grafico evidenziano invece una più o meno chiara correlazione tra i BEV e lo svolgimento di attività fisica. Si tratta di ragionamenti che mettono in risalto l’importanza della presenza della sessione di esercizio durante la registrazione Holter-ECG, poiché senza di essa la correlazione dei BEV con l’attività fisica, indice di pericolosità di quest’ultimi, non potrebbe essere adeguatamente valutata.

### **Correlazione tra seduta di esercizio durante holter-ECG e diagnosi clinica**

Il focus principale dello studio mira a valutare l’importanza di comprendere una sessione di esercizio durante la registrazione Holter-ECG per formulare un giudizio riguardo l’idoneità di un atleta allo sport agonistico. Ciò significa che si è cercato di capire se svolgere attività fisica durante la seduta Holter può aiutare il medico dello sport a prendere la decisione, sia essa rivolta verso la necessità di effettuare ulteriori indagini o verso un giudizio positivo. L’iter diagnostico in medicina dello

sport, come già ampiamente descritto, prevede vari step, i quali si compongono di esami e indagini strumentali differenti, ovviamente alcune più appropriate per la diagnosi di determinate patologie. Ci sono patologie infatti rilevabili principalmente con esami di imaging di terzo livello come la CMR, gold standard per la diagnosi della cicatrice non ischemica del VS grazie al modello del late gadolinium enhancement (LGE) (50), oppure tramite l'analisi genetica come per la cardiomiopatia aritmogena, la sindrome del QT lungo e la tachicardia ventricolare catecolaminergica. In casi come questi, non proseguire nell'iter diagnostico può impedire la diagnosi finale.

Importante sottolineare che alcune patologie sono caratterizzate dalla comparsa di aritmie quasi esclusivamente da sforzo, come avviene per esempio, focalizzandosi sui risultati descritti in precedenza, nella cardiomiopatia aritmogena e nella cicatrice non ischemica del VS. Nella cardiomiopatia aritmogena, malattia del miocardio geneticamente determinata, si ha un progressivo danneggiamento delle proteine desmosomiali. Questo porta ad una graduale perdita di miociti e alla sostituzione con cicatrici fibro-adipose, creando aree eterogenee con diversa conducibilità elettrica, substrato per aritmie ventricolari come la tachicardia ventricolare da rientro. In tale contesto l'attività sportiva è un noto fattore scatenante aritmico, durante l'esercizio fisico infatti, il cuore è sottoposto a un aumento della frequenza cardiaca e del carico emodinamico, portando lo stress meccanico ad esacerbare le irregolarità nel funzionamento elettrico del cuore, con conseguente sviluppo di aritmie maligne. Diversi studi hanno approfondito il legame tra lo sport e questo tipo di cardiopatia dimostrando come l'esercizio possa esporre un fenotipo elettrico nei pazienti ancora asintomatici.(51) In test condotti a riposo spesso le anomalie elettriche e strutturali non si rendono manifeste, come avviene invece durante lo sforzo fisico con comparsa per esempio di BEV a morfologia caratteristica.(52) Per quanto riguarda la cicatrice non ischemica del VS, questa si riferisce a un'area di fibrosi miocardica che non deriva da un infarto miocardico (quindi non ischemica), ma piuttosto da altre condizioni patologiche come cardiomiopatie (ad esempio la cardiomiopatia dilatativa o anche la stessa cardiomiopatia aritmogena) o a processi infiammatori (come miocarditi). La presenza di fibrosi crea un tessuto disomogeneo dove si creano dei substrati che favoriscono fenomeni di "rientro elettrico" (circuiti di rientro).(53) L'aumento della stimolazione adrenergica durante l'esercizio fisico aumenta la velocità di

conduzione degli impulsi elettrici e in presenza della cicatrice questo può accentuare le irregolarità nella conduzione e favorire la formazione dei meccanismi di rientro. Il circuito elettrico anomalo che si genera intorno alla cicatrice può innescare una tachicardia ventricolare, che, se non interrotta, può evolvere in fibrillazione.(54)

Nei risultati ottenuti da questo studio si è visto come dei 44 atleti che hanno ricevuto una diagnosi clinica, la maggior parte (26 persone) aveva registrato BEV principalmente durante la sessione di esercizio o nel recupero. In questi atleti ritroviamo le 5 cicatrici non ischemiche e la cardiomiopatia aritmogena. Due diverse patologie che portano ad aritmie esercizio indotte, come detto, non diagnosticabili solamente con Holter ed ecocardiografia, ma per cui sono stati necessari accertamenti di terza linea (rispettivamente CMR e analisi genetica). In pratica, senza lo svolgimento della seduta di esercizio, la registrazione holter di questi atleti non avrebbe evidenziato anomalie o comparsa di aritmie, e data l'ecocardiografia silente non si sarebbe vista la necessità di proseguire l'iter diagnostico. In ben 6 atleti si sarebbe mancata la diagnosi. Vista l'importanza clinica delle patologie che provocano aritmie ventricolari esercizio-indotte, soprattutto in giovani atleti, la raccomandazione a svolgere una sessione di esercizio durante la seduta Holter-ECG risulta fondata, alla luce del ruolo fondamentale che questa racchiude nella valutazione cardiologica di un atleta.

Tra le patologie rilevanti in quest'ottica, ovvero predisponenti ad aritmie ventricolari da sforzo potenzialmente maligne e diagnosticabili solo con indagini di terzo livello, nello studio proposto nella tesi, emergono solo la cicatrice non ischemica del VS e la cardiomiopatia aritmogena. Complice di questo probabilmente è anche il limitato numero di atleti oggetto dello studio. Allargando il campione ci si potrebbe aspettare di rilevare anche la tachicardia ventricolare polimorfica catecolaminergica, una delle principali cardiopatie che causano aritmie ventricolari con l'aumento dell'attività adrenergica, oppure una cardiomiopatia ipertrofica.

## CONCLUSIONI

La registrazione Holter-ECG delle 24h viene utilizzata nella valutazione cardiologica di un atleta nell'ambito del giudizio d'idoneità allo sport agonistico. Rappresenta uno degli accertamenti di seconda linea ed è uno strumento di grande rilevanza nell'iter diagnostico di un atleta. Lo studio ha voluto considerare l'importanza di comprendere, all'interno della registrazione delle 24h, una sessione di esercizio valutandone l'utilità in merito all'iter diagnostico. I risultati ottenuti mostrano che durante l'esercizio fisico alla seduta holter si riescono a riprodurre nel 65% dei casi le aritmie ventricolari comparse all'EST. Comprendendo una fase di attività fisica si può anche facilmente osservare la distribuzione e la correlazione delle aritmie durante diverse fasi (riposo, esercizio e recupero) nell'arco della giornata, riuscendo a discriminare in quali atleti sono necessari ulteriori accertamenti. La questione più rilevante emersa dall'analisi dei risultati riguarda comunque l'importanza della sessione di esercizio in relazione alla diagnosi clinica nell'atleta. Su 235 atleti oggetto di studio in 44 sono state riscontrate delle patologie, alcune di queste però, in particolare cinque casi di cicatrice non ischemica del VS e uno di cardiopatia aritmogena, hanno presentato, durante la registrazione holter, solamente BEV esercizio-indotti. La presenza della sessione di esercizio ha quindi permesso di riscontrare queste anomalie grazie alle quali si è deciso di proseguire con ulteriori accertamenti giungendo infine ad una diagnosi. In medicina dello sport, una seduta Holter-ECG delle 24h priva di una fase di esercizio fisico al suo interno risulta quindi incompleta e rischia di perdere diagnosi di patologie, predisponenti a pericolose aritmie da sforzo, di grande rilevanza clinica.





## BIBLIOGRAFIA

1. Palermi S, Cavarretta E, D'Ascenzi F, Castelletti S, Ricci F, Vecchiato M, et al. Athlete's Heart: A Cardiovascular Step-By-Step Multimodality Approach. *Rev Cardiovasc Med*. 2023 May;24(5):151.
2. Pre-participation Cardiovascular Screening of Young Competitive Athletes: Policy Guidance (AHA 2021) [Internet]. [cited 2024 Sep 2]. Available from: <https://www.heart.org/-/media/Files/About-Us/Policy-Research/Policy-Positions/Healthy-Children-and-Schools/Athlete-Screening.pdf>
3. Corrado D, Schmied C, Basso C, Borjesson M, Schiavon M, Pelliccia A, et al. Risk of sports: do we need a pre-participation screening for competitive and leisure athletes? *Eur Heart J*. 2011 Apr 1;32(8):934–44.
4. Punto-sui-certificato-medico-sportivi-regolamentato-dalle-leggi-italiane.pdf [Internet]. [cited 2024 Aug 15]. Available from: [https://www.fmsi.it/images/pdf/certificati\\_medico\\_sportivi/Punto-sui-certificato-medico-sportivi-regolamentato-dalle-leggi-italiane.pdf](https://www.fmsi.it/images/pdf/certificati_medico_sportivi/Punto-sui-certificato-medico-sportivi-regolamentato-dalle-leggi-italiane.pdf)
5. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Börjesson M, Caselli S, et al. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease: The Task Force on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2021 Jan 1;42(1):17–96.
6. DM\_1982\_n\_82\_tutela\_sanitaria\_att\_agonistica.pdf [Internet]. [cited 2024 Aug 15]. Available from: [https://www.fmsi.it/images/pdf/leggi/DM\\_1982\\_n\\_82\\_tutela\\_sanitaria\\_att\\_agonistica.pdf](https://www.fmsi.it/images/pdf/leggi/DM_1982_n_82_tutela_sanitaria_att_agonistica.pdf)
7. Zorzi A, Vessella T, De Lazzari M, Cipriani A, Menegon V, Sarto G, et al. Screening young athletes for diseases at risk of sudden cardiac death: role of stress testing for ventricular arrhythmias. *Eur J Prev Cardiol*. 2020 Feb;27(3):311–20.
8. Vessella T, Zorzi A, Merlo L, Pegoraro C, Giorgiano F, Trevisanato M, et al. The Italian preparticipation evaluation programme: diagnostic yield, rate of disqualification and cost analysis. *Br J Sports Med*. 2020 Feb;54(4):231–7.
9. Corrado D, Zorzi A, Sarto P. Pre-participation screening for safe sports activity. *Eur Heart J*. 2023 Jun 21;44(24):2258–9.
10. Löllgen H, Leyk D. Exercise Testing in Sports Medicine. *Dtsch Arztebl Int*. 2018 Jun;115(24):409–16.
11. Protocolli COCIS 2023 [Internet]. [cited 2024 Aug 15]. Available from: [https://www.asl.al.it/allegati/03n%20Protocolli%20COCIS\\_2023.pdf](https://www.asl.al.it/allegati/03n%20Protocolli%20COCIS_2023.pdf)
12. Arney BE, Glover R, Fusco A, Cortis C, de Koning JJ, van Erp T, et al. Comparison of RPE (Rating of Perceived Exertion) Scales for Session RPE. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019 Jul 1;14(7):994–6.

13. Wharton G, Steeds R, Allen J, Phillips H, Jones R, Kanagala P, et al. A minimum dataset for a standard adult transthoracic echocardiogram: a guideline protocol from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract*. 2015 Mar 1;2(1):G9–24.
14. Cavarretta E, D'Ascenzi F, Bianco M, Castelletti S, Cavigli L, Cecchi F, et al. The role of echocardiography in sports cardiology: An expert opinion statement of the Italian Society of Sports Cardiology (SIC sport). *Int J Cardiol*. 2024 Sep 1;410:132230.
15. Palermi S, Serio A, Vecchiato M, Sirico F, Gambardella F, Ricci F, et al. Potential role of an athlete-focused echocardiogram in sports eligibility. *World J Cardiol*. 2021 Aug 26;13(8):271–97.
16. Donati F, Guicciardi C, Lodi E, Fernando F, Palermi S, Modena MG, et al. Echocardiography in the preparticipation screening: an old topic revisited. *J Cardiovasc Med Hagerstown Md*. 2023 May;24(5):297–301.
17. Niederseer D, Rossi VA, Kissel C, Scherr J, Caselli S, Tanner FC, et al. Role of echocardiography in screening and evaluation of athletes. *Heart*. 2021 Feb 1;107(4):270–6.
18. Corrado D, Drezner JA, D'Ascenzi F, Zorzi A. How to evaluate premature ventricular beats in the athlete: critical review and proposal of a diagnostic algorithm. *Br J Sports Med*. 2020 Oct;54(19):1142–8.
19. Corrado D, Pelliccia A, Heidbuchel H, Sharma S, Link M, Basso C, et al. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *Eur Heart J*. 2010 Jan 1;31(2):243–59.
20. Szabo L, Brunetti G, Cipriani A, Juhasz V, Graziano F, Hirschberg K, et al. Certainties and Uncertainties of Cardiac Magnetic Resonance Imaging in Athletes. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2022 Oct 20;9(10):361.
21. Zholshybek N, Khamitova Z, Toktarbay B, Jumadilova D, Khissamutdinov N, Dautov T, et al. Cardiac imaging in athlete's heart: current status and future prospects. *Cardiovasc Ultrasound*. 2023 Dec 14;21(1):21.
22. Maestrini V, Torlasco C, Hughes R, Moon JC. Cardiovascular Magnetic Resonance and Sport Cardiology: a Growing Role in Clinical Dilemmas. *J Cardiovasc Transl Res*. 2020;13(3):296–305.
23. Bherer L, Pothier K. Physical Activity and Exercise. In: Strobach T, Karbach J, editors. *Cognitive Training: An Overview of Features and Applications* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2021 [cited 2024 Sep 4]. p. 319–30. Available from: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39292-5\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39292-5_22)
24. Seo YG, Oh S, Park WH, Jang M, Kim HY, Chang SA, et al. Optimal aerobic exercise intensity and its influence on the effectiveness of exercise therapy in patients with pulmonary arterial hypertension: a systematic review. *J Thorac Dis*.

2021 Jul;13(7):4530–40.

25. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020 Dec 1;54(24):1451–62.

26. Lear SA, Brozic A, Myers JN, Ignaszewski A. Exercise Stress Testing. *Sports Med*. 1999 May 1;27(5):285–312.

27. Norton K, Norton L, Sadgrove D. Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *J Sci Med Sport*. 2010 Sep 1;13(5):496–502.

28. Mendes M de A, da Silva I, Ramires V, Reichert F, Martins R, Ferreira R, et al. Metabolic equivalent of task (METs) thresholds as an indicator of physical activity intensity. *PLoS ONE*. 2018 Jul 19;13(7):e0200701.

29. Strath SJ, Swartz AM, Bassett D.R. Jr, O'Brien WL, King GA, Ainsworth BE. Evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(9 SUPPL.):S465–70.

30. Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS. ACSM's New Preparticipation Health Screening Recommendations from ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, Ninth Edition. *Curr Sports Med Rep*. 2013 Aug;12(4):215.

31. Ansari Y, Mourad O, Qaraqe K, Serpedin E. Deep learning for ECG Arrhythmia detection and classification: an overview of progress for period 2017–2023. *Front Physiol* [Internet]. 2023 Sep 15 [cited 2024 Sep 1];14. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2023.1246746/full>

32. Fu D guan. Cardiac Arrhythmias: Diagnosis, Symptoms, and Treatments. *Cell Biochem Biophys*. 2015 Nov 1;73(2):291–6.

33. Ministero della salute. Aritmie cardiache [Internet]. [cited 2024 Sep 1]. Available from: <https://www.salute.gov.it/portale/alleanzaCardioCerebrovascolari/dettaglioSchedeAlleanzaCardioCerebrovascolari.jsp?lingua=italiano&id=72&area=Alleanza%20italiana%20per%20le%20malattie%20cardio-cerebrovascolari&menu=malattie>

34. Di Carlo A, Bellino L, Consoli D, Mori F, Zaninelli A, Baldereschi M, et al. Prevalence of atrial fibrillation in the Italian elderly population and projections from 2020 to 2060 for Italy and the European Union: the FAI Project. *EP Eur*. 2019 Oct 1;21(10):1468–75.

35. Fuster V, Rydén LE, Cannom DS, Crijns HJ, Curtis AB, Ellenbogen KA, et al. ACC/AHA/ESC 2006 Guidelines for the Management of Patients With Atrial Fibrillation. *Circulation*. 2006 Aug 15;114(7):e257–354.

36. Cardiovascular Education [Internet]. [cited 2024 Sep 2]. Atrial fibrillation: ECG, classification, causes, risk factors & management. Available from:

<https://ecgwaves.com/topic/atrial-fibrillation-ecg-ekg-causes-classification-management/>

37. Costantini M, Carbone V, Costantini L. Doppia via nodale: basi fisiologiche, risvolti aritmologici ed espressioni elettrocardiografiche. *G Ital Cardiol*. 2018 Apr 1;19(4):222–31.
38. Manuali MSD Edizione Professionisti [Internet]. [cited 2024 Sep 3]. Aritmie ectopiche sopraventricolari - Disturbi dell'apparato cardiovascolare. Available from: <https://www.msmanuals.com/it-it/professionale/disturbi-dell-apparato-cardiovascolare/aritmie-cardiache-specifiche/aritmie-ectopiche-sopraventricolari>
39. Premature ventricular complexes: Clinical presentation and diagnostic evaluation [Internet]. [cited 2024 Sep 1]. Available from: <https://medilib.ir/uptodate/show/994>
40. ECG tutorial: Ventricular arrhythmias [Internet]. [cited 2024 Sep 3]. Available from: <https://medilib.ir/uptodate/show/2119>
41. Sabino Iliceto, Renato Razzolini. *Manuale di Cardiologia*. PICCIN; 2019.
42. Zorzi A, Mastella G, Cipriani A, Berton G, Del Monte A, Gusella B, et al. Burden of ventricular arrhythmias at 12-lead 24-hour ambulatory ECG monitoring in middle-aged endurance athletes versus sedentary controls. *Eur J Prev Cardiol*. 2018 Dec;25(18):2003–11.
43. D'Ascenzi F, Zorzi A, Alvino F, Bonifazi M, Corrado D, Mondillo S. The prevalence and clinical significance of premature ventricular beats in the athlete. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27(2):140–51.
44. Drezner JA, Sharma S, Baggish A, Papadakis M, Wilson MG, Prutkin JM, et al. International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: Consensus statement. *Br J Sports Med*. 2017 May 1;51(9):704–31.
45. Zorzi A, De Lazzari M, Mastella G, Niero A, Trovato D, Cipriani A, et al. Ventricular Arrhythmias in Young Competitive Athletes: Prevalence, Determinants, and Underlying Substrate. *J Am Heart Assoc Cardiovasc Cerebrovasc Dis*. 2018 Jun 9;7(12):e009171.
46. Sirico F, Fernando F, Di Paolo F, Adami PE, Signorello MG, Sannino G, et al. Exercise stress test in apparently healthy individuals – where to place the finish line? The Ferrari corporate wellness programme experience. *Eur J Prev Cardiol*. 2019 May 1;26(7):731–8.
47. Mont L, Pelliccia A, Sharma S, Biffi A, Borjesson M, Terradellas JB, et al. Pre-participation cardiovascular evaluation for athletic participants to prevent sudden death: Position paper from the EHRA and the EACPR, branches of the ESC. Endorsed by APHRS, HRS, and SOLAECE. *EP Eur*. 2017 Jan 1;19(1):139–63.
48. Fyyaz S, Papadakis M. Arrhythmogenesis of Sports: Myth or Reality?

Arrhythmia Electrophysiol Rev. 2022 Apr;11:e05.

49. 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 Dec 3;42(11):1959–63.
50. D’Andrea A, Sperlongano S, Russo V, D’Ascenzi F, Benfari G, Renon F, et al. The Role of Multimodality Imaging in Athlete’s Heart Diagnosis: Current Status and Future Directions. *J Clin Med.* 2021 Oct 31;10(21):5126.
51. Zorzi A, Cipriani A, Bariani R, Pilichou K, Corrado D, Bauce B. Role of Exercise as a Modulating Factor in Arrhythmogenic Cardiomyopathy. *Curr Cardiol Rep.* 2021 May 7;23(6):57.
52. Perrin MJ, Angaran P, Laksman Z, Zhang H, Porepa LF, Rutberg J, et al. Exercise Testing in Asymptomatic Gene Carriers Exposes a Latent Electrical Substrate of Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2013 Nov 5;62(19):1772–9.
53. Zorzi A, Perazzolo Marra M, Rigato I, De Lazzari M, Susana A, Niero A, et al. Nonischemic Left Ventricular Scar as a Substrate of Life-Threatening Ventricular Arrhythmias and Sudden Cardiac Death in Competitive Athletes. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2016 Jul;9(7):e004229.
54. Brunetti G, Graziano F, Cavigli L, Cipriani A, D’Ascenzi F, Bauce B, et al. Reproducibility of ventricular arrhythmias at exercise testing for prediction of non-ischaemic left ventricular scar in athletes. *Eur J Prev Cardiol.* 2023 Feb 1;30(2):107–16.