



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Medicina

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecniche
dell'Attività Motoria Preventiva e Adattata

Tesi di Laurea

**Irregolarità mestruali e fratture da stress in atlete italiane d'élite
praticanti atletica leggera**

Relatore: Prof.ssa Tatiana Moro

Correlatore: Prof. Davide Grigoletto

Laureanda: Gioi Spinello

N° di matricola: 2021768

A.A. 2021/2022

Sommario

| | |
|---|----|
| RIASSUNTO-ABSTRACT | 1 |
| CAPITOLO 1: Introduzione e background dello studio | 3 |
| 1.1 Introduzione | 3 |
| 1.2 Fratture da stress | 3 |
| 1.2.1 Tessuto osseo e processi di rimodellamento e mantenimento dell'osso | 5 |
| 1.3 Irregolarità mestruali | 7 |
| 1.4 Low energy availability (LEA) e Relative Energy Deficiency in Sports (RED-S) | 9 |
| CAPITOLO 2: Scopo della tesi | 11 |
| CAPITOLO 3: Materiali e metodi | 15 |
| 3.1 Partecipanti e criteri di inclusione | 15 |
| 3.3 Analisi statistica | 18 |
| CAPITOLO 4: Risultati e discussione | 19 |
| 4.1 Risultati del Questionario sulle patologie da sovraccarico osseo (PSO) | 19 |
| 4.1.1 Incidenza PSO e distribuzione nelle diverse discipline | 19 |
| 4.1.2 Localizzazione anatomica delle PSO | 20 |
| 4.1.3 Distribuzione delle PSO durante la stagione agonistica | 20 |
| 4.1.4 Ciclo mestruale | 21 |
| 4.1.5 Recupero e integratori | 21 |
| 4.2 Risultati del LEAF-Q | 22 |
| 4.2.1 Infortuni | 24 |
| 4.2.2 Funzione gastrointestinale | 24 |
| 4.2.3 Ciclo mestruale | 25 |
| 4.3 Risultati del diario alimentare | 26 |
| 4.4 Analisi gruppo a rischio (GRT) VS gruppo non a rischio (GNRT) | 28 |
| 4.5 Correlazioni e regressioni gruppo a rischio (GRT) e gruppo non a rischio (GNRT) | 29 |
| CAPITOLO 5: Discussione e conclusioni | 33 |
| 5.1 Discussione | 33 |
| 5.2 Conclusioni | 36 |
| BIBLIOGRAFIA | 39 |
| APPENDICE | 45 |

RIASSUNTO-ABSTRACT

L'obiettivo di questo studio è quello di osservare il rapporto tra irregolarità mestruali e fratture da stress. Sono state intervistate un totale 100 atlete di alto livello praticanti specialità di corsa e salti somministrando loro un questionario per identificare il rischio di sviluppare la triade dell'atleta (LEAF-Q), un questionario sulle fratture da stress e un diario alimentare. Il campione è stato diviso in base ai risultati del LEAF-Q in due gruppi: un gruppo di atlete considerate ad alto rischio di sviluppare la triade (GRT) e un gruppo di atlete con un minor rischio di sviluppare la triade (GNRT). Osservando il campione totale è possibile notare che quasi un'atleta su due ha avuto almeno una diagnosi di frattura da stress (47%) e che il 46% delle atlete ha o ha avuto irregolarità mestruali. Confrontando GRT e GNRT si possono osservare delle differenze statisticamente significative rispetto all'età del menarca ($t_{98}=-2,67$; $p<0,01$) e al BMI più basso raggiunto ($t_{98}=2,69$; $p<0,01$); che le atlete del GRT hanno avuto più irregolarità mestruali rispetto alle atlete non a rischio ($\chi^2=28,28$; $p<0,001$) e che in base al tipo di specialità praticata le atlete di mezzofondo e fondo risultano maggiormente a rischio di sviluppare la triade ($\chi^2=18,22$; $p=0,02$). Nel GRT il punteggio ottenuto nel LEAF correla con il BMI attuale ($r=-0,36$; $p=0,025$) e con il BMI più basso raggiunto ($r=-0,37$; $p=0,021$) ed inoltre l'età del menarca correla in modo statisticamente significativo con il numero di fratture avute ($r=0,75$; $p<0,001$) e attraverso la regressione lineare multipla risulta un predittore attendibile per il 56% ($r^2=0,56$; $p<0,001$) mentre questo non si verifica nel GNRT.

I risultati di questo studio suggeriscono quindi che irregolarità mestruali e fratture da stress sono problemi relativamente comuni tra le atlete d'élite. L'utilizzo di questionari potrebbe essere un'utile strategia al fine di identificare precocemente le atlete ad alto rischio di sviluppare la triade, al fine di intervenire precocemente e cercare di evitare infortuni.

High level athletes are more likely to develop injuries and hormonal dysfunction: because of the intense mental and physical demand they are exposed to stressors that can cause overuse injuries and menstrual dysfunction. The purpose of this study was to observe the relationship between menstrual irregularities and stress fractures in Italian elite track and field athletes.

Participants were 100 female high level (national, European, world and Olympic) track and field athletes specialized in jumps, hurdles, sprint, combined event, middle and long distance. They were asked to answer a questionnaire to identify risk of female athlete triad (LEAF-Q), a questionnaire about bone stress injuries and a food diary. According to LEAF-Q scoring, participants were divided into two groups: GRT (athletes at risk of the Triad) and GNRT (athletes not at risk of the Triad).

The 47% of the total sample had at least one stress fracture and the 46% of the total sample has or had menstrual irregularities. There were some differences between groups according to age of menarche ($t_{98}=-2,67$; $p<0,01$) and lowest BMI ($t_{98}=2,69$; $p<0,01$). The GRT had more menstrual irregularities than the GNRT ($\chi^2=28,28$; $p<0,001$) and there were differences between track and field events in the probability of developing the Triad ($\chi^2=18,22$; $p=0,02$) with a higher probability in long and middle distances.

In the GRT there was a significant negative correlation between LEAF-Q scoring and actual BMI ($r=-0,36$; $p=0,025$) and lowest BMI ($r=-0,37$; $p=0,021$); moreover, a significant positive correlation was observed between age of menarche and number of bone stress injuries ($r=0,75$; $p<0,001$) and multiple linear regression shows the age of menarche as a significant predictor of fractures ($r^2=0,56$; $p<0,001$) while it does not occur in the GNRT. The result of the present study suggests that menstrual irregularities and bone stress injuries are common problems in elite athletes. Management strategies should be implemented to detect athletes at high risk of Triad, in order to enable early intervention and avoid injuries.

CAPITOLO 1: Introduzione e background dello studio

1.1 Introduzione

L'atletica leggera viene da sempre considerata la regina degli sport ma, a causa della ciclicità e del gesto tecnico intrinseco del correre e saltare, espone gli atleti e le atlete che la praticano, a stress continui e ripetuti a livello del sistema muscolo scheletrico; questo porta loro inevitabilmente ad un elevato rischio di infortuni da sovraccarico. Secondo gli studi, gli sportivi di alto livello risultano maggiormente suscettibili a problematiche fisiche e psicologiche: a causa degli alti volumi ed intensità di allenamento ed alle grandi aspettative riposte su di loro sono esposti a elevate fonti di stress[1]. A causa di questo stress vi può essere una stimolazione eccessiva del sistema nervoso simpatico e dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene (HPA) che, se protratta nel tempo, può portare ad una disregolazione di diversi assi ormonali e ad una diminuzione della formazione ossea, del tessuto connettivo, della massa muscolare[2] e, nell'atleta di sesso femminile, può causare irregolarità mestruali[3].

Attraverso la mia esperienza personale ed il mio coinvolgimento nel mondo dell'atletica italiana, ho potuto constatare che diversi atleti hanno avuto almeno una diagnosi di frattura da stress durante la loro carriera agonistica; questo tipo di infortunio si origina quando, a causa di un carico sottomassimale ripetuto ed eccessivamente concentrato nel tempo, si superano le capacità di rigenerazione ed adattamento dell'osso. Per questo motivo, alla fine del mio percorso di laurea triennale, ho eseguito uno studio epidemiologico sull'incidenza di fratture da stress in atleti di sesso maschile e femminile di alto livello, praticanti le discipline di corsa dell'atletica leggera. Attraverso l'analisi dei dati, è stato osservato che l'età del menarca e le irregolarità mestruali sono i principali fattori di rischio nelle donne ed in particolar modo tra le specialiste delle discipline degli 800m e 1500m: a partire da questa evidenza è stato pensato di indagare in modo più approfondito le irregolarità mestruali presenti tra le atlete élite delle diverse discipline di corsa (velocità, ostacoli, mezzofondo e fondo) e salti (in estensione ed in elevazione).

1.2 Fratture da stress

La frattura da stress (Fig. 1 esempio di frattura da stress al III metatarso) è il risultato di un carico ciclico superiore al normale che porta ad un aumentato riassorbimento corticale e a frattura[4].

I termini frattura da fatica, microfrattura, frattura da sovraccarico e frattura da stress sono intercambiabili; questa patologia venne descritta per la prima volta da Breithaupt, un medico tedesco che nel 1855 la osservò sull'esercito prussiano[4][5].

Quando si ha una frattura da stress (FDS) l'attività degli osteoclasti predomina su quella degli osteoblasti, determinando quindi una fragilità ossea; un sovraccarico continuo e ripetuto può creare uno stress superiore alla capacità elastica dell'osso che porta ad un deterioramento degli osteociti, fattore che, da un punto di vista fisiologico, determina le microfratture [4][5]. Chiaramente risulta necessario sottolineare che



Figura 1: Esempio di frattura da stress al terzo metatarso

gli effetti delle forze deformanti dipendono dall'intensità del carico e dall'abilità dell'osso a resistere alla deformazione; prima di arrivare al valore soglia che determina la frattura ($7300\mu\epsilon$)[6], si creano dei microtraumi, che se, accumulati nel tempo, riducono le capacità di assorbimento dell'osso. Nel paragrafo successivo verranno descritte in maggior dettaglio le caratteristiche del tessuto osseo e i processi di rimodellamento osseo.

Da un punto di vista epidemiologico risulta una patologia comune tra giocatori di basket, *track and field athletes*, in particolar modo gli atleti che praticano discipline di corsa, danzatori e militari[4][5]: a causa della ciclicità di queste discipline, si accumulano dei microtraumi a livello osseo che portano poi alla frattura da stress.

Le cause che possono determinare una frattura da stress possono essere divise in fattori estrinseci ed intrinseci. I fattori estrinseci sono fattori modificabili che includono il volume e l'intensità dell'allenamento, le calzature (da variare ogni 6 mesi o ogni 480/800 chilometri), la superficie utilizzata per gli allenamenti, un alto numero di competizioni durante l'anno, importanti modificazioni del programma di allenamento e l'utilizzo di steroidi ed antidepressivi [4][5][7][8][9][10][11][12][13].

Alcuni comportamenti al di fuori delle sedute di allenamento come il consumo di alcolici, tabacco e caffeina, possono incidere negativamente sulla salute delle ossa [5][9][14] e quindi conseguentemente anche sull'esito di fratture da stress.

Tra i fattori intrinseci troviamo età, sesso, BMI inferiore a 19, bassa densità ossea, triade dell'atleta uomo e donna, fattori ormonali, amenorrea o oligomenorrea, un menarca ritardato (ovvero dopo i 15 anni), disturbi del comportamento alimentare, una massa muscolare ridotta, ciclo del passo irregolare, esercizio compulsivo e basse concentrazioni ematiche di vitamina D e calcio[10][15][16][17].

A scopo preventivo risulta importante considerare il controllo della flessibilità[9][12], della forza muscolare (la cui diminuzione potrebbe incidere sullo sviluppo di fratture da stress) [5][9][12][14] e dell'endurance (una diminuzione della fitness cardiorespiratoria sembra infatti essere un fattore di rischio)[4][9][12][14].

Da un punto di vista antropometrico vi sono alcune caratteristiche che sembrano essere potenzialmente rischiose per lo sviluppo di fratture da stress; tra queste troviamo ginocchio valgo o varo, aumentata rotazione esterna dell'anca, piede cavo o piatto, ipo- o iperpronazione del piede, alluce valgo, tibia vara, dismetria degli arti inferiori, un Q angle superiore ai 15 gradi, ridotta CSA della tibia, ridotta circonferenza del gastrocnemio, lassità legamentosa[4][16][18].

Le fratture da stress vengono classificate in fratture ad alto e basso rischio: le prime sono localizzate in siti anatomici scarsamente vascolarizzati o in cui agiscono elevate forze (ad esempio collo femorale, rotula, parte anteriore della tibia, astragalo, malleolo mediale, scafoide, V metatarso e sesamoidi); le FDS a basso rischio vengono curate con il riposo e una ripresa graduale dell'attività a partire da quando il soggetto non riferisce più dolore (alcuni siti comuni sono calcagno, tibia posteromediale e dal II al IV metatarso) [5][9][19][20][21][22].

1.2.1 Tessuto osseo e processi di rimodellamento e mantenimento dell'osso

Il tessuto osseo è un tessuto connettivo, anisotropo e viscoelastico che possiede diverse proprietà meccaniche come la forza e la stiffness; esso viene continuamente sottoposto a forze che, in base alle loro linee di azione, possono essere normali o deformanti: le forze normali agiscono lungo un piano perpendicolare alla sezione trasversale dell'osso, mentre quelle deformanti agiscono lungo un piano perpendicolare al suolo[23].

La capacità di un osso di resistere a queste forze è determinata da intensità, direzione e durata della forza applicata, dalla morfologia dell'osso (poiché determina una maggiore o minore

capacità di assorbire gli urti) e dalla sua composizione (l'osso spugnoso è in grado di dissipare le forze che agiscono sullo stesso).

Queste forze possono essere sommariamente riassunte in: compressione, tensione, shear force, bending force e torsione e tra queste, le forze che provocano fratture da stress sono solitamente la compressione, la tensione e la shear force. È importante ricordare che queste forze provocano delle fratture solo quando la loro intensità supera le capacità di carico dell'osso, ma sono necessarie e fondamentali per permettere la crescita ossea.

Le leggi che spiegano i processi di rimodellamento e rigenerazione ossea sono la legge di Wolff e quella di Roux. La legge dell'osso di Wolff afferma che l'applicazione di cicli di tensione e compressione portano a variazioni della struttura architettonica della sostanza ossea ed a cambiamenti della conformazione esterna delle ossa: quando viene indotto uno stress importante sull'osso e si supera il range elastico dello stesso, questo si deforma o creando microfratture o determinando un rimodellamento perenne della struttura architettonica dell'osso. La legge di Roux afferma che la formazione di nuovo tessuto osseo è causata dall'aumento delle forze pressorie, mentre la loro diminuzione e/o la mancanza di stimoli porta alla formazione di nuovo tessuto osteoide. È comprensibile quindi quanto sia importante stimolare il deposito di matrice ossea sfruttando la proprietà piezoelettrica dell'osso ed applicare carichi ciclici tensivi e compressivi che aumentano la densità ossea in corrispondenza del punto dello stimolo.

Il rimodellamento osseo è un processo che perdura per tutta la vita di un individuo; esso ripara le microfratture, rilascia i minerali nel sangue e rimodella le ossa in base al loro uso e disuso (seguendo quindi la legge di Wolff). Se un osso è soggetto a disuso, gli osteoclasti rimuovono la matrice eliminando la massa ossea non necessaria; se invece un osso è molto utilizzato, gli osteoblasti depositano nuovo tessuto inspessendolo.

Il ciclo di rimodellamento osseo è finemente regolato da una struttura temporanea definita Bone Remodelling Unit (BMU) la quale è composta da osteociti, osteoclasti, osteoblasti e cellule del rivestimento dell'osso (bone lining cells). Il rimodellamento dell'osso è composto principalmente da tre fasi: la prima consiste nel riassorbimento, la seconda viene definita fase di transizione ed infine vi è la fase di sintesi.

Questi processi sono finemente regolati da numerosi fattori quali:

- apporto di sali di calcio e fosfato attraverso la dieta; queste sostanze sono necessarie per produrre matrice ossea;

- vitamine A, la quale favorisce la sintesi di GAGs (componente fondamentale della matrice);
- vitamina C, la quale favorisce il legame del tessuto osseo con altri tessuti connettivi;
- vitamina D, fondamentale perché stimola l'assorbimento ed il trasporto di fosfato e calcio nel sangue;
- la calcitonina, ormone prodotto dalle cellule C della tiroide, inibisce gli osteoclasti ed aumenta l'eliminazione di calcio e l'attività degli osteoblasti;
- la presenza di GH (prodotto dall'adenoipofisi) e di tiroxina (prodotta dalla tiroide); entrambi agiscono aumentando l'assorbimento intestinale di calcio, la proliferazione di cartilagine e la crescita in lunghezza delle ossa;
- la presenza di ormoni sessuali (estrogeni e testosterone), i quali stimolano gli osteoblasti e la crescita ossea;
- la presenza di ormone tiroideo, insulina e fattori di crescita presenti all'interno dell'osso che determinano la deposizione di tessuto osseo;
- il rilascio del PTH (paratormone prodotto dalle paratiroidi) il quale promuove il riassorbimento osseo, incrementando la velocità di assorbimento di calcio e riducendone l'eliminazione; il suo scopo è in realtà, il mantenimento di appropriate concentrazioni di calcio nel sangue.

Tutti questi fattori sono di fondamentale importanza per poter determinare l'equilibrio tra deposizione e riassorbimento del tessuto: se il soggetto è un adulto sano la velocità di formazione dell'osso è uguale alla velocità di riassorbimento, ma talvolta questo meccanismo può subire delle alterazioni, come nel caso della frattura da stress.

1.3 Irregolarità mestruali

Lo sport ha numerosi effetti positivi su ragazze giovani ad esempio riduce il rischio di abuso di sostanze, riduce il rischio di depressione e di sviluppare malattie croniche; tuttavia molte atlete donne sviluppano problematiche mestruali che possono ridurre i benefici dell'esercizio fisico.

Il ciclo mestruale rappresenta l'orologio biologico femminile: è un segnale di salute della donna e porta a modificazione dell'assetto ormonale e dell'istologia dell'utero per la variazione della parete dell'endometrio. La mestruazione ha inizio durante la pubertà (menarca) e termina in modo permanente con la menopausa; un menarca ritardato, ovvero

dopo i 15 anni, può provocare importanti alterazioni ormonali e quindi conseguentemente problematiche a livello del tessuto osseo e del sistema cardiovascolare e riproduttivo. Il ciclo mestruale ha una durata media tra 25 e 35 giorni e il primo giorno di ciclo è rappresentato dal primo giorno in cui sono presenti delle perdite vaginali visibili di fluido mestruale; perdite di durata inferiore ai 2 giorni rappresentano un segnale di irregolarità mestruale e un possibile segnale di bassa disponibilità energetica.

Il ciclo mestruale è finemente regolato dagli ormoni luteinizzante e follicolo-stimolante, i quali favoriscono l'ovulazione e stimolano le ovaie a produrre estrogeno e progesterone.

Quando parliamo di disfunzioni mestruali nelle atlete spesso si tratta di amenorrea funzionale ipotalamica (FHA): questo termine viene utilizzato per indicare la perdita del ciclo mestruale a causa di differenti tipi di stress, e viene diagnosticata dopo aver escluso qualsiasi altro motivo eziologico di amenorrea. Il termine funzionale suggerisce che questa condizione può essere modificata, o meglio migliorata, correggendo alcuni fattori comportamentali come nutrizione, esercizio fisico eccessivo, variazioni importanti di peso e stress[24].

Nel 2017 la Endocrine Society clinical Practice on FHA, ha confermato la FHA come una forma di anovulazione cronica non legata a cause organiche ma legata a diversi tipi di stress come perdita di peso, esercizio fisico eccessivo o esperienze traumatiche da un punto di vista psicologico[25].

Una bassa disponibilità energetica legata ad un aumento della spesa calorica o ad un intake calorico insufficiente può avere effetto inibitore sull'asse ipotalamico (HPO) che distribuisce l'energia per la sopravvivenza di altre funzioni vitali[3].

È interessante considerare che i meccanismi che portano allo sviluppo di FHA non sono del tutto conosciuti: esistono diversi gradi di perdita di peso o esercizio fisico eccessivo che possono indurre l'amenorrea ed è presente inoltre una predisposizione genetica per lo sviluppo della FHA (le mutazioni geniche più comuni identificate sono KAL1, FGFR1, PROKR2, GNRHR)[26].

La diagnosi di FHA comporta numerosi rischi per la salute della donna a causa del basso livello di estrogeni; pertanto sono maggiormente a rischio di avere complicanze a livello del sistema riproduttivo, cardiovascolare e scheletrico.

Nello specifico avranno infertilità e quindi non saranno in grado di avere una gravidanza spontanea; tuttavia le problematiche del sistema riproduttivo risultano reversibili e risolvibili

nel tempo normalizzando la disponibilità energetica e riducendo le fonti di stress della donna[27].

A livello del sistema cardiovascolare, gli estrogeni hanno un effetto cardioprotettivo con funzione sull'endotelio, sui vasi sanguigni, sul muscolo cardiaco e su parametri metabolici; per questo motivo, in pazienti con diagnosi di FHA sono stati osservati livelli lipidici alterati (aumento dei livelli di trigliceridi, colesterolo totale e LDL) e disfunzione endoteliale. Inoltre dai primi risultati dello studio *Nurses' Health Study* è stato osservato che le donne che da giovani avevano avuto irregolarità mestruali, sono quelle che in età adulta risultano maggiormente a rischio di sviluppare malattie cardiovascolari[28].

A livello dell'apparato scheletrico le problematiche maggiori sono legate a una bassa BMD e un maggior rischio di fratture e fratture da sovraccarico; inoltre gli estrogeni influenzano alcuni tessuti del sistema muscolo-scheletrico, pertanto vi possono essere effetti negativi anche a livello di muscoli, tendini e legamenti.

Gli estrogeni hanno anche una funzione a livello del sistema nervoso centrale, pertanto possono causare problematiche di tipo psicologico come difficoltà di concentrazione, ansia, depressione e disturbi dell'umore[26].

Il trattamento più efficace per FHA risulta ristabilire il corretto apporto calorico, ridurre lo stress e l'attività sportiva. Può essere utile l'affiancamento di una figura di uno psicologo poiché disturbi dell'umore, DCA e ansia spesso coesistono con questa patologia.

Se il trattamento sulle modificazioni dello stile di vita non dovesse essere sufficiente, si possono iniziare cicli di estrogeno e progesterone[26].

1.4 Low energy availability (LEA) e Relative Energy Deficiency in Sports (RED-S)

Come osservato nei paragrafi precedenti, tra i fattori di rischio che possono portare a fratture da stress e FHA vi è la bassa disponibilità energetica (LEA).

La disponibilità energetica viene definita come la quantità di energia da utilizzare non per l'esercizio fisico/allenamento ma per lo svolgimento dei processi fisiologici del corpo come crescita, funzione immunitaria, movimento e termoregolazione[3]; viene calcolata come la differenza tra l'introito calorico e la spesa energetica durante l'allenamento, diviso i kg di massa magra (Fig. 2). Al fine di garantire le normali funzioni fisiologiche dell'organismo, si raccomanda di mantenere una disponibilità energetica di almeno 45kcal/kg FFM/day.

La Low Energy Availability (LEA) viene definita quando si ottiene un valore inferiore alle <30kcal/kg FFM/day: in questa condizione il corpo non ha abbastanza energia per supportare tutte le funzioni fisiologiche necessarie per mantenere una salute ottimale.

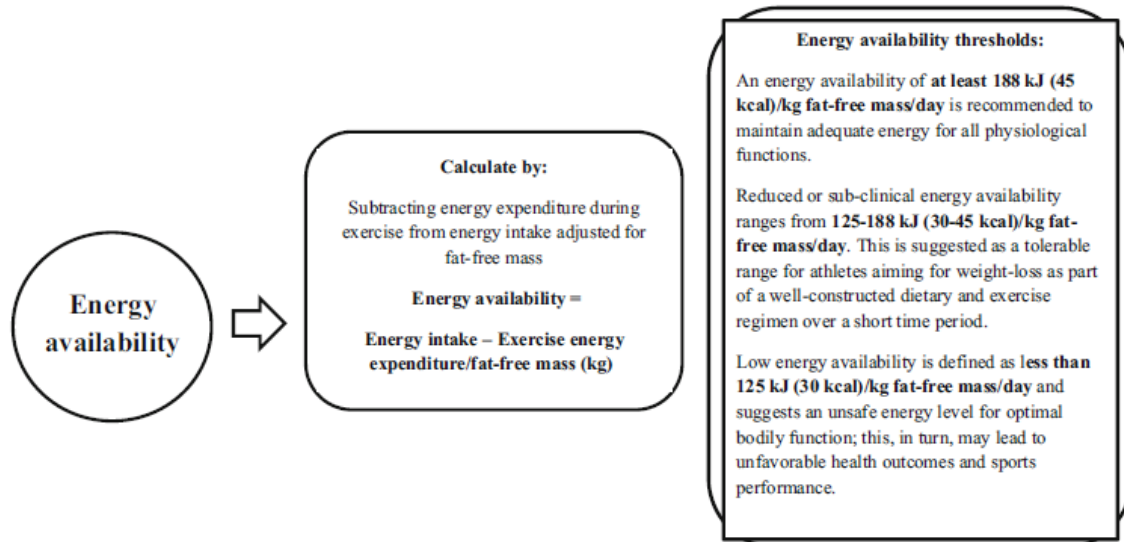


Figura 2: Formula della disponibilità energetica e soglie di energy availability definite per donne fisicamente attive[29]

La LEA può avvenire in presenza o meno di disturbi del comportamento alimentare e ha un effetto piuttosto impattante e negativo sulla salute dell'atleta; oltre a compromettere la funzione mestruale e la salute delle ossa, agisce anche su fattori fisiologici portando a diminuzione di glucosio, pressione, RMR e disregolazioni ormonali; su fattori psicologici e tra questi troviamo dispercezione dell'immagine corporea, scarsa autostima e restrizione dell'introito calorico e su fattori comportamentali tra cui diminuzione della concentrazione, aumento del rischio di infortunio, diminuzione della performance e forza muscolare, depressione e maggior irritabilità[29].

Quando si presenta uno status in cui il soggetto dimostra una compromissione di alcune funzioni fisiologiche tra cui metabolic rate, funzione mestruale, salute delle ossa, immunità, salute cardiovascolare e sintesi proteica ad oggi viene definita RED-S (Relative Energy Deficiency in Sports). Questa sindrome può colpire atleti di qualsiasi livello, professionisti e amatori, donne e uomini; ma, nonostante abbia effetti negativi sulla salute dell'atleta e sulla sua performance è poco conosciuta, uno studio condotto da Kroshus e coll. ha evidenziato che tra gli allenatori di NCAA solo un terzo di loro era a conoscenza di cosa fosse la RED-S[30].

CAPITOLO 2: Scopo della tesi

La presenza di irregolarità mestruali in atlete élite risulta un argomento di grande interesse scientifico ma, nonostante questo, la maggior parte di allenatori ed atleti non danno la giusta importanza al problema. L'amenorrea in giovani mezzofondiste è stata considerata per anni una "naturale" conseguenza dell'allenamento[24] ma ad oggi sappiamo che in moltissimi casi è il risultato di una bassa disponibilità energetica e porta a conseguenze negative relativamente alla salute dell'atleta ma anche alla performance stessa; è stato osservato infatti che la presenza di irregolarità mestruali è associata ad un numero più alto di infortuni a livello del sistema muscolo scheletrico[31] e questo porta inevitabilmente l'atleta all'impossibilità di allenarsi e quindi di ottenere risultati.

La maggior parte delle atlete conosce l'importanza di avere un ciclo regolare, ma spesso ha una grande difficoltà nel parlarne perché è un argomento delicato che spesso si tende ad evitare. Sono stati fatti alcuni studi al fine di esaminare quanto le atlete riescano e si sentano a proprio agio nel parlare di irregolarità mestruali con figure quali il coach (spesso di sesso maschile) o in generale con lo staff sanitario[32][33] e si è potuto osservare che l'apertura nel parlare di questi argomenti risulta molto personale e che talvolta si tende ad evitare di parlare di questa tematica per imbarazzo, differenza di genere e sensazione che non sia un argomento che riguardi l'allenatore.

Le atlete che praticano sport ad alto livello sono ad un aumentato rischio di sviluppare disturbi del comportamento alimentare (DCA) rispetto alla popolazione generale; lo studio di Gorrel[34] afferma che nelle atlete praticanti discipline di endurance running vi sia infatti un'elevata associazione tra esercizio compulsivo e DCA. Sempre associato ai DCA vi è anche la presenza della *body dissatisfaction*; in particolar modo tra le atlete praticanti endurance running si cerca di raggiungere un modello di fisico magrissimo con una *low body fat* che tradizionalmente viene associato ad una migliore performance dell'atleta praticanti lunghe distanze[35]. È stato osservato però, che un numero maggiore di infortuni è osservabile proprio nelle atlete che riducono consapevolmente l'introito calorico di cibo o hanno una grande preoccupazione per la propria immagine corporea[36]. Anche durante il questionario eseguito nel presente studio, un'atleta (1,64m x 47,5kg) alla domanda: "Secondo te/il tuo allenatore qual è il motivo dell'infortunio avuto?" ha risposto: "Penso di essermi fatta male perché ho le cosce grosse".

Anche nello studio di Ravi e colleghi[37] si conferma quanto affermato in precedenza ovvero che irregolarità mestruali e DCA siano problemi relativamente comuni tra le atlete e che atteggiamenti quali *restrictive eating* e disturbi del comportamento alimentare siano associati ad un maggior numero di infortuni.

Le fratture da stress (FDS) sono una patologia da sovraccarico osseo spesso sottovalutata dagli atleti, poiché inizialmente il dolore non risulta troppo intenso; purtroppo però risulta un infortunio non così raro e in letteratura, la maggior parte degli studi, indaga la presenza di FDS in atleti praticanti fondo e mezzofondo.

Nel mondo dell'atletica italiana vi è un po' di confusione tra il concetto di FDS e di edema spongioso midollare; il modo migliore per diagnosticare una microfrattura è la risonanza magnetica e attraverso questa, quando è presente una FDS, si osserva sempre un accumulo di essudato infiammatorio a livello dell'osso coinvolto nella frattura, definito edema spongioso midollare. La presenza di edema spongioso midollare può essere sia un campanello d'allarme che precede la FDS, sia una reazione infiammatoria dell'osso a causa di una FDS; risulta comunque importante sottolineare che se è presente edema, l'osso è in sofferenza perché è stato sottoposto ad un sovraccarico che supera la propria capacità di rimodellamento.

Le ricerche riguardanti le patologie da sovraccarico osseo sono moltissime e riportano come fattori di rischio la presenza di modificazioni del ciclo in base all'allenamento[38], età del menarca, presenza di irregolarità mestruali, BMI inferiore ai 19, volumi più alti di allenamento[10] e sottolineano il fatto che l'atletica leggera sia uno sport con un rischio piuttosto elevato di sviluppare FDS[14][39].

Alla fine del percorso di laurea triennale si è voluto eseguire uno studio con lo scopo di osservare l'incidenza di patologie da sovraccarico osseo in un campione di atleti di alto livello di sesso maschile e femminile praticanti le discipline di corsa dell'atletica leggera e di osservare i possibili fattori di rischio che espongono a FDS gli atleti italiani di livello nazionale ed internazionale[40]. Dall'analisi si evince che il 52% degli atleti intervistati ha avuto almeno una patologia da sovraccarico osseo durante la propria carriera agonistica: i risultati dimostrano differenze non significative nella probabilità di riportare FDS per quanto riguarda il sesso, la specialità praticata, la sede anatomica della frattura e il periodo dell'infortunio, mentre è presente una differenza significativa per quanto riguarda il terreno di allenamento ($\chi^2=12,43$; $p=0,03$), con percentuali maggiori per impianti indoor e strada

asfaltata. Osservando il campione delle atlete donne è emersa una differenza significativa per quanto riguarda la probabilità di riportare fratture in relazione alla specialità praticata ($\chi^2=7,63$; $p=0,02$), con percentuali maggiori per le atlete praticanti mezzofondo; le atlete che presentano irregolarità mestruali tendono a riportare un maggior numero di fratture anche in relazione alla specialità praticata, e con le 800iste e le 1500iste che riportano un numero significativamente maggiore di fratture rispetto a chi pratica discipline di velocità ($p=0,05$). I risultati delle analisi correlazionali condotte nel campione delle atlete donne mostrano inoltre una correlazione significativa positiva tra numero di fratture ed età del menarca ($r=0,39$; $p<0,001$), il quale rappresenta l'unico predittore significativo ($B =0,29$; $p =0,01$). A partire dai risultati sopra riportati si è pensato di studiare in modo più approfondito la relazione tra fratture da stress e irregolarità mestruali: per poter comprendere le metodologie con le quali si indagano questi aspetti è stata fatta un'attenta analisi della letteratura e ho potuto constatare che, nella maggior parte degli studi, vengono utilizzati questionari creati ad hoc prendendo principalmente domande da *Menstrual History Questionnaire (MHQ)*, *Low Energy Availability Questionnaire (LEAF-Q)*, *Female Athlete Triad Screening Tool (FAST)*, *RED-S CAT*, *the Brief Eating Disorder in Athletes Questionnaire (BEDA-Q)*, *the Athletic Milieu Direct Questionnaire (AMDQ)*, *l'Athlete Food-Choice Questionnaire (32 item AFCQ)*, questionari sulle abitudini alimentari o diari alimentari.

Heikura e colleghi[41] hanno sottolineato la difficoltà nell'individuare la LEA e le conseguenze fisiologiche di questa (il 37% delle atlete intervistate è in una condizione di amenorrea e il numero di FDS era 4,5 volte maggiore nelle atlete con irregolarità mestruali (IM). Ravi et al[42] hanno analizzato la presenza di IM in atlete adolescenti (14-16) e della prima età adulta (18-20anni) paragonandole con ragazze pari età non praticanti sport: la presenza di IM è molto più frequente tra le ragazze praticanti sport e tra queste, coloro le quali hanno IM sono quelle con un BMI più basso.

Cheng e colleghi[43] hanno analizzato come talvolta l'utilizzo del contraccettivo orale possa mascherare la presenza di triade o di irregolarità mestruali e che l'utilizzo di contraccettivo iniettabile e IM nel passato è associato ad una probabilità maggiore di avere diagnosi di FDS.

Lo scopo di questa ricerca è quindi studiare in modo più approfondito i fattori legati alla bassa disponibilità energetica che possono portare a sviluppare irregolarità mestruali e la

possibile presenza di una relazione tra fratture da stress e irregolarità mestruali in atlete di interesse nazionale praticanti atletica leggera.

Per fare questo è stato eseguito uno studio epidemiologico utilizzando il questionario creato nel precedente studio (in allegato in appendice) e il LEAF-Q; ai fini dell'indagine eseguita, è stato inoltre chiesto alle atlete di annotare tutti gli alimenti e le bevande consumati nell'arco della giornata di tre giorni distinti all'interno di una settimana. In base ai risultati ottenuti dal questionario LEAF, le atlete sono state distinte in due gruppi: atlete a rischio di sviluppare la triade (GRT) e atlete non a rischio di sviluppare la triade (GNRT) e a partire da questi sono state fatte le analisi focalizzandosi su aspetti quali le irregolarità mestruali, l'età del menarca, la presenza di infortuni e la stima delle kcal assunte quotidianamente.

La ricerca di approfondimenti riguardo questo argomento è legata alla mia forte passione per l'atletica leggera e al fatto che ho avuto modo di osservare le interruzioni di stagioni o carriere agonistiche di atlete davvero molto forti della nazionale italiana a causa di queste problematiche.

CAPITOLO 3: Materiali e metodi

3.1 Partecipanti e criteri di inclusione

Sono state intervistate un totale di 100 atlete, nello specifico 21 velociste, 20 ostacoliste, 25 saltatrici, 29 mezzofondiste e 5 specialiste di prove multiple.

Come descritto in precedenza, le atlete sono state divise in due gruppi sulla base del punteggio ottenuto attraverso il questionario LEAF: il primo gruppo è composto dalle atlete a rischio triade (GRT) e rappresenta il 39% del campione totale, mentre il secondo gruppo è composto dalle atlete non a rischio triade (GNRT) e rappresenta il 61%. Per osservare la distribuzione del campione per gruppi e specialità è possibile osservare il grafico sotto riportato (Fig. 3)

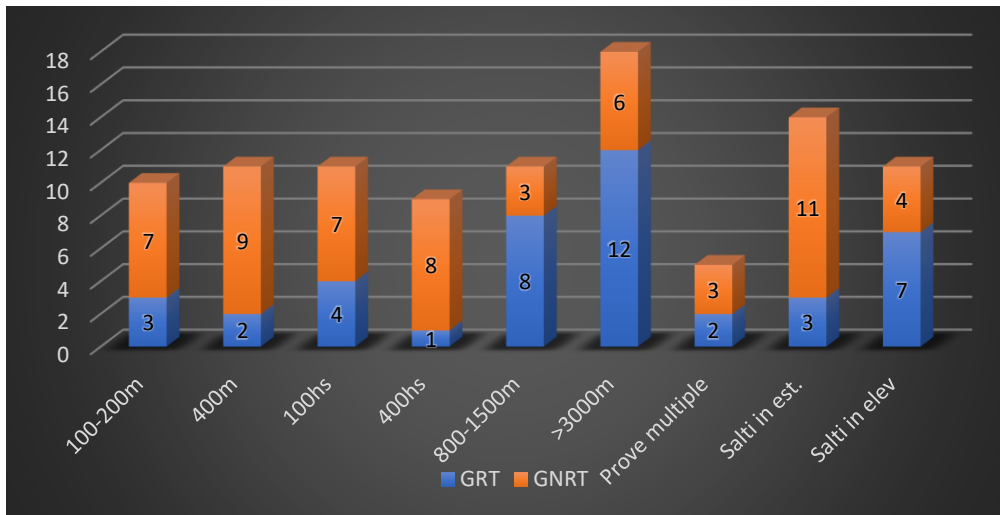


Figura 3: Distribuzione del campione diviso per specialità e in gruppo a rischio (in blu) e non a rischio (in arancione). Salti in est.= salto in lungo e salto triplo; salti in elev= salto in alto e salto con l'asta; hs= ostacoli

L'età del campione è compresa tra i 17 e i 32 anni ($M=23,62$, $DS=3,38$), il BMI attuale è compreso tra i 16,61 e i 23,05 ($M=19,78$, $DS=1,42$), il BMI più basso raggiunto compreso tra i 14,61 e 22,72 ($M=18,72$, $DS=1,50$) e infine l'età media in cui le atlete hanno avuto il menarca è di 13,14 anni (Tabella 1)

| | <i>Minimo</i> | <i>Massimo</i> | <i>Media</i> | <i>Dev. Standard</i> |
|------------------------|---------------|----------------|--------------|----------------------|
| <i>Età</i> | 17 | 32 | 23,62 | 3,38 |
| <i>Anni pratica</i> | 2 | 22 | 11,95 | 3,24 |
| <i>Anni Specialità</i> | 2 | 20 | 7,51 | 3,46 |
| <i>Età menarca</i> | 10 | 20 | 13,14 | 1,79 |
| <i>BMI attuale</i> | 16,61 | 23,05 | 19,78 | 1,42 |
| <i>BMI più basso</i> | 14,61 | 22,27 | 18,72 | 1,50 |

Tabella 1: Caratteristiche generali del campione totale

Il criterio di inclusione per poter partecipare allo studio era rientrare all'interno delle prime 15 atlete delle graduatorie nazionali FIDAL dell'anno 2021-2022 in almeno una delle seguenti specialità: 100m, 200m, 400m, 100hs, 400hs, 800m, 1500m, 3000m, 3000m siepi, 5000m, 10000m, salto in lungo, salto triplo, salto in alto, salto con l'asta e prove multiple. Dallo studio sono state escluse le atlete praticanti le specialità di lanci e marcia, poiché il gesto tecnico si allontana molto da quello delle altre discipline prese in considerazione, e le atlete di età inferiore ai 17 anni.

Tutte le atlete hanno ottenuto almeno un podio agli italiani negli ultimi tre anni, 88 hanno vestito almeno una maglia azzurra, 35 di loro hanno ottenuto medaglie internazionali e 10 atlete hanno partecipato alle olimpiadi; il livello delle atlete intervistate può quindi essere considerato d'élite.

Le interviste sono state realizzate telefonicamente tra il 2 maggio e il 6 luglio 2022; i numeri di telefono di molte atlete sono stati reperiti da contatti personali mentre altri soggetti sono stati reclutati attraverso i social network (Instagram).

Le atlete hanno autorizzato il trattamento dei dati personali attraverso un consenso informato ottenuto tramite modulo Google (Fig. 4) e i dati sono stati analizzati attraverso il codice identificativo formato da iniziale del nome, iniziale del cognome e data di nascita per esteso.

Codice identificativo (iniziale del nome, iniziale del cognome e data di nascita)

La tua risposta

Io sottoscritto dichiaro di: *

- aver preso visione del foglio informativo concernente lo studio
- aver avuto modo di esporre le mie considerazioni e di chiedere ulteriori precisazioni, nonché di aver avuto il tempo necessario per prendere una decisione spontanea ponderata e non sollecitata

Ciò premesso: *

- do il mio consenso a partecipare allo studio proposto/ do il consenso alla partecipazione di mia figlia allo studio
- autorizzo ai sensi e per gli effetti del D. lgs N. 196 del 2003, l'Università di Padova, il responsabile dello studio e i suoi collaboratori: ad esaminare i miei dati personali/quelli di mia figlia e ad utilizzare i dati dello studio in forma anonima per elaborarli al fine di ottenere le informazioni che la ricerca indaga

Figura 4: Modulo consenso informato

3.2 Strumentazione

Le domande sono state formulate attraverso un modulo Google che veniva compilato dallo sperimentatore durante la telefonata. Il primo questionario era stato utilizzato nello studio precedente e le domande avevano lo scopo di approfondire la/le patologie da sovraccarico osseo avute dalle atlete (allegato in Appendice). La prima parte dell'intervista andava a raccogliere alcune informazioni sulle atlete; nello specifico:

- i dati anagrafici (nome, cognome, data di nascita e sesso);
- le informazioni riguardanti l'atletica leggera (da quanto praticano questo sport, la/le discipline praticate, da quanto tempo praticano queste discipline e miglior risultato ottenuto);
- i dati riguardanti eventuali problematiche posturali;
- l'eventuale esecuzione di densitometria ossea e/o mineralometria ossea;
- irregolarità mestruali, età del menarca ed utilizzo di contraccettivi orali;
- l'aver pratica di sport con la palla in età giovanile per almeno due anni;
- le informazioni riguardanti la mia indagine di studio quali la diagnosi di FDS e/o edema spongioso midollare, la presenza di dolore a causa di questo infortunio, eventuali traumi diretti che potessero ricollegare la presenza di edema e/o FDS.

Ai soggetti che non avevano avuto microfratture è stato chiesto se fosse inclusa nella loro routine di allenamento una parte di lavoro propriocettivo.

La seconda parte dell'intervista era composta da domande relative alle patologie da sovraccarico osseo avute e venivano poste soltanto dalle atlete che avevano avuto almeno una frattura da stress. Nello specifico è stato chiesto:

- Il numero, la sede anatomica delle microfratture avute e la presenza di eventuali recidive;
- L'età e il periodo della stagione in cui è stata diagnosticata la FDS;
- La superficie in cui venivano svolti la maggior parte degli allenamenti (per i mezzofondisti dove correvano la maggior parte dei chilometri prima dell'infortunio);
- L'utilizzo di scarpe chiodate durante gli allenamenti;
- L'utilizzo di plantari di scarico sulle scarpe di gomma e sulle scarpe chiodate;
- I tempi di recupero, le terapie che sono state svolte, le metodologie di allenamento per mantenere lo stato di forma e l'utilizzo di integratori (tipo vitamina D);
- Considerazioni personali riguardanti l'infortunio.

Successivamente veniva compilato un secondo questionario, il Low Energy Availability in Female Questionnaire (LEAF-Q), screening tool validato che permette di identificare le atlete potenzialmente a rischio di sviluppare la Triade dell'atleta donna[44].

Il LEAF-Q è diviso in cinque sezioni: generalità, infortuni, funzione gastrointestinale, utilizzo di contraccettivi ormonali e ciclo mestruale; è stato ideato e validato nel 2014 e con il 78% di sensibilità e il 90% di specificità, questo screening tool viene utilizzato in letteratura al fine di identificare le atlete che presentano sintomi fisiologici di *low energy availability*. Le risposte alle varie domande hanno un punteggio che varia da 0 a 4 punti e, se il punteggio ottenuto attraverso questo test risulta superiore o uguale agli 8 punti, l'atleta viene considerata a rischio di LEA.

Era stato chiesto alle atlete di compilare anche un diario alimentare per tre giorni all'interno di una settimana: rispettivamente nel giorno di allenamento in cui vi era il maggior dispendio energetico (e.g. doppi allenamenti o corsa prolungata nel mezzofondo), un giorno con l'allenamento tipico della propria disciplina praticata (e.g. per una saltatrice l'allenamento dedicato alla tecnica e rincorse) e infine un giorno della settimana in cui prestavano un po' meno attenzione alla dieta ("pasto sgarro"). Alcune atlete essendo in un periodo pre-competitivo dichiaravano di essere sempre attente a quello che mangiavano e quindi veniva chiesto loro di descrivere il giorno in cui non si allenavano o facevano l'allenamento più leggero nel caso si allenassero tutti i giorni.

3.3 Analisi statistica

I dati raccolti sono stati inseriti in un foglio Microsoft Excel 2008 e successivamente sono stati analizzati attraverso software *Statistical Package for Social Science* (SPSS) per Windows (versione 27.0). Sono state eseguite le analisi descrittive del campione tramite il test *T di Student* per campioni indipendenti e il test del *Chi-Quadrato* (χ^2) al fine di valutare la presenza di differenze statisticamente significative tra il gruppo a rischio triade (GRT) e non a rischio di triade (GNRT). Successivamente sono state effettuate, rispettivamente nel GRT e GNRT, analisi correlazionali (*r di Pearson*) al fine di identificare le eventuali variabili con cui ogni singolo gruppo correla. Le differenze sono state considerate significative a $p < 0,05$. I dati sono presentati come media \pm deviazione standard (DS).

CAPITOLO 4: Risultati e discussione

4.1 Risultati del Questionario sulle patologie da sovraccarico osseo (PSO)

4.1.1 Incidenza PSO e distribuzione nelle diverse discipline

Di seguito si riportano i risultati relativi allo studio proposto.

Per quanto riguarda l'incidenza di fratture da stress e edema alla spongiosa midollare, diagnosticate attraverso risonanza magnetica, risulta che il 47% delle atlete intervistate ha avuto almeno una diagnosi, confermata attraverso risonanza magnetica, di patologia da sovraccarico osseo (PSO). Per quanto riguarda il numero di PSO 21 atlete hanno avuto una sola diagnosi di patologia da sovraccarico, 13 atlete due, 6 atlete tre, 5 atlete quattro, un'atleta 5 e un'atleta undici. È risultato che l'età media in cui si ha un maggior sviluppo di patologie da sovraccarico, nel campione intervistato, è di 20,76 anni.

Nel particolare analizzando le diverse specialità è possibile osservare nella tabella sotto riportata (Tab. 2) il numero di atlete infortunate per ogni specialità e delle atlete infortunate quante appartengono al gruppo a rischio e non a rischio infortunio.

| SPECIALITÀ | CAMPIONE | INFORTUNATI | GNRT | GRT |
|-------------------------|-----------------|--------------------|-------------|------------|
| <i>100/200M</i> | 10 | 3 (30%) | 1 | 2 |
| <i>400M</i> | 11 | 5 (45%) | 3 | 2 |
| <i>100HS</i> | 11 | 4 (36%) | 2 | 2 |
| <i>400HS</i> | 9 | 5 (55%) | 4 | 1 |
| <i>800/1500M</i> | 11 | 7 (64%) | 1 | 6 |
| <i>>3000M</i> | 18 | 11 (61%) | 4 | 7 |
| <i>SALTO IN LUNGO</i> | 14 | 5 (36%) | 5 | 0 |
| <i>SALTO IN ALTO</i> | 4 | 3 (75%) | 2 | 1 |
| <i>SALTO CON L'ASTA</i> | 7 | 1 (14%) | 1 | 0 |
| <i>PROVE MULTIPLE</i> | 5 | 3 (60%) | 1 | 2 |
| TOTALE | 100 | 47 | 24 | 23 |

Tabella 2: Descrittive del numero di infortunati suddiviso per specialità. Nella prima colonna troviamo la specialità praticata, nella seconda colonna troviamo la numerosità degli atleti per specialità, nella terza colonna troviamo il numero di atleti che hanno riportato una frattura da stress e la percentuale relativa alle atlete infortunate per specialità, nella quarta colonna troviamo la numerosità di atlete infortunate per specialità nel gruppo non a rischio di sviluppare la triade ed infine nella quinta colonna troviamo il numero di atlete infortunate per specialità nel gruppo a rischio di sviluppare la triade. HS= ostacoli

4.1.2 Localizzazione anatomica delle PSO

Al fine di facilitare l'analisi, la localizzazione delle PSO è stata divisa in piede (metatarsi e sesamoidi), articolazione tibio-tarsica (scafoide, astragalo, cuboide, cuneiforme, calcagno, malleolo mediale e laterale), gamba e coscia (tibia e femore) e altre sedi (bacino e vertebre). Nello specifico sono state osservate 28 patologie da sovraccarico al piede (coinvolgimento di metatarsi e sesamoide), 41 patologie da sovraccarico alla regione tarsale (scafoide, astragalo, cuboide, cuneiforme, calcagno, malleolo mediale e laterale), 17 patologie da sovraccarico a carico della gamba o della coscia (tibia e femore) e 15 patologie da sovraccarico osseo situate in altre sedi (vertebre e bacino). Nel grafico sotto riportato è possibile osservare la distribuzione per specialità (Fig. 5).

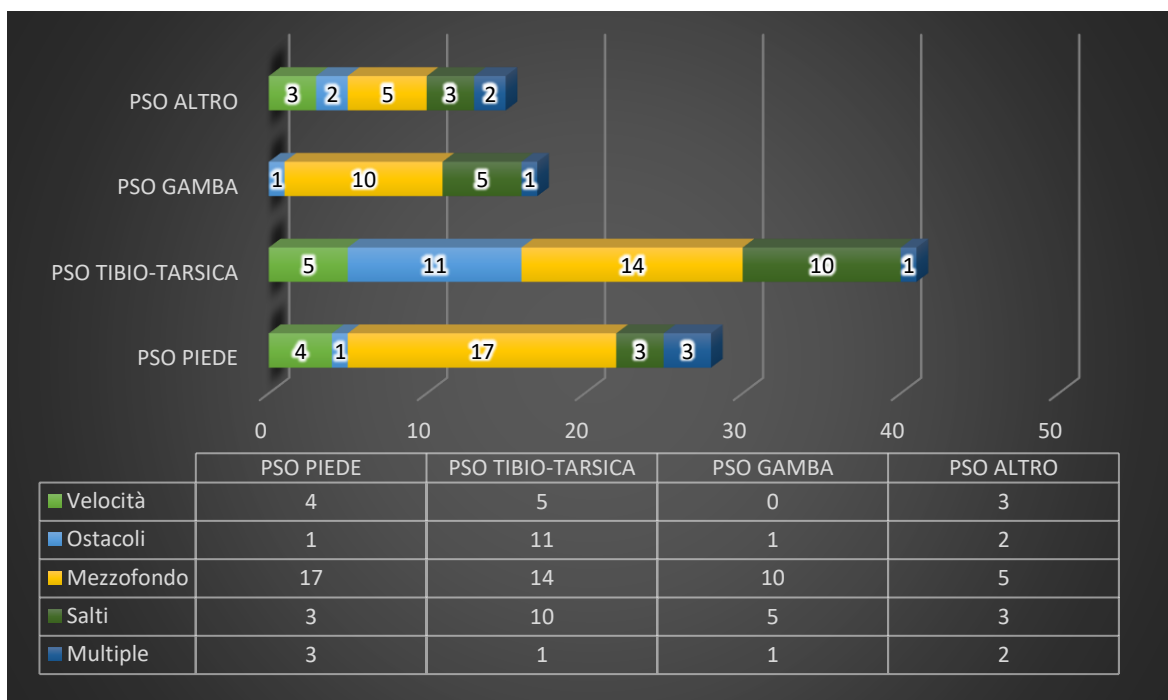


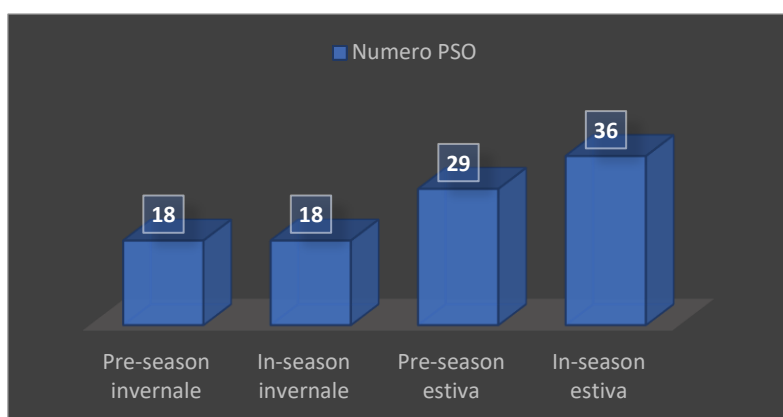
Figura 5: Localizzazione anatomica degli infortuni suddivisi per specialità. PSO= patologie da sovraccarico osseo

4.1.3 Distribuzione delle PSO durante la stagione agonistica

È stato analizzato anche il periodo in cui veniva fatta diagnosi di PSO, importante sottolineare che in realtà il sovraccarico si è creato almeno nei 2/3 mesi antecedenti la diagnosi.

Nel periodo di preparazione invernale (ottobre, novembre e dicembre) sono state diagnosticate 18 PSO, nel periodo in-season invernale, in cui le atlete gareggiavano in impianto indoor o nelle corse campestri (gennaio, febbraio, marzo) sono state diagnosticate

18 PSO; nel periodo di preparazione alla stagione estiva (aprile, maggio) sono state diagnosticate 29 PSO ed infine nel periodo in-season della stagione estiva (giugno, luglio,



agosto e settembre) sono state diagnosticate 36 PSO. (Fig. 6)

Figura 6: Distribuzione delle patologie da sovraccarico osseo durante la stagione agonistica

4.1.4 Ciclo mestruale

Dall'analisi dei dati di questo studio risulta che il 54% delle atlete intervistate dichiara di avere un ciclo perlopiù regolare mentre il restante 46% dichiara di avere o avere avuto irregolarità mestruali in passato (Fig.7).

Il 31% delle atlete dichiara di aver assunto contraccettivi orali in passato per la maggior parte dei casi per regolarizzare il ciclo mestruale ai fini della performance o a causa di PCOS, ad oggi il 20% delle atlete continua ad utilizzarli. Nei paragrafi successivi verranno descritti in modo maggiormente dettagliato alcuni aspetti relativi al ciclo mestruale.

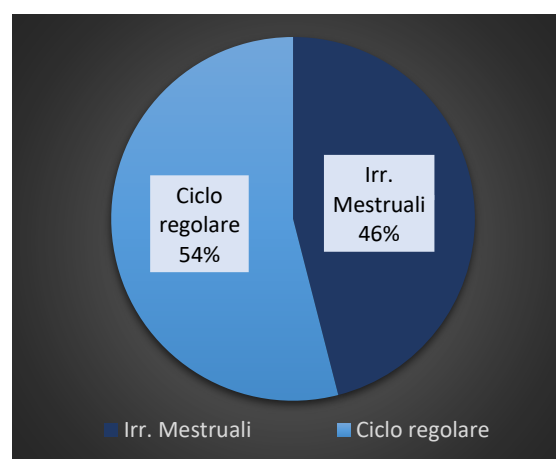


Figura 7: Grafico a torta riguardante le percentuali di atlete con regolarità ed irregolarità mestruali. Percentuali riferite al campione totale.

4.1.5 Recupero e integratori

Al fine di favorire il recupero sono state utilizzate diverse tipi di terapie tra cui magnetoterapia, laser, tecar, onde d'urto, ultrasuoni, crioultrasuoni, camera iperbarica, infiltrazioni di lidocaina, PRP, ionoforesi, trattamenti fisioterapici e osteopatici e in tre hanno effettuato un'operazione. È stato chiesto alle atlete se durante il recupero avessero assunto vitamina D ed è stato osservato che 14 atlete (30% del campione delle atlete infortunate) non

ne ha fatto uso mentre le restanti 33 ne hanno assunta e tra queste 11 hanno assunto bifosfonati.

È stato osservato anche la media dei tempi di guarigione di questi infortuni (11,25 settimane), alcune di loro per riprendere attendevano l'esito di una nuova risonanza magnetica che confermasse la scomparsa di edema, altri invece riprendevano "per tentativi". Due persone non sono mai state ferme e una di loro continua ad avere male a distanza di un anno (hanno preso la decisione di ridurre il carico di allenamento perché entrambe le atlete stavano preparando le olimpiadi) mentre tutte le altre sono state ferme tra le 2 e le 40 settimane.

4.2 Risultati del LEAF-Q

Come detto precedentemente attraverso le risposte date al LEAF-Q viene ottenuto un punteggio e se l'atleta intervistata supera gli 8 punti, viene considerata a rischio di *low energy availability* e quindi anche a rischio di sviluppare la triade dell'atleta donna.

Il 39% del campione risulta a rischio di sviluppare la triade dell'atleta donna, nelle tabelle sotto riportate si possono osservare in modo più specifico i punteggi ottenuti dalle diverse atlete (Tabella 3).

Atlete non a rischio triade (GNRT)

| <u>Punteggi LEAF-Q</u> | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------------------|---|---|----|---|---|----|----|---|
| <u>Numero atlete</u> | 4 | 3 | 11 | 7 | 3 | 13 | 12 | 8 |

Atlete a rischio triade (GRT)

| <u>Punteggi LEAF-Q</u> | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 19 |
|------------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <u>Numero atlete</u> | 3 | 9 | 8 | 5 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 |

Tabella 3: Punteggi ottenuti dalle atlete intervistate attraverso il questionario LEAF

All'interno del campione totale, il 46% ha dichiarato di avere avuto irregolarità mestruali in passato, nello specifico il 16% amenorrea secondaria e il 30% oligomenorrea; ad oggi l'11% dichiara di avere amenorrea secondaria.

Al fine di rilevare la presenza di eventuali differenze statisticamente significative tra il gruppo delle atlete a rischio (GRT) e non a rischio (GNRT) rispetto alle variabili di età, anni di pratica di atletica leggera, anni di pratica della propria specialità, età del menarca, BMI

attuale, BMI più basso raggiunto, numero di fratture da stress, media delle kcal giornaliere introdotte e media dei macronutrienti introdotti giornalmente è stato effettuato un test *T di Student* per campioni indipendenti.

Importante considerare che purtroppo solamente il 66% delle atlete ha completato l'indagine fornendo anche i dati relativi al diario alimentare, complice il fatto che il questionario è stato fatto in pieno periodo agonistico e molte atlete stavano preparando competizioni nazionali ed internazionali

Come riportato in tabella 4, il test *T di Student* non ha evidenziato la presenza di differenze statisticamente significative tra i due gruppi ad eccezione dell'età del menarca e del BMI più basso raggiunto.

| | <i>GRT (media e DS)</i> | <i>GNRT (media e DS)</i> | <i>t₍₉₈₎</i> | <i>p</i> |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|
| <i>Età</i> | 23,79±3,58 | 23,51±3,27 | -0,41 | 0,68 |
| <i>Anni di pratica</i> | 12,36±4,04 | 11,69±2,97 | -0,96 | 0,34 |
| <i>Anni specialità</i> | 7,77±3,61 | 7,34±3,38 | -0,60 | 0,55 |
| <i>Età del menarca</i> | 13,72±2,06 | 12,77±1,49 | -2,67 | <0,01 |
| <i>BMI attuale</i> | 19,49±1,36 | 19,97±1,44 | 1,64 | 0,10 |
| <i>BMI più basso</i> | 18,23±1,60 | 19,04±1,36 | 2,69 | <0,01 |
| <i>Numero FDS</i> | 2,35±2,17 | 1,96±1,16 | -0,77 | 0,44 |
| <i>Media KCAL</i> | 1834,87±361,42 | 1810,03±366,29 | -0,27 | 0,79 |
| <i>Media CHO (g)</i> | 216,61±55,11 | 209,61±53,71 | -0,55 | 0,59 |
| <i>Media PRO (g)</i> | 96,39±21,63 | 92,08±21,86 | -0,79 | 0,22 |
| <i>Media FAT (g)</i> | 56,22±16,69 | 56,67±16,21 | 0,11 | 0,91 |

Tabella 4: Differenze tra i due gruppi relativamente a dati personali, dati relativi alla specialità e dati relativi al diario alimentare. Una differenza statisticamente significativa viene considerata quando $p < 0,05$

4.2.1 Infortuni

Questa sezione era dedicata al numero di infortuni avuti durante la passata stagione agonistica e ai tempi di recupero per l'infortunio. Sul campione totale solo 27 atlete sono riuscite ad avere una stagione completa senza alcun tipo di infortunio, 66 atlete hanno avuto uno o

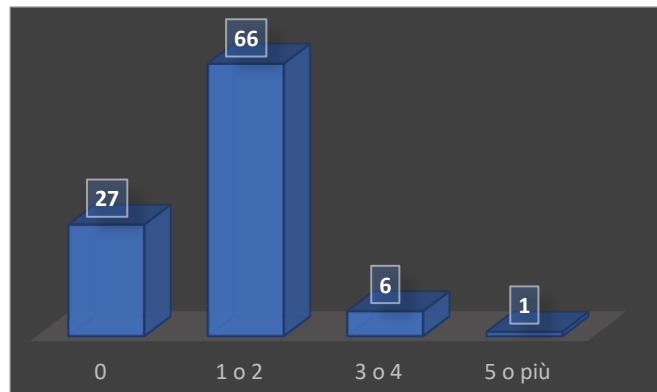


Figura 8: Numero di infortuni nella passata stagione agonistica

due infortuni, 6 atlete tre o quattro ed infine un'atleta ha avuto cinque infortuni. (Fig. 8)

È stato chiesto inoltre per quanto tempo l'atleta si fosse assentata da allenamenti o gare a

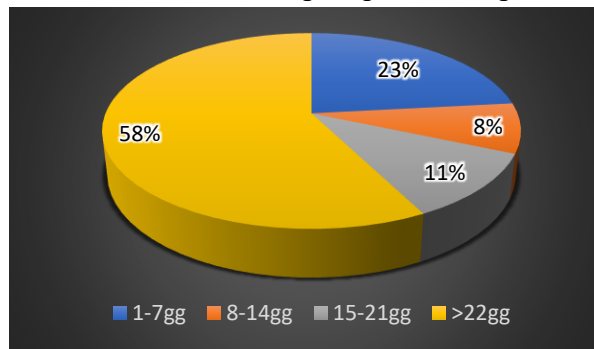


Figura 9: Giorni di stop nella passata stagione agonistica

causa degli infortuni avuti nella passata stagione agonistica e, come riportato nel grafico a fianco (Fig.9), 17 atlete sono state ferme meno di una settimana (23% del campione), 6 atlete più di una settimana ma meno di due (8% del campione totale), 8 atlete tra i 15 e i 21 giorni (11%) e infine 42 atlete sono state ferme per più di tre settimane (58%).

causa degli infortuni avuti nella passata stagione agonistica e, come riportato nel grafico a fianco (Fig.9), 17 atlete sono state ferme meno di una settimana (23% del campione), 6 atlete più di una settimana ma meno di due (8% del campione totale), 8 atlete tra i 15 e i 21 giorni (11%) e infine 42

4.2.2 Funzione gastrointestinale

Nel questionario LEAF viene indagata anche la funzione gastrointestinale: è stato chiesto quanto spesso le atlete si sentissero gonfie o con flatulenza (nello specifico le atlete hanno risposto: il 62% mai, il 26%, una o due volte a settimana o più raramente, il 10% parecchie volte alla settimana e il 2% parecchie volte al giorno), ogni quanto avessero dolore crampiforme all'addome (mai per l'86%, una o due volte a settimana o più raramente per il 10% e più volte durante la settimana per il 4%) e infine quanto spesso andassero in bagno (più volte al giorno per il 34%, una volta al giorno per il 60%, ogni due giorni 4% e due volte a settimane per il 2%) e come fossero le loro feci (normali per il 92%, dure e secche per il 2% e simil diarrea per il 6%).

4.2.3 Ciclo mestruale

Sono stati indagati diversi aspetti riguardanti la funziona mestruale.

È stato chiesto a che età avessero avuto il menarca ed è stato osservato che 15 atlete l'hanno avuto a 11 anni o meno, 63 atlete l'hanno avuto tra i 12 e i 14 anni e infine 22 l'hanno avuto dopo i 15 anni; importante inoltre sottolineare che 3 atlete per avere il menarca hanno dovuto sottoporsi ad un trattamento ormonale (Fig.10).

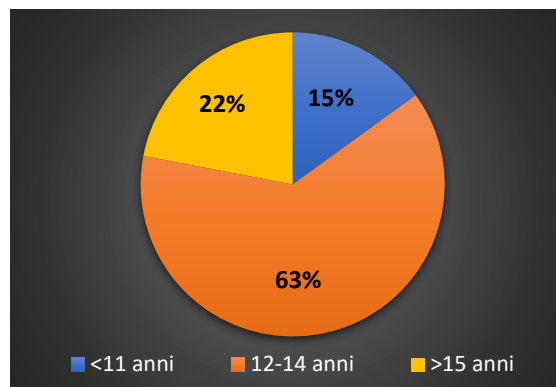


Figura 10: Grafico a torta che rappresenta la distribuzione percentuale di atlete in base all'età del menarca.

È stato osservato inoltre quanto durasse il loro ciclo mestruale (4 atlete avevano una durata del ciclo inferiore ai 2 giorni), come si vede in fig.11, se avessero saltato una o più volte il ciclo nel precedente anno (39 atlete hanno dichiarato di aver saltato almeno una volta il ciclo nell'anno precedente; nello specifico 27 atlete hanno avuto tra i 9 e gli 11 cicli, 9 atlete tra i 6 e gli 8 cicli e 3 atlete di aver avuto meno di 5 cicli), se avessero avuto un'interruzione del ciclo per più di tre mesi (32 atlete hanno dichiarato di avere o di avere avuto in passato, un'interruzione del ciclo mestruale per più di tre mesi e specificatamente a 24 atlete è successo prima dei 20 anni e alle restanti 9 tra i 20 e i 29 anni) e infine se avessero avuto una modificazione del ciclo legata al carico di allenamento (il 37% delle atlete ha risposto in modo affermativo).

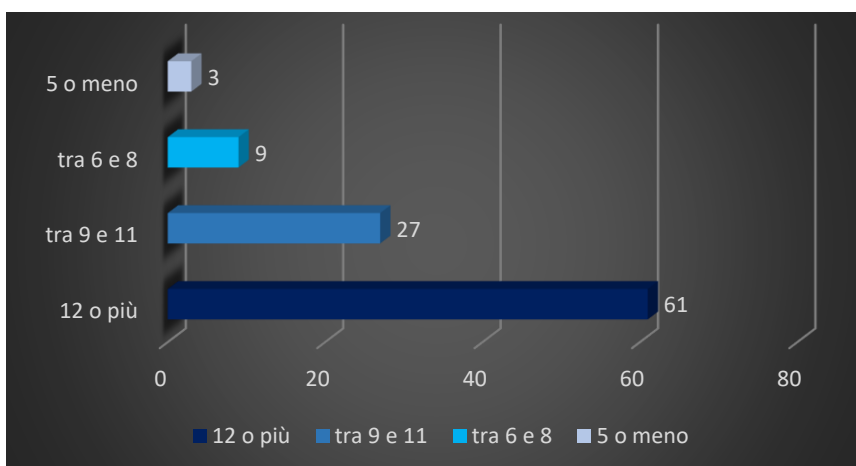


Figura 11: Grafico a barre descrittivo del numero di cicli avuti dalle atlete. Sull'asse delle x è possibile osservare il numero di atlete, mentre sull'asse delle y troviamo il numero di cicli.

4.3 Risultati del diario alimentare

Sono stati analizzati un totale di 66 diari alimentari; nello specifico di 13 velociste, 13 ostacoliste, 22 atlete praticanti specialità di fondo e mezzofondo, 15 saltatrici e 3 specialiste delle prove multiple. Per i dettagli osservare la tabella sotto riportata (Tab.5).

| | <i>Numero</i> | <i>KCAL</i> | <i>CHO (g)</i> | <i>FAT (g)</i> | <i>PRO (g)</i> |
|----------------------------|---------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Velocità</i> | 13 | M=2024,23 | M=232,03 | M=64,31 | M=103,18 |
| <i>(100-200-400m)</i> | | DS=362,22 | DS=53,38 | DS =16,15 | DS=21,43 |
| <i>Ostacoli</i> | 13 | M=1750,9 | M=196,44 | M=54,67 | M=91,97 |
| <i>(100hs-400hs)</i> | | DS=340,94 | DS=52,53 | DS=14,97 | DS=20,79 |
| <i>Mezzofondo e</i> | 22 | M=1852,26 | M=222,55 | M=55,47 | M=96,42 |
| <i>fondo (>800m)</i> | | DS=363,12 | DS=54,58 | DS=16,15 | DS=22,29 |
| <i>Salti in estensione</i> | 15 | M=1659,09 | M=199,87 | M=51,48 | M=79,52 |
| <i>ed in elevazione</i> | | DS=349,14 | DS=52,47 | DS=15,30 | DS=21,43 |
| <i>Prove Multiple</i> | 3 | M=1798,33 | M=177,56 | M=63,22 | M=112,78 |
| | | DS=360,88 | DS=52,96 | DS=16,84 | DS=21,29 |

Tabella 5: Descrittiva dei diari alimentari suddivisi per specialità. I dati relativi ai macronutrienti sono espressi in grammi. M=media; DS=deviazione standard.

Utilizzando le linee guida generali fornite da ISSN per gli sportivi[45], è possibile osservare che la richiesta calorica giornaliera per un'atleta si aggira attorno alle 40-70kcal/kg/day; analizzando i dati raccolti attraverso i diari alimentari si può osservare che l'84,8% delle atlete intervistate risulta essere al di sotto del range calorico consigliato. Per fare un'analisi più approfondita, è stato deciso di osservare i dati relativi ai macronutrienti del sotto campione appartenente alle mezzofondiste (gruppo più numeroso e il gruppo con il numero più alto di atlete a rischio di triade).

Le mezzofondiste analizzate sono un totale di 22 ed è possibile considerare questo sottogruppo rappresentativo della popolazione poiché non sono presenti differenze statisticamente significative tra il campione totale e questo sottogruppo.

Come descritto in precedenza, il range calorico in cui un'atleta dovrebbe stare si aggira intorno alle 40-70kcal/kg/day e il 72,7% del sotto campione risulta al di sotto di questa stima; i quantitativi di macronutrienti raccomandati sono invece per le proteine 1,4g*kg peso corporeo, per i grassi 20% del totale delle calorie introdotte e per i carboidrati 5g*kg di peso corporeo. Facendo riferimento a questi valori risulta che il 13,6% delle atlete sia al di sotto

dell'introito giornaliero di proteine raccomandato, il 22,7% al di sotto di quello dei grassi e infine il 68,2% al di sotto del quantitativo di carboidrati raccomandato. Nella tabella 6 è possibile vedere in dettaglio quanto riportato sopra.

| COD. ATLETA | BW | KCAL | MIN | PRO | E.PRO | FAT | E.FAT | CHO | E.CHO |
|-------------|----|---------|------|-------|-------|------|-------|-----|-------|
| AT26101997 | 41 | 2150,33 | 1640 | 128,3 | 57,4 | 79,4 | 47,79 | 295 | 205 |
| AB05022000 | 57 | 2072,33 | 2280 | 96,67 | 79,8 | 74 | 46,05 | 244 | 285 |
| CM02122000 | 51 | 1984 | 2020 | 88,03 | 70,7 | 76,4 | 44,09 | 223 | 252,5 |
| EV15031996 | 61 | 2704,33 | 2440 | 129,8 | 85,4 | 78,2 | 60,1 | 342 | 305 |
| EB28091994 | 52 | 1990 | 2080 | 91,33 | 72,8 | 72,3 | 44,22 | 204 | 260 |
| EC01122000 | 55 | 1554 | 2200 | 118,3 | 77 | 36 | 34,53 | 147 | 275 |
| FC13081999 | 54 | 1806,33 | 2160 | 88 | 75,6 | 58 | 40,14 | 186 | 270 |
| FZ14081997 | 56 | 1610,67 | 2240 | 97 | 78,4 | 64,3 | 35,79 | 185 | 280 |
| FB26012004 | 58 | 1330,67 | 2320 | 64,67 | 81,2 | 46 | 29,57 | 133 | 290 |
| FB29121993 | 56 | 1456,33 | 2240 | 96 | 78,4 | 48 | 32,36 | 148 | 280 |
| FT08081998 | 52 | 2016 | 2080 | 111 | 72,8 | 51,3 | 44,8 | 270 | 260 |
| GC01041999 | 45 | 1902 | 1800 | 65,33 | 63 | 33,3 | 42,27 | 305 | 225 |
| GA11101995 | 50 | 1827,33 | 2000 | 91,33 | 70 | 40,3 | 40,61 | 203 | 250 |
| GM01052002 | 49 | 1434,67 | 1960 | 76,33 | 68,6 | 35,7 | 31,88 | 184 | 245 |
| GZ14081997 | 58 | 1798,67 | 2320 | 93 | 81,2 | 43 | 39,97 | 232 | 290 |
| LDM06101993 | 58 | 1409,33 | 2320 | 78,33 | 81,2 | 31 | 31,32 | 166 | 290 |
| LDL20121995 | 52 | 2881,67 | 2080 | 147,7 | 72,8 | 107 | 64,04 | 321 | 260 |
| LP12021999 | 40 | 1121,67 | 1600 | 50 | 56 | 37,7 | 24,93 | 137 | 200 |
| MD30082002 | 57 | 1786 | 2280 | 100 | 79,8 | 68 | 39,69 | 180 | 285 |
| MM04102000 | 51 | 1683 | 2040 | 83,67 | 71,4 | 34,7 | 37,4 | 222 | 255 |
| SB19031990 | 47 | 2243 | 1880 | 117,3 | 65,8 | 46,7 | 49,84 | 319 | 235 |
| SY03061994 | 48 | 1987,33 | 1920 | 109 | 67,2 | 59,3 | 44,16 | 250 | 240 |

Tabella 6: Analisi dettagliata dei macronutrienti e delle kcal nel campione delle mezzofondiste. In verde è possibile osservare i valori nei range raccomandati, in rosso quelli al di sotto del range raccomandato. COD. ATLETA= codice identificativo atleta; BW= peso corporeo; KCAL= media calorica giornaliera assunta dalle atlete; MIN= minimo calorie legate al range (40*bw); PRO=g di proteine assunte mediamente dalle atlete; E.PRO=g di proteine raccomandate secondo le linee guida (1,4*BW); FAT= g di grassi assunti mediamente dalle atlete; E. FAT= g di grassi raccomandati secondo le linee guida (20%kcal tot/9); CHO=g di carboidrati assunti mediamente dalle atlete; E.CHO= g di carboidrati raccomandati secondo le linee guida (5*BW)

4.4 Analisi gruppo a rischio (GRT) VS gruppo non a rischio (GNRT)

Mediante test *T di Student* è stata indagata la presenza di differenze statisticamente significative tra il GRT e GNRT e, come descritto in precedenza, gli unici dati che presentavano differenze riguardavano l'età del menarca ($p < 0,01$) e il BMI più basso raggiunto ($p < 0,01$).

Al fine di individuare ulteriori differenze statisticamente significative è stato utilizzato il test del *Chi-Quadrato* (χ^2). Analizzando i dati (visibili nello specifico in tabella 7), le variabili che sono risultate statisticamente significative sono la presenza di irregolarità mestruali attuali o passate ($\chi^2=28,28$; $p < 0,001$) e irregolarità mestruali attuali ($\chi^2=9,53$; $p=0,002$) e questo sembra essere spiegato dal fatto che vi sia un numero maggiore di atlete del GRT con irregolarità mestruali ed in particolar modo amenorrea (nel GRT le atlete con oligomenorrea sono 13 mentre nel GNRT sono 17 e le atlete con amenorrea secondaria nel GRT sono 15 mentre nel GNRT è soltanto 1), l'aver effettuato una DXA ($\chi^2=7,09$; $p=0,008$), la specialità praticata ($\chi^2=18,22$; $p=0,02$) in cui si può osservare che la maggior parte delle atlete a rischio siano quelle praticanti specialità di distanza superiori agli 800m (nel GRT sono presenti 20 atlete praticanti specialità di mezzofondo e fondo su 29 mezzofondiste totali) e infine si osserva una tendenza delle persone a rischio di triade di sviluppare FDS ($\chi^2=3,68$; $p=0,055$).

| | χ^2 | p |
|---|--------------|------------------|
| Irregolarità mestruali (presenti/passate) | 28,28 | <0,001 |
| Irregolarità mestruali (presenti) | 9,53 | 0,002 |
| Contraccettivi orali | 0,72 | 0,4 |
| DXA | 7,09 | 0,008 |
| FDS | 3,68 | 0,055 |
| Valutazioni funzionali | 0,94 | 0,33 |
| Terapie | 4,8 | 0,31 |
| Recidiva | 1,07 | 0,3 |
| Integratori | 3,27 | 0,195 |
| Sport con la palla | 0,86 | 0,35 |
| Specialità | 18,22 | 0,02 |

Tabella 7: Analisi delle differenze statisticamente significative tra i due gruppi attraverso test del Chi-Quadrato χ^2 . Una differenza è considerata statisticamente significativa quanto $p < 0,05$

4.5 Correlazioni e regressioni gruppo a rischio (GRT) e gruppo non a rischio (GNRT)

Sono stati considerati separatamente i due gruppi e sono state condotte delle analisi correlazionali attraverso il test *r* di Pearson per valutare la presenza di correlazioni statisticamente significative ($p < 0,05$).

Nel gruppo a rischio triade (GRT) è possibile osservare la presenza di alcune correlazioni statisticamente significative ad esempio l'età del menarca correla con il numero di fratture da stress ($r=0,61^{**}$; $p < 0,001$) e considerato il valore molto significativo trovato, è stato deciso di applicare il modello di regressione il quale spiega il 37% della varianza (Fig.12). È possibile osservare anche la presenza di una tendenza di correlazione tra età del menarca e BMI più basso raggiunto ($r=0,307$; $p=0,057$).

Nella tabella sotto è possibile osservare in modo più specifico le correlazioni tra età del menarca e le altre variabili analizzate (Tab. 8).

| | LEAF | N FDS | A. pratica | A. specialità | BMI ora | BMI low |
|-------------|-------|------------------|------------|---------------|---------|---------|
| Età menarca | 0,275 | 0,61** | 0,142 | 0,175 | -0,152 | 0,307 |
| | 23 | <0,001 | 0,39 | 0,29 | 0,356 | 0,057 |

Tabella 8: Analisi correlazionale nel GRT tra età del menarca e diversi fattori. **= $p < 0,01$

LEAF= punteggio ottenuto attraverso il LEAF; N FDS= numero fratture da stress; A. pratica=anni di pratica; A. Specialità=anni specialità; BMI ora= BMI attuale; BMI low= BMI più basso raggiunto

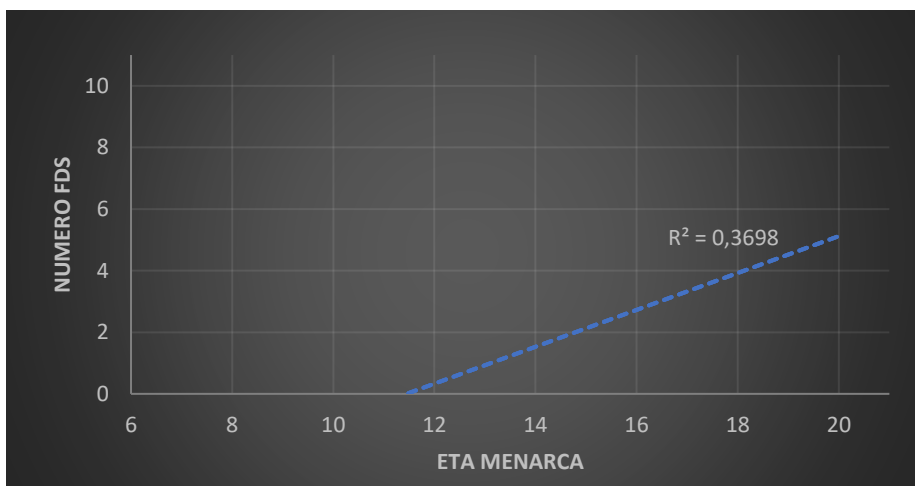


Figura 12: Grafico a dispersione tra numero di fratture da stress ed età del menarca

Sempre nel GRT è stato osservato che il LEAF è correlato in modo statisticamente significativo con il numero di fratture da stress ($r=0,322^{*}$; $p=0,046$), con il BMI attuale ($r=-0,36^{*}$; $p=0,025$) (Fig.13) ed anche il BMI più basso raggiunto correla significativamente con

il LEAF ($r=-0,37^*$; $p=0,021$) (Fig.14). Nella Tab. 9 è possibile osservare le altre variabili analizzate.

| | N FDS | Età menarca | KCAL | BMI ora | BMI low |
|------|---------------|-------------|-------|----------------|----------------|
| LEAF | 0,322* | 0,275 | 0,049 | -0,359* | -0,037* |
| | 0,046 | 0,09 | 0,29 | 0,025 | 0,021 |

Tabella 9: Analisi correlazionale nel GRT tra LEAF e diverse variabili. $*=p<0,05$
 FDS= numero fratture da stress; BMI ora=BMI attuale; BMI low= BMI più basso raggiunto

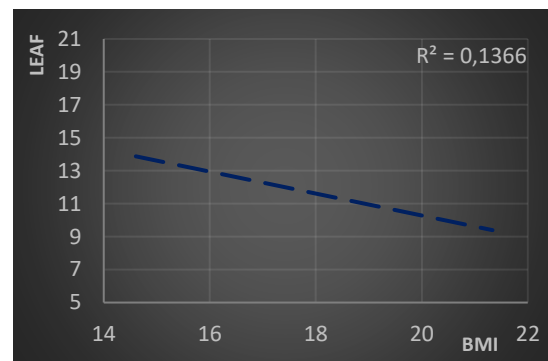
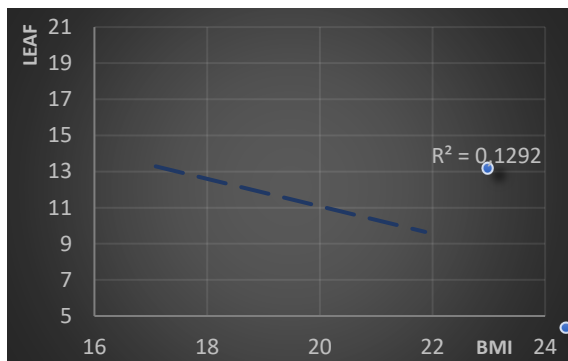


Figura 13-14: A destra è possibile osservare il grafico a dispersione tra le variabili LEAF e BMI attuale. A sinistra è possibile osservare il grafico a dispersione tra le variabili LEAF e BMI più basso raggiunto.

Infine nel GRT sono state eseguite anche le analisi correlazionali tra il numero di fratture da stress e diverse variabili (osservabili nello specifico in Tabella 10); come detto in precedenza vi è una correlazione con il LEAF ($r=0,322^*$; $p=0,046$) e una molto alta con l'età del menarca ($r=0,61^{**}$; $p<0,001$).

| | Età menarca | A. specialità | A. pratica | BMI ora | BMI low | LEAF |
|-------|------------------|---------------|------------|---------|---------|---------------|
| N FDS | 0,61** | 0,298 | 0,173 | -0,037 | -0,246 | 0,322* |
| | <0,001 | 0,066 | 0,293 | 0,824 | 0,13 | 0,046 |

Tabella 10: Analisi correlazionale nel GRT tra numero di fratture da stress e diverse variabili. $**= p<0,01$; $*p<0,05$

Nel gruppo non a rischio triade (GNRT) è stato osservato se vi fossero delle correlazioni statisticamente significative tra il numero di fratture da stress e diverse variabili ma è stata osservata la sola presenza di una correlazione positiva tra il punteggio ottenuto nel LEAF e il numero di fratture da stress ($r=0,3^*$; $p=0,021$). Anche qui è stato deciso di applicare il modello di regressioni il quale spiega il 9% della varianza (Tab.11).

| | Età menarca | A. specialità | A. pratica | BMI ora | BMI low | LEAF |
|-------|-------------|---------------|------------|---------|---------|---------------|
| N FDS | 0,045 | 0,196 | 0,026 | 0,175 | 0,075 | 0,296* |
| | 0,733 | 0,13 | 0,84 | 0,177 | 0,566 | 0,021 |

Tabella 11: Analisi correlazionali nel GNRT tra numero di fratture da stress ed altre variabili

Sono state eseguite le analisi correlazionali con il punteggio del LEAF e le altre variabili e con età del menarca e le altre variabili e, come detto precedentemente, la sola correlazione statisticamente significativa risulta quella tra il punteggio del LEAF e il numero di fratture da stress. Nelle tabelle sotto è possibile vedere nel dettaglio quanto è stato osservato.

| | N FDS | Età menarca | KCAL | BMI attuale | BMI low |
|------|---------------|-------------|-------|-------------|---------|
| LEAF | 0,296* | 0,071 | 0,093 | -0,011 | -0,006 |
| | 0,021 | 0,585 | 0,568 | 0,936 | 0,964 |

| | LEAF | N FDS | A. pratica | A. specialità | BMI attuale | BMI low |
|---------|-------|-------|------------|---------------|-------------|---------|
| Età | 0,071 | 0,152 | -0,001 | 0,096 | -0,151 | -0,113 |
| menarca | 0,585 | 0,48 | 0,992 | 0,464 | 0,246 | 0,385 |

NOTA= Tabelle relative alle analisi correlazionali eseguite nel GNRT. Nella prima tra il numero di fratture e altre variabili, la seconda tra il punteggio ottenuto nel LEAF e altre variabili ed infine la terza tra l'età del menarca e il punteggio ottenuto con altre variabili. *= $p < 0,05$

CAPITOLO 5: Discussione e conclusioni

5.1 Discussione

Lo scopo di questo studio è quello di approfondire la tematica della *low energy availability* (LEA) ai fini di comprenderne la relazione con irregolarità mestruali e fratture da stress in un campione di atlete di alto livello praticanti le specialità di corsa e salti dell'atletica leggera. È risaputo che la presenza di irregolarità mestruali, una bassa densità minerale ossea e una bassa disponibilità energetica, possano portare a sviluppare la Triade dell'atleta donna, definita dall'ACSM come una sindrome in cui si intrecciano tre condizioni: disturbi del comportamento alimentare, amenorrea e osteoporosi; successivamente venne ridefinita come una sindrome che comprende una bassa disponibilità energetica, con o senza DCA, amenorrea ipotalamica funzionale e osteoporosi (quest'ultima modificata poi in "bassa densità minerale ossea")[46]. L'evidenza scientifica afferma che la LEA aumenta il rischio di sviluppare le diverse componenti della triade, poiché l'inadeguato intake calorico e una spesa energetica elevata (legata alla pratica dell'attività sportiva) hanno un forte impatto su funzione mestruale, salute delle ossa, sintesi proteica, sistema immunitario, sistema cardiovascolare e sistema metabolico oltre che sugli aspetti psicologici[47].

Alla luce di quanto evidenziato sopra, è stato deciso di utilizzare il questionario LEAF, il quale indaga alcuni sintomi che possono evidenziare la presenza di LEA, per dividere il campione in un gruppo a rischio di sviluppare la triade (GRT) e in un gruppo non a rischio (GNRT). Più di un terzo delle atlete (39%) appartiene a GRT; questa percentuale risulta più alta rispetto allo studio di Heikura[41] (31%) e simile a quella degli studi di Logue[29] e di Drew[48] (entrambe al 40%). Le ricerche riguardanti queste tematiche vengono realizzate nella maggior parte dei casi con atleti praticanti *leanness sport* come la danza, l'endurance, tuffi o alcuni sport di combattimento; Sygo e coll.[49] hanno invece eseguito uno studio con sprinters d'élite ma con una numerosità del campione piuttosto ridotta (13 atlete) ed anche in questo caso si andava a raggiungere un 40% di atlete ad alto rischio di sviluppare la triade. Nello studio epidemiologico da noi condotto, sono state intervistate 100 atlete appartenenti a diverse discipline dell'atletica leggera; il questionario era su base volontaria e questo può essere considerato un limite dello studio poiché gli atleti, in particolar modo quelli che hanno problematiche di irregolarità mestruali, disturbi dell'immagine corporea e del comportamento alimentare, evitano di rispondere a domande riguardanti questi

argomenti[50]. Quest'anno è stato inoltre ricco di impegni sportivi importanti (mondiali e europei) pertanto alcune atlete non volevano distogliere l'attenzione da questi eventi.

A partire dai dati raccolti è possibile osservare che, nel campione totale, le fratture da stress rappresentano un infortunio abbastanza comune nell'atletica leggera (47% del campione intervistato ne ha riportato almeno una); in particolar modo le atlete praticanti le discipline di mezzofondo e fondo risultano maggiormente a rischio (più del 60% di loro ha avuto almeno una diagnosi di FDS) e questo è in accordo con quanto osservato nel nostro precedente lavoro[51] e quanto evidenziano numerosi studi in letteratura[10][14][52][53]. Anche la presenza di irregolarità mestruali risulta piuttosto frequente e infatti il 46% delle atlete ha o ha avuto irregolarità mestruali e anche questo viene confermato in numerosi studi[8][43]; durante le interviste, però soltanto alcune atlete si rendevano conto dell'importanza di avere un ciclo regolare e molte di loro consideravano l'assenza o l'irregolarità del ciclo come una conseguenza dei volumi e dell'intensità di allenamento, come è stato osservato anche nello studio di Ackerman e colleghi[24].

Per quanto riguarda l'analisi del diario alimentare, è possibile osservare che quasi l'85% delle atlete risulta al di sotto del quantitativo calorico giornaliero raccomandato rispetto alle linee guida dell'ISSN[45]; chiaramente questo dato è una stima basata su quanto dichiarato dalle stesse (sia per il diario alimentare, sia per il peso corporeo) ma questa percentuale risulta davvero allarmante. Inoltre, bisogna tenere presente che la stima del corretto intake calorico basato sul peso corporeo, in realtà dovrebbe essere aggiustato sul peso ideale, poiché le atlete potrebbero essere sottopeso ma assumere un corretto intake rispetto al peso effettivo. Dall'analisi dei diari alimentari è inoltre emerso un dato inaspettato, ovvero che i carboidrati fossero il macronutriente che ha maggiormente influenzato il mancato raggiungimento dell'introito calorico giornaliero raccomandato. In base alla mia esperienza nel mondo dell'atletica leggera, ritengo che questo sia condizionato dal fatto che molti nutrizionisti della Federazione utilizzano la ciclizzazione dei carboidrati o la dieta a zona, e che molte atlete realizzano in autonomia nel periodo pre-competitivo una dieta a basso contenuto di carboidrati per perdere peso. Questo viene confermato anche dallo studio di Loucks[54], il quale afferma che nella popolazione femminile di atlete, si osserva un deficit energetico, soprattutto a discapito dei carboidrati. Il controllo del peso corporeo è una componente rilevante legata alla performance sportiva, non solo per quegli sport che richiedono di

rientrare in specifiche categorie di peso, ma anche perché il rapporto peso/potenza espressa può essere il surplus per una prestazione ottimale[55].

È quindi plausibile che, soprattutto in prossimità delle competizioni, le strategie nutrizionali mirino a far perdere peso corporeo allo scopo di migliorare il rapporto peso/potenza. Tra le varie strategie alimentari, regimi con la dieta chetogenica o low carbo diet sono quelle ad oggi più efficaci. La letteratura è tuttavia ancora non unanime negli effetti che questi regimi possano avere sulla performance, con alcuni studi dimostrare come la prestazione fisica non cambi o migliori[56][57][58], ed altri che invece sembrano essere dell'idea opposta.[59][60] Ovviamente bisogna considerare che ogni atleta ha le proprie preferenze alimentari e i propri bisogni, ma atlete di alto livello dovrebbero avere un supporto nutrizionale adeguato ai fini di ottimizzare le performances in allenamento, in gara e ridurre il rischio di infortuni.

Partendo dalla considerazione che una bassa disponibilità energetica possa portare ad irregolarità mestruali e problematiche a livello osseo, sono state eseguite delle analisi statistiche per confrontare un gruppo di atlete avente i sintomi di una bassa disponibilità energetica (gruppo ad alto rischio di sviluppare la triade, GRT) e un gruppo di atlete senza questi sintomi (gruppo non a rischio, GNRT). A partire da queste analisi è stato possibile osservare la presenza di differenze statisticamente significative per quanto riguarda l'età del menarca e il BMI più basso raggiunto (entrambi con $p < 0,01$), presenza di irregolarità mestruali attuali o passate ($\chi^2 = 28,28$; $p < 0,001$) o di irregolarità mestruali attuali ($\chi^2 = 9,53$; $p = 0,002$). Questo conferma quanto ci aspettavamo, ovvero che atlete a rischio di triade hanno avuto BMI più basso e un menarca più ritardato rispetto al gruppo non a rischio (media età del menarca nel GRT 13,71 anni rispetto a 12,77 anni del GNRT) e che all'interno del GRT sono presenti molte più atlete che hanno o hanno avuto oligomenorrea e amenorrea secondaria rispetto al GNRT. A questo livello, seppur non sia possibile definire una diretta relazione di causa-effetto, è necessario sottolineare come sia importante l'attenzione e la gestione della dieta e delle strategie di controllo del peso per prevenire il rischio infortuni, in questo caso fratture da stress, nelle atlete di élite.

L'analisi più dettagliata dei dati ha inoltre evidenziato differenze statisticamente significative per quanto riguarda la specialità praticata ($\chi^2 = 18,22$; $p = 0,02$) e questo sottolinea il fatto che le specialiste di mezzofondo e fondo sono maggiormente a rischio di sviluppare la triade rispetto ad altre specialità; come detto in precedenza infatti, le atlete che praticano *leanness sports* sono quelle considerate maggiormente a rischio[61], inoltre anche

nel precedente studio era stato evidenziato che le mezzofondiste riportano un numero di fratture da stress significativamente maggiore rispetto a chi pratica discipline di velocità[51]. È stata osservata inoltre una tendenza delle persone a rischio di triade di sviluppare FDS ($\chi^2=3,68$; $p=0,055$); per comprendere se questo dato possa essere significativo sarebbe necessario avere un campione con una numerosità più elevata.

I risultati delle analisi correlazionali condotti nel campione GRT mostrano una correlazione significativa tra il punteggio ottenuto nel questionario LEAF e il BMI attuale ($r=-0,36^*$; $p=0,025$) e quello più basso raggiunto ($r=-0,37^*$; $p=0,021$), il numero di fratture da stress e il questionario LEAF ($r=0,32^*$; $p=0,046$) e tra il numero di fratture da stress e l'età del menarca ($r=0,61^{**}$; $p<0,001$). È stato eseguito inoltre il modello di regressione prendendo come variabile dipendente il numero di fratture da stress e come predittore l'età del menarca, è risultato statisticamente significativo e il 37% della varianza sul numero di fratture ($p<0,001$). Anche nel precedente studio era emersa una correlazione positiva tra numero di fratture ed età del menarca[51]; questo invece non si verifica nel GNRT dove l'unica correlazione significativa emersa riguarda il numero di fratture da stress e il punteggio ottenuto nel questionario LEAF ($r=0,296^*$; $p=0,021$).

Le analisi correlazionali eseguite all'interno dei due gruppi suggeriscono la presenza di un legame importante tra bassa disponibilità energetica, irregolarità mestruali e fratture da stress; in particolar modo si può osservare che mentre nel gruppo a rischio l'età del menarca e il punteggio del LEAF sono predittori rispettivamente al 37% e al 10,4% del numero di fratture da stress, nel gruppo non a rischio solo la bassa disponibilità energetica è correlata al numero di fratture da stress.

5.2 Conclusioni

I risultati di questo studio hanno evidenziato quanto sia fondamentale in atlete di alto livello, tenere monitorati gli aspetti che possono portare a sviluppare la triade, soprattutto considerando che mentre nelle atlete del GRT è presente un legame statisticamente significativo tra ciclo mestruale e fratture da stress, tra punteggio del LEAF e fratture da stress e tra punteggio del LEAF e BMI, questo non si verifica nel GNRT. Risulta impressionante pensare che, supponendo che questo campione rispecchi la popolazione, quasi la metà delle atlete di alto livello hanno avuto almeno una frattura da stress nella propria carriera agonistica e che quasi un'atleta su due abbia avuto irregolarità mestruali.

Dati ancor più allarmanti riguardano l'analisi del diario alimentare, dove quasi l'85% delle atlete non raggiunge il fabbisogno calorico consigliato dalle linee guida dell'ISSN[45]; a partire da quest'ultimo risultato sarebbe interessante approfondire questo studio eseguendo un esame della composizione corporea per valutare il fabbisogno energetico in modo più preciso utilizzando il quantitativo di *fat free mass* dell'atleta e non il suo peso corporeo.

Questo studio è stato condotto in un campione di atlete di alto livello e i risultati ottenuti confermano il fatto che spesso si presti la massima attenzione ai dettagli in allenamento, senza però considerare tutti i fattori esterni che condizionano in modo rilevante la salute dell'atleta, e quindi conseguentemente anche la sua performance. È controproducente non considerare in un'atleta aspetti come la dieta, le fonti di stress (non per forza causate dagli allenamenti) e la regolarità del ciclo mestruale, perché l'atleta può ritrovarsi in una condizione di sovraccarico che lo porta ad avere una maggior probabilità di infortunarsi. Nel questionario sulle fratture da stress, era stato chiesto alle atlete una considerazione personale riguardante il motivo dell'infortunio da sovraccarico avuto e la quasi totalità delle atlete ha affermato di aver sottovalutato il problema o di aver atteso troppo a lungo prima di effettuare gli esami diagnostici al fine di rilevare la frattura. Gli atleti, soprattutto se giovani, sono spinti dall'entusiasmo e dalla competitività agonistica che contraddistingue ogni sportivo e quindi non si preoccupano delle possibili conseguenze nel breve e lungo termine di un comportamento alimentare scorretto o di un infortunio; sarebbe quindi necessario che gli allenatori avessero una maggior consapevolezza del fatto che un atleta, per potersi esprimere al meglio delle proprie potenzialità, debba essere in salute e avere continuità negli allenamenti.

Considerato quindi che l'atletica leggera sia uno sport che espone le atlete a sovraccarichi psicologici e fisici piuttosto importanti, risulta necessario stimolare l'interesse di atleti, allenatori e medici riguardo tematiche quali la bassa disponibilità energetica e la RED-S.

L'utilizzo di semplici screening tools potrebbe essere una valida strategia per monitorare frequentemente le proprie atlete al fine di prevenire lo sviluppo della Triade e per mettere in risalto le atlete maggiormente a rischio e applicare su di loro strategie di intervento.

Un possibile spunto per ricerche future potrebbe essere quello di estendere il questionario anche ad un campione di sesso maschile poiché, studi relativamente recenti[47], sottolineano che LEA e RED-S possono essere diagnosticate in entrambi i sessi e che nella popolazione maschile portano ad avere bassi livelli di testosterone e un effetto negativo sulla salute delle

ossa. Inoltre questa ricerca è stata realizzata telefonicamente utilizzando un questionario per indagare la presenza di fratture da stress, un questionario validato per indagare la presenza di LEA e un diario alimentare; un ulteriore spunto per il futuro potrebbe essere quello di eseguire un'analisi della composizione corporea (bioimpedenziometria o densitometria) per poter stimare la disponibilità energetica dell'atleta ed eseguire analisi del sangue al fine di valutare la presenza di deficit ormonali e/o carenze di micronutrienti come vitamina D o ferro che sembrano associati ad irregolarità mestruali[62] e ad un aumentato rischio di fratture nelle atlete[63].

BIBLIOGRAFIA

- [1] C. L. Reardon *et al.*, “Mental health in elite athletes : International Olympic Committee consensus statement (2019),” pp. 667–699, 2019, doi: 10.1136/bjsports-2019-100715.
- [2] S. M. Rice, R. Purcell, S. De Silva, D. Mawren, P. D. Mcgorry, and A. G. Parker, “The Mental Health of Elite Athletes : A Narrative Systematic Review,” *Sport. Med.*, vol. 46, no. 9, pp. 1333–1353, 2016, doi: 10.1007/s40279-016-0492-2.
- [3] S. Communications, “The Female Athlete Triad,” pp. 1867–1882, 2007, doi: 10.1249/mss.0b013e318149f111.
- [4] G. R. M. Jr, S. R. Mahanty, M. R. Skalski, D. B. Patel, E. A. White, and C. J. Gottsegen, “Stress fractures : pathophysiology , clinical presentation , imaging features , and treatment options,” 2016, doi: 10.1007/s10140-016-1390-5.
- [5] J. L. Shaker, “Stress and Insufficiency Fractures,” *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism*, vol. 16, no. 1. 2018, doi: 10.1007/s12018-017-9239-3.
- [6] S. J. Warden, “Management and Prevention of Bone Stress Injuries in Long-Distance Runners,” vol. 44, no. 10, pp. 749–765, 2014, doi: 10.2519/jospt.2014.5334.
- [7] P. G. Robinson, V. B. D. Campbell, A. D. Murray, A. Nicol, and J. Robson, “Stress fractures: Diagnosis and management in the primary care setting,” *Br. J. Gen. Pract.*, vol. 69, no. 681, pp. 209–210, 2019, doi: 10.3399/bjgp19X702137.
- [8] R. Korpelainen, S. Orava, J. Karpakka, P. Siira, and A. Hulkko, “Risk factors for recurrent stress fractures in athletes,” *Am. J. Sports Med.*, vol. 29, no. 3, pp. 304–310, 2001, doi: 10.1177/03635465010290030901.
- [9] K. C. Mcinnis and L. N. Ramey, “High-Risk Stress Fractures : Diagnosis and Management,” *PM&R*, vol. 8, no. 3, pp. S113–S124, 2016, doi: 10.1016/j.pmrj.2015.09.019.
- [10] A. S. Tenforde, L. C. Sayres, M. L. McCurdy, K. L. Sainani, and M. Fredericson, “Identifying sex-specific risk factors for stress fractures in adolescent runners,” *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 45, no. 10, pp. 1843–1851, 2013, doi: 10.1249/MSS.0b013e3182963d75.
- [11] A. Lundberg Zachrisson, P. Desai, J. Karlsson, E. Johanesson, and S. Grau, “Overuse injuries in Swedish elite athletics- a study protocol for a prospective multifactorial cohort study,” *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 19, no. 1, p. 370, 2018, doi: 10.1186/s12891-018-2296-z.
- [12] C. A. Moreira and J. P. Bilezikian, “Stress fractures: Concepts and therapeutics,” *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, vol. 102, no. 2. 2017, doi: 10.1210/jc.2016-2720.
- [13] M. Fredericson, F. Jennings, C. Beaulieu, and G. O. Matheson, “Stress fractures in athletes,” *Top. Magn. Reson. Imaging*, vol. 17, no. 5, pp. 309–325, 2006, doi: 10.1097/RMR.0b013e3180421c8c.

- [14] J. L. Kelsey *et al.*, “Risk factors for stress fracture among young female cross-country runners,” *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 39, no. 9, pp. 1457–1463, 2007, doi: 10.1249/mss.0b013e318074e54b.
- [15] K. L. Bennell *et al.*, “Risk factors for stress fractures in track and field athletes: A twelve-month prospective study,” *Am. J. Sports Med.*, vol. 24, no. 6, pp. 810–818, 1996, doi: 10.1177/036354659602400617.
- [16] S. H. Song and J. H. Koo, “Bone stress injuries in runners: A review for raising interest in stress fractures in Korea,” *J. Korean Med. Sci.*, vol. 35, no. 8, pp. 1–9, 2020, doi: 10.3346/jkms.2020.35.e38.
- [17] E. Kraus *et al.*, “Bone stress injuries in male distance runners: Higher modified Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment scores predict increased rates of injury,” *Br. J. Sports Med.*, vol. 53, no. 4, pp. 237–242, Feb. 2019, doi: 10.1136/bjsports-2018-099861.
- [18] R. N. Van Gent, D. Siem, M. Van Middelkoop, A. G. Van Os, S. M. A. Bierma-Zeinstra, and B. W. Koes, “Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: A systematic review,” *Br. J. Sports Med.*, vol. 41, no. 8, pp. 469–480, 2007, doi: 10.1136/bjism.2006.033548.
- [19] S. W. Mayer, P. W. Joyner, L. C. Almekinders, and S. G. Parekh, “Stress Fractures of the Foot and Ankle in Athletes,” *Sports Health*, vol. 6, no. 6, pp. 481–491, 2014, doi: 10.1177/1941738113486588.
- [20] S. B. Behrens, M. E. Deren, A. Matson, P. D. Fadale, and K. O. Monchik, “Stress Fractures of the Pelvis and Legs in Athletes: A Review,” *Sports Health*, vol. 5, no. 2, pp. 165–174, 2013, doi: 10.1177/1941738112467423.
- [21] T. L. Miller and C. C. Kaeding, “Stress Fractures,” 2019, doi: 10.1007/978-3-030-10433-7.
- [22] J. C. Mandell, B. Khurana, and S. E. Smith, “Stress fractures of the foot and ankle, part 2: site-specific etiology, imaging, and treatment, and differential diagnosis,” *Skeletal Radiol.*, 2017, doi: 10.1007/s00256-017-2632-7.
- [23] K. M. K. Joseph Hamill, *Biomechanical Basis of Human Movement*, vol. 53. 2013.
- [24] K. E. Ackerman and M. Misra, “Amenorrhoea in adolescent female athletes,” *Lancet child Adolesc. Heal.*, vol. 2, no. 9, pp. 677–688, 2018, doi: 10.1016/S2352-4642(18)30145-7.
- [25] C. M. Gordon *et al.*, “Functional Hypothalamic Amenorrhea: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline,” vol. 102, no. May, pp. 1413–1439, 2017, doi: 10.1210/jc.2017-00131.
- [26] A. Podfigurna and B. Meczekalski, “Functional Hypothalamic Amenorrhea : A Stress-Based Disease,” pp. 203–211, 2021.
- [27] M. J. De Souza, R. J. Toombs, J. L. Scheid, E. O. Donnell, S. L. West, and N. I. Williams, “High prevalence of subtle and severe menstrual disturbances in exercising women : confirmation using daily hormone measures,” vol. 25, no. 2, pp. 491–503, 2010, doi: 10.1093/humrep/dep411.

- [28] C. G. Solomon *et al.*, “Menstrual Cycle Irregularity and Risk for Future Cardiovascular Disease,” vol. 87, no. 5, pp. 2013–2017, 2017.
- [29] D. Logue, S. M. Madigan, E. Delahunt, and M. Heinen, “Low Energy Availability in Athletes : A Review of Prevalence , Dietary Patterns , Physiological Health , and Sports Performance environment exposure,” *Sport. Med.*, vol. 48, no. 1, pp. 73–96, 2018, doi: 10.1007/s40279-017-0790-3.
- [30] E. Kroshus, J. D. Defreese, and Z. Y. Kerr, “Collegiate Athletic Trainers’ Knowledge of the Female Athlete Triad and Relative Energy Deficiency in Sport,” vol. 53, no. 1, pp. 51–59, 2018, doi: 10.4085/1062-6050-52.11.29.
- [31] M. J. Rauh and M. Barrack, “ASSOCIATIONS BETWEEN THE FEMALE ATHLETE TRIAD,” vol. 9, no. 7, pp. 948–958, 2014.
- [32] N. Brown, C. J. Knight, and L. J. Forrest, “Elite female athletes ’ experiences and perceptions of the menstrual cycle on training and sport performance,” no. July 2020, pp. 52–69, 2021, doi: 10.1111/sms.13818.
- [33] R. J. Findlay, E. H. R. Macrae, I. Y. Whyte, C. Easton, and L. J. Forrest, “How the menstrual cycle and menstruation affect sporting performance : experiences and perceptions of elite female rugby players,” pp. 1108–1113, 2020, doi: 10.1136/bjsports-2019-101486.
- [34] S. Gorrell, C. Scharmer, K. Kinasz, and D. Anderson, “Eating Behaviors Compulsive exercise and weight suppression : Associations with eating pathology in distance runners ☆,” *Eat. Behav.*, vol. 36, no. July 2019, p. 101358, 2020, doi: 10.1016/j.eatbeh.2019.101358.
- [35] J. J. Reel, T. A. Petrie, S. Soohoo, and C. M. Anderson, “Eating Behaviors Weight pressures in sport : Examining the factor structure and incremental validity of the weight pressures in sport — Females,” *Eat. Behav.*, vol. 14, no. 2, pp. 137–144, 2013, doi: 10.1016/j.eatbeh.2013.01.003.
- [36] J. L. Scheid and M. E. Stefanik, “Drive for Thinness Predicts Musculoskeletal Injuries in Division II NCAA Female Athletes,” 2019.
- [37] S. Ravi *et al.*, “Levels and Sports,” 2021.
- [38] T. E. Johnston, C. Dempsey, F. Gilman, R. Tomlinson, A. Jacketti, and J. Close, “With and Without Stress Fracture Histories : A Pilot Study,” vol. 19107, 2020, doi: 10.1177/1941738120919331.
- [39] K. H. Rizzone, K. E. Ackerman, K. G. Roos, T. P. Dompier, and Z. Y. Kerr, “The epidemiology of stress fractures in collegiate student-athletes, 2004-2005 through 2013-2014 academic years,” *J. Athl. Train.*, vol. 52, no. 10, pp. 966–975, 2017, doi: 10.4085/1062-6050-52.8.01.
- [40] G. D. Spinello G., Casali N., Cerea S., Ghisi M., Marcolin G., Paoli A., Moro T., “Epidemiological study of stress fractures in italian élite track and field athletes,” *Sport Sci. Heal.*, vol. 17:1-137, pp. 7–8, 2021.
- [41] I. A. Heikura, T. Stellingwerff, D. Bergland, and L. M. Burke, “Low Energy

- Availability Is Difficult to Assess but Outcomes Have Large Impact on Bone Injury Rates in Elite Distance Athletes,” pp. 403–411, 2018.
- [42] S. Ravi *et al.*, “Menstrual dysfunction and body weight dissatisfaction among Finnish young athletes and non-athletes,” no. September 2019, pp. 405–417, 2021, doi: 10.1111/sms.13838.
- [43] J. Cheng *et al.*, “Menstrual Irregularity, Hormonal Contraceptive Use, and Bone Stress Injuries in Collegiate Female Athletes in the United States,” *PMR*, vol. 13, pp. 1207–1215, 2020, doi: 10.1002/pmrj.12539.
- [44] A. Melin *et al.*, “The LEAF questionnaire : a screening tool for the identification of female athletes at risk for the female athlete triad,” pp. 540–545, 2014, doi: 10.1136/bjsports-2013-093240.
- [45] C. M. Kerksick *et al.*, “ISSN exercise & sports nutrition review update : research & recommendations,” pp. 1–57, 2018.
- [46] M. Mountjoy *et al.*, “The IOC consensus statement : beyond the Female Athlete Triad — Relative Energy Deficiency in Sport,” pp. 491–497, 2014, doi: 10.1136/bjsports-2014-093502.
- [47] K. Diplá and R. R. Kraemer, “Relative energy deficiency in sports (RED-S): elucidation of endocrine changes affecting the health of males and females,” pp. 35–47, 2021.
- [48] A. M. K. Drew *et al.*, “A multifactorial evaluation of illness risk factors in athletes preparing for the Summer Olympic Games,” 2017, doi: 10.1016/j.jsams.2017.02.010.
- [49] J. Sygo, A. M. Coates, E. Sesbreno, M. L. Mountjoy, and J. F. Burr, “Prevalence of Indicators of Low Energy Availability in Elite Female Sprinters,” pp. 490–496, 2018.
- [50] S. Robertson and M. Mountjoy, “A Review of Prevention , Diagnosis , and Treatment of Relative Energy Deficiency in Sport in Artistic (Synchronized) Swimming,” pp. 375–384, 2018.
- [51] T. Covid *et al.*, “XII National Congress SISMES Padua , 8 – 10 October , 2021,” no. 2021, pp. 1–137, 2022, doi: 10.1007/s11332-021-00838-4.
- [52] S. Nose-Ogura *et al.*, “Risk factors of stress fractures due to the female athlete triad: Differences in teens and twenties,” *Scand. J. Med. Sci. Sport.*, vol. 29, no. 10, 2019, doi: 10.1111/sms.13464.
- [53] R. L. Duckham, N. Peirce, C. Meyer, G. D. Summers, N. Cameron, and K. Brooke-Wavell, “Risk factors for stress fracture in female endurance athletes: A cross-sectional study,” *BMJ Open*, vol. 2, no. 6, pp. 1–7, 2012, doi: 10.1136/bmjopen-2012-001920.
- [54] A. B. Loucks, “Energy balance and body composition in sports and exercise,” *J. Sports Sci.*, vol. 22, no. 1, pp. 1–14, Jan. 2004, doi: 10.1080/0264041031000140518.

- [55] T. Stellingwerff, R. J. Maughan, and L. M. Burke, “Nutrition for power sports : Middle-distance running , track cycling , rowing , canoeing / kayaking , and swimming,” 2011, doi: 10.1080/02640414.2011.589469.
- [56] A. Paoli, A. Bianco, and K. A. Grimaldi, “The Ketogenic Diet and Sport : A Possible Marriage ?,” pp. 153–162, 2015, doi: 10.1249/JES.0000000000000050.
- [57] A. Paoli *et al.*, “Effects of Two Months of Very Low Carbohydrate Ketogenic Diet on Body Composition , Muscle Strength , Muscle Area , and Blood Parameters in Competitive Natural Body Builders,” 2021.
- [58] A. Paoli *et al.*, “Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts,” pp. 1–9, 2012.
- [59] L. M. Burke, “Ketogenic low-CHO , high-fat diet : the future of elite endurance sport ?,” vol. 3, no. June 2020, pp. 819–843, 2021, doi: 10.1113/JP278928.
- [60] L. M. B. Id *et al.*, *Crisis of confidence averted : Impairment of exercise economy and performance in elite race walkers by ketogenic low carbohydrate , high fat (LCHF) diet is reproducible.* 2020.
- [61] M. K. Torstveit and J. Sundgot-borgen, “The Female Athlete Triad : Are Elite Athletes at Increased Risk ?,” no. 21, doi: 10.1249/01.MSS.0000152677.60545.3A.
- [62] O. Article *et al.*, “Association between serum 25-hydroxy vitamin D level and menstrual cycle length and regularity : A cross-sectional observational study,” vol. 19, no. 11, pp. 979–986, 2021.
- [63] J. Malczewska-lenczowska, D. Sitkowski, O. Surąła, J. Orysiak, and K. Witek, “The Association between Iron and Vitamin D Status in Female Elite Athletes,” doi: 10.3390/nu10020167.

APPENDICE

Questionario sulle fratture da stress

| DOMANDE | RISPOSTE |
|---|--|
| <i>Nome e cognome</i> | Inserire il proprio nome e cognome |
| <i>Data di nascita</i> | Inserire la propria data di nascita |
| <i>Da quanti anni pratici atletica leggera?</i> | Inserire da quanti anni si pratica atletica. |
| <i>Che specialità pratici?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - 100m - 200m - 400m - 100hs - 400hs - 800m/1500m - 3000 siepi-3000m-5000m-corse su strada - Prove multiple - Salto in alto - Salto in lungo/triplo - Salto con l'asta |
| <i>Da quanti anni pratici questa disciplina?</i> | Inserire da quanti anni si pratica la propria disciplina |
| <i>Qual è il tuo miglior risultato ottenuto?</i> | Inserire il miglior piazzamento o podio a livello nazionale/internazionale |
| <i>Hai mai praticato sport con la palla?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì e quale - No |
| <i>Quando hai avuto il tuo primo ciclo mestruale?</i> | Inserire l'età |
| <i>Hai o hai mai avuto irregolarità mestruali?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì, amenorrea secondaria (ciclo meno di quattro volte l'anno) - Sì, oligomenorrea (ciclo tra le quattro e le nove volte in un anno) - No |
| <i>Hai o hai mai assunto contraccettivi orali (per regolarizzare il ciclo o altri motivi)</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <i>Hai mai fatto una DEXA o MOC?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì, ma non ho riscontrato problemi - Sì e ho osteopenia/osteoporosi - No |
| <i>Hai avuto microfratture nella tua carriera agonistica? Se sì praticavi anche altri sport?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <i>Se non hai mai avuto fratture da stress hai mai avuto una risonanza con esito "edema spongioso midollare"?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <i>Hai ancora dolori a causa di questo infortunio?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |

| | |
|---|--|
| <i>Hai avuto traumi diretti ricollegabili a questo infortunio? (ad esempio distorsione con lesione legamentosa)</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <i>Hai mai fatto valutazioni funzionali per comprendere eventuali squilibri posturali, alterazioni del ciclo del passo, dismetrie...?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì (spiegare cosa e diagnosi) - No |
| <i>Se non hai mai avuto fratture da stress nella tua routine di allenamento è inclusa una parte di lavoro propriocettivo?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì, per ... alla settimana da - No |
| <i>Quante microfratture hai avuto nella tua carriera agonistica?</i> | Inserire il numero di microfratture |
| <i>Quale/i osso/a sono state coinvolte?</i> | Inserire le ossa coinvolte |
| <i>Quanti anni avevi quando hai avuto la/le fratture da stress?</i> | Inserire l'età dell'infortunio |
| <i>In che periodo della stagione ti sei infortunato/a?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Dopo l'estate durante la preparazione invernale (ottobre, novembre, dicembre) - Durante la stagione indoor o di corsa campestre (gennaio, febbraio) - Dopo la stagione invernale, durante la preparazione estiva (marzo, aprile) - Durante la preparazione estiva senza aver fatto la preparazione invernale (marzo, aprile) - Durante la stagione outdoor (maggio, giugno, luglio, agosto, settembre) |
| <i>Dove ti allenavi principalmente quando ti sei infortunato? (almeno il 70% degli allenamenti, circa 5 allenamenti su 7)</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Asfalto - Strada sterrata o erba - Palestra - Treadmill - Pista vecchia - Pista nuova - Indoor |
| <i>Hai utilizzato plantari dopo la microfrattura e se sì per quanto tempo o li continui ad utilizzare?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì, ma li utilizzavo anche prima dell'infortunio - Sì, ma dopo poco tempo (...) li ho tolti perché non mi trovavo bene - Sì, ma ora non li utilizzo più - Sì e li utilizzo ancora adesso - No |
| <i>Quando ti sei infortunato/a usavi spesso le chiodate? (70% degli allenamenti)</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì |

| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - No, le chiodate le utilizzo solo negli allenamenti di sintesi prima delle gare - No, non utilizzo mai le chiodate in allenamento ma solo le leggere (A1, A2) |
| <i>Hai utilizzato/ continui ad utilizzare plantari anche nelle scarpe chiodate?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì, li uso ancora adesso - Sì ma li ho cambiati perché mi provocavano dolori - Sì, ma dopo poco tempo (...) li ho tolti perché non mi trovavo bene - No |
| <i>Dopo quante settimane sei tornato/a ad allenarti?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Inserire dopo quante settimane sono ricominciati gli allenamenti |
| <i>Che terapie hai eseguito?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Magnetoterapia - Laser - Ultrasuoni - Crioultrasuoni - Camera iperbarica - Fibrolisi - Tecar - Tecar indiretta - Onde d'urto - Onde d'urto focali - Ghiaccio - Fasciatura in zinco - Pomate antinfiammatorie e impacchi - Terapia manuale - Ozonoterapia - Pompa diamagnetica - Operazione chirurgica |
| <i>Hai avuto recidive?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <i>Durante l'infortunio come hai mantenuto lo stato di allenamento?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Palestra - Esercizi di rinforzo senza sovraccarichi - Piscina (nuoto) - Corsa in acqua - Idrokinesiterapia - Bici - Elettrostimolazione - Ellittica - Delos e pedana propriocettiva - Vogatore - Immobilità |

| | |
|---|--|
| <p><i>Hai dovuto eliminare qualche lavoro dalla tua routine di allenamento a causa di questo infortunio (ad esempio balzi, corsa in salita, rimbaldi...)</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <p><i>Hai eseguito test funzionali per verificare la causa di questo infortunio? Se sì quali e che risultati hai ottenuto.</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì e quali - No |
| <p><i>Hai utilizzato integratori durante il recupero?</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> - Clody intramuscolare - Integratori multivitaminici - Infiltrazioni di Clasteon - Integrazione di vitamina D e calcio - Integrazione vitamina D |
| <p><i>Hai altro da aggiungere? Secondo te perché ti sei fatto male, avevate modificato qualcosa della routine di allenamento? Come ti sentivi prima di farti male (livello stato di forma)?</i></p> | <p>Considerazioni personali a riguardo</p> |

Questionario LEAF

Sezione 1: Generalità

| DOMANDE | RISPOSTE |
|---|--|
| <i>Nome e cognome</i> | Inserire il proprio nome e cognome. |
| <i>Data di nascita</i> | Inserire la propria data di nascita. |
| <i>Peso attuale e altezza</i> | Inserire il proprio peso e altezza. |
| <i>Peso più alto e più basso raggiunto da quando sei alta così?</i> | Inserire peso più alto e più basso. |
| <i>Fumi?</i> | - Sì - No |
| <i>Utilizzi farmaci (escludendo eventuali contraccettivi orali)?</i> | - Sì (quali) - No |
| <i>Quante ore ti alleni a settimana in media in questo periodo (se infortunata inserire abitualmente in periodo pre-agonistico)</i> | Inserire media ore settimanali di allenamento. |

Sezione 2: Infortuni

| DOMANDE | RISPOSTE |
|--|---|
| <i>Nell'ultimo anno ti sei mai assentata da allenamento e/o da gare?</i> | - No mai - Sì, una o due volte - Sì, tre o quattro volte - Sì cinque o più volte |
| <i>Se sì quanti giorni ti sei assentata da allenamenti e/o gare?</i> | - 1-7gg - 8-14gg - 15-21gg - 22 o più gg |
| <i>Se sì che tipo di infortunio hai avuto</i> | Inserire tipo/i di infortunio/i avuto/i |
| <i>Commenti riguardo i tuoi infortuni.</i> | Inserire eventuali commenti riguardo infortunio/infortuni avuto/i |

Sezione 3: Funzione gastrointestinale

| DOMANDE | RISPOSTE |
|--|--|
| <i>Ti senti spesso gonfia o con flatulenza anche quando non hai il ciclo?</i> | - Sì, più volte al giorno - Sì, parecchie volte la settimana - Sì, una o due volte la settimana o più raramente - Raramente o mai |
| <i>Hai crampi/dolori allo stomaco che non possono essere correlati al ciclo?</i> | - Sì, più volte al giorno - Sì parecchie volte la settimana - Sì una o due volte la settimana o più raramente - Raramente o mai |
| <i>Quanto spesso vai in bagno di media?</i> | - Più volte al giorno - Una volta al giorno |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Una volta ogni due giorni - Due volte a settimana - Una volta a settimana o più raramente |
| <i>Come descriveresti le tue feci?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Normali/morbide - Simil diarrea - Dure e secche |
| <i>Commenti riguardo i tuoi infortuni.</i> | Inserire eventuali commenti riguardo la propria funzione gastrointestinale |

Sezione 4: Contraccettivi orali e funzione mestruale

| DOMANDE | RISPOSTE |
|--|---|
| <i>Utilizzi contraccettivi orali?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <i>Per quale motivo utilizzi i contraccettivi orali?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Contraccezione - Ridurre i dolori mestruali - Ridurre il flusso - Regolarizzare il ciclo in funzione della performance - Altro... - Perché altrimenti il mio ciclo si interrompe |
| <i>Se no, hai usato di recente contraccettivi orali?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <i>Se sì, quando e per quanto tempo?</i> | Inserire quando e per quanto tempo |
| <i>Utilizzi qualche altro tipo di contraccettivo ormonale?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <i>Se sì di che tipo?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Anello - Cerotto - Spirale - Impianto - Altro |
| <i>Quanti anni avevi quando hai avuto il tuo primo ciclo?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - 11 anni o meno - 12-14 anni - 15anni o più |
| <i>Il primo ciclo è arrivato in modo naturale</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <i>Se no, che tipo di trattamento è stato utilizzato?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Trattamento ormonale - Riduzione dell'attività fisica - Aumento di peso - Altro |
| <i>Hai un ciclo normale? Se no/non lo so andare alla domanda "quando è stato il tuo ultimo ciclo?"</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No - Non lo so |
| <i>Se sì quando è stato il tuo ultimo ciclo?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - 0-4settimane fa |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 1-2 mesi fa - 3-4 mesi fa - 5 mesi fa o più |
| <i>Se sì, il tuo ciclo è regolare (tra i 28 e i 34 giorni)?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì per la maggior parte del tempo - No |
| <i>Se sì quanto dura la fase mestruale (sanguinamento)?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - 1-2gg - 3-4gg - 5-6gg - 7-8gg - 9gg o più |
| <i>Se sì hai mai avuto problemi di mestruazioni abbondanti?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <i>Se sì quanti cicli hai avuto nell'ultimo anno?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - 12 o più - Tra i 9 e gli 11 - Tra i 6 e gli 8 - Tra i 3 e 5 - Meno di 2 |
| <i>Se no/non lo so quando è stato il tuo ultimo ciclo?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - 2-3 mesi fa - 4-5 mesi fa - 6 mesi fa o più - Sono incinta |
| <i>Il tuo ciclo si è mai interrotto per più di tre mesi consecutivamente?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - No, mai - Sì, mi è capitato in passato - Sì, è la situazione attuale |
| <i>Hai constatato che il tuo ciclo cambia quando aumenti intensità/volume/durata di allenamenti?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sì - No |
| <i>Se sì in che modo?</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Sanguino meno - Sanguino per meno giorni - Sanguino di più - Sanguino per più giorni - Il mio ciclo si interrompe |