

22° Corso Nazionale per Tecnici di IV Livello Europeo

2022

Project Work

Correlazione tra morfologia muscolare e aspetti prestativi nelle giocatrici e giocatori delle nazionali italiane di hockey su prato



Autore: Stefano Tocco

Supervisore: Renato Manno

Roma, 20 dicembre 2022

Abstract

Il presente lavoro mirava a stabilire rapporti di correlazione tra aspetti prestativi e aspetti relativi alla morfologia muscolare nelle giocatrici e nei giocatori delle nazionali senior italiane di hockey su prato. In particolare, attraverso le rilevazioni ecografiche si cercava di stabilire se e quali caratteristiche incidono sulla prestazione.

Quindi, le prestazioni dipendono solo dalla dimensione del muscolo o esistono altri parametri, come quelli qualitativi, che possono giocare un ruolo determinante?

Per svolgere la ricerca, entrambi i gruppi delle nazionali senior, maschile e femminile, sono stati sottoposti a valutazioni antropometriche, valutazioni ecografiche, test di forza e potenza, test di sprint e agilità durante il periodo di preparazione alle qualificazioni ai campionati europei.

I risultati dei test hanno dimostrato che esiste correlazione tra prestazione e dimensione muscolare ma anche correlazione tra prestazione e aspetti qualitativi del muscolo; in particolare attraverso la echo intensity si è dimostrato come gli atleti maschi e femmine non differiscono totalmente tra loro quando si analizza la qualità e non solo la dimensione muscolare.

L'analisi morfologica attraverso l'ecografia muscolare si dimostra, quindi, un valido strumento per monitorare gli atleti e indirizzare la preparazione in maniera precisa verso un miglioramento costante della performance.

Key Words: *Morfologia muscolare, Performance, Ecografia muscolare, Echo Intensity, Hockey su prato.*

Ringrazio il mio supervisore Renato Manno e un grazie alla Federazione Italiana Hockey, allo staff tecnico delle Nazionali Italiane di hockey su prato Maschile e Femminile, in particolar modo al responsabile della preparazione fisica Prof. Sandro Bartolomei per avermi messo a disposizione oltre che materiali e strumenti anche per avermi trasmesso la giusta motivazione e grande entusiasmo.

Grazie

Abstract	i
Ringraziamenti	ii
1. Sommario	1
2. Introduzione	2
3. Caratteristiche della performance dell'hockey su prato	4
4. Profilo di un hockeysta	10
5. Morfologia muscolare e performance	13
6. Indagine:	16
6.1. Descrizione	16
6.2. Materiali e Metodi	16
6.3. Risultati	24
7. Discussione	40
8. Conclusioni	42
9. Lista dei Riferimenti Bibliografici	43

2 Introduzione

Il gioco dell'hockey su prato ha una lunga storia e si pensa che si sia evoluto addirittura sin dalla preistoria. Nel corso degli anni il gioco ha adattato le palline i bastoni e le attrezzature utilizzate, le superfici di gioco, l'allenamento e le esigenze fisiologiche attese dagli atleti. L'hockey su prato è uno degli sport di squadra più competitivi e ad alta intensità attualmente praticati. Gli sport intermittenti, come l'hockey su prato, richiedono livelli molto elevati di forza muscolare, resistenza, forma cardiovascolare e un grado complessivamente elevato di forma fisica.

Le regole di questo sport contribuiscono a sviluppare un gioco con molto dinamismo e fasi ad alta intensità. Essendo uno sport di resistenza intermittente comporta sprint e movimenti con e senza palla. Inoltre, l'hockey è un gioco che richiede una grande capacità fisiologica, perché il giocatore di hockey ha bisogno di raggiungere livelli elevati di potenza muscolare per gli sprint, nonché una buona capacità del sistema aerobico.

La caratteristica fisica per la prestazione è un termine che racchiude definizioni diverse. Tuttavia, le caratteristiche fisiche in un determinato sport assumono una definizione più specifica e le loro correlazioni con le prestazioni è stata studiata in studi precedenti. In questo senso, alcune componenti necessarie per praticare l'hockey su prato ad un alto livello sono: agilità per eseguire rapidi cambi di direzione senza perdita di velocità, efficienza per recuperare tra gli sprint, resistenza dei muscoli stabilizzatori della colonna vertebrale per mantenere la postura adottata durante la pratica e le abilità tecniche. Inoltre, la composizione corporea e le caratteristiche antropometriche, come l'altezza corporea, il peso corporeo, l'indice di massa corporea (BMI), sono componenti importanti per le prestazioni sportive. Le correlazioni tra queste variabili e le prestazioni sportive sono ampiamente dimostrate nella letteratura scientifica in diversi sport.

Anche l'architettura muscolare è stata proposta come un'altra variabile capace di influenzare la prestazione; recenti studi hanno, infatti, dimostrato correlazioni tra specifici gruppi muscolari e determinate performance in alcuni sport.

Ad oggi, nessuno studio ha studiato le relazioni tra architettura muscolare e prestazioni massime di forza, potenza e agilità nelle giocatrici di Hockey su

Prato femminile. Pertanto, lo scopo della presente indagine era quello di studiare le relazioni tra l'architettura muscolare e le prestazioni atletiche in giocatrici di Hockey su prato di alto livello e analizzare le principali differenze tra maschi e femmine. Ulteriori informazioni sulle relazioni tra morfologia muscolare e prestazioni dinamiche (compresa l'agilità), possono rappresentare un ulteriore passo avanti verso una migliore comprensione delle relazioni tra architettura muscolare e prestazioni negli atleti competitivi.

Nonostante l'hockey su prato sia uno sport piuttosto popolare e diffuso nel mondo, finora sono disponibili pochissimi dati sulle caratteristiche antropometriche sia dei giocatori che delle giocatrici di hockey.

Con questo lavoro si vuole quindi, anche contribuire ad implementare i pochi dati esistenti, portando l'attenzione sul rapporto tra morfologia muscolare e parametri prestativi delle giocatrici e dei giocatori di hockey su prato.

Nello specifico, ad oggi, solo uno studio ha indagato le caratteristiche antropometriche e fisiologiche delle giocatrici di hockey su prato femminile d'élite della nazionale italiana; non esiste invece alcuno studio riguardante i rapporti tra morfologia muscolare e parametri prestativi legati alle abilità delle giocatrici di hockey su prato femminile d'élite della nazionale italiana (mentre esiste uno studio effettuato sulla nazionale senior maschile. Pertanto, lo scopo della presente indagine sarà quello di confrontare i profili antropometrici e prestazionali delle giocatrici di hockey su prato della nazionale senior femminile italiana e analizzare le caratteristiche di architettura muscolare attraverso rilevamenti ecografici per poi provare a stabilire rapporti di correlazione tra aspetti prestativi e quelli relativi alla morfologia muscolare.

Infine si farà una comparazione degli stessi parametri tra gli atleti della nazionale Senior Maschile e le atlete della Nazionale Senior Femminile.

3 Caratteristiche della performance dell'hockey su prato

L'Hockey su Prato (o Field Hockey) è un gioco di squadra che si gioca su un campo di dimensioni 90mt x 50mt, che richiede una buona combinazione di capacità aerobica, potenza anaerobica e abilità tecniche. Inoltre, l'agilità rappresenta un fattore chiave per lo sviluppo di abilità tecniche come dribbling o diverse abilità difensive. L'agilità può essere definita come la rapidità con cui un atleta può cambiare direzione e include decelerazioni complete e accelerazioni rapide. Nonostante l'importanza di questo elemento nell'hockey su prato, è interessante notare che non sono state rilevate differenze significative nelle prestazioni di agilità e sprint tra i giocatori italiani di divisione I e II divisione.

L'hockey su prato è un gioco che richiede una buona combinazione di fitness aerobico, potenza anaerobica e abilità tecniche. Possiamo affermare che l'hockey su prato è uno sport di squadra che richiede caratteristiche fisiologiche e tecniche altamente specifiche.

I requisiti di gioco negli ultimi anni hanno subito un rapido e radicale cambiamento. È stato dimostrato che l'introduzione dei campi in erba artificiale come superficie di gioco ufficiale ha aumentato l'effettivo tempo di gioco delle partite aumentando così anche il numero di tocchi di palla per giocatore. I giocatori, di conseguenza, corrono con la palla sempre più spesso e quindi aumentano il costo energetico di corsa aumentando le esigenze fisiologiche delle partite attuali rispetto alle partite che si giocavano sull'erba naturale.

L'introduzione dei raccattapalle e l'abolizione della regola del "fuorigioco" può significare che la palla è in gioco più a lungo e che le squadre in difesa non possono più eliminare uno spazio in campo, aumentando quindi lo spazio d'attacco il che ha portato ovviamente a segnare più gol per partita. Infine, l'introduzione del "roll-on roll-off" per le sostituzioni che consente sostituzioni illimitate (un massimo di 18 giocatori possono giocare in ogni partita e possono ruotare più o meno frequentemente in base all'organizzazione della squadra e alle esigenze di gioco) potrebbe aver aumentato la natura intermittente dello sport, con i giocatori che performano a intensità molto più elevate per periodi di tempo relativamente brevi, con uno riposo completo tra ogni periodo di attività intermittente.

Nel 2009 è stato introdotto l'auto-pass (self pass) che consente la ripresa del gioco in maniera rapida e immediata quando viene assegnata una punizione. Spencer et al. (2004) spiegano che questi cambiamenti sono stati introdotti per promuovere un gioco continuo e veloce e al tempo stesso hanno alterato le esigenze tattiche e fisiologiche del gioco.

Le competenze tecniche rappresentano fattori chiave per il successo; tuttavia, il gioco richiede anche livelli elevati di entrambi fitness aerobico e anaerobico, ovvero, il giocatore di hockey dovrebbe essere veloce e resistente. A tal proposito negli ultimi decenni, diversi studi sperimentali hanno anche indagato l'antropometria, le prestazioni fisiologiche e specifiche per lo sport dei giocatori di hockey su prato.

Detto che l'hockey su prato è uno sport di squadra, con componenti sia aerobiche che anaerobiche è utile specificare che è, tuttavia, caratterizzato da un'alternanza totalmente casuale delle diverse fasi: sub-aerobica con compito fisiologico al di sotto della massima capacità aerobica, aerobica, anaerobica e a riposo.

Possiamo quindi affermare che l'hockey è uno sport di squadra, altamente complesso che riscontra l'alternanza di queste fasi in maniera casuale, in base a questo, ogni singolo atleta gioca a seconda delle circostanze della gara seguendo uno schema flessibile che tiene conto di diversi fattori. Di conseguenza l'hockeyista dovrebbe allenare sia il suo sistema aerobico che quello anaerobico, anche se la fase anaerobica è fondamentale e predominante.

Durante un'analisi che ha preso in esame l'hockey su prato femminile, alcuni esperti hanno stabilito che circa il 20% del gioco viene giocato in quello che è considerato uno stato ad alta intensità come lo sprint (in media 5 secondi) con l'altro 80% trascorso in uno stato a bassa intensità come fare jogging o camminare (in media 18 secondi). Sulla base di queste stime, si può presumere che gli atleti all'interno dello sport dell'hockey su prato facciano affidamento su sistemi energetici sia aerobici che anaerobici. Tuttavia, a causa del gran numero di giocatori in campo (11 giocatori per squadra) e delle dimensioni limitate della rosa, l'attuale difficoltà nella progettazione di un allenamento di hockey su prato è quella di riuscire a cercare un equilibrio per poter allenare entrambi i sistemi energetici.

Il miglior indicatore della capacità aerobica massima di un individuo è il consumo massimo di ossigeno (VO₂max). Nello sport dell'hockey su prato, considerato uno sport ad alta intensità, si ritiene che avere un alto livello di capacità aerobica aumenti i tempi di recupero. I giocatori di hockey su prato partecipano a ripetuti periodi di massimo esercizio soprattutto in situazioni di gioco, questo è positivamente correlato a vari indicatori metabolici della forma aerobica. Conoscere la capacità aerobica massima di un giocatore e dare a un atleta un obiettivo o un range target migliorerà le sue prestazioni sul campo. Ma esaminando la ricerca attuale, gli unici parametri che sono stati trovati sono stati in una revisione fatta da Reilly e Borrie, che ha fornito delle indicazioni per un gruppo di giocatori d'élite di Hockey su prato; secondo tale studio un intervallo stimato di VO₂ dovrebbe essere compreso tra 45 e 59 ml/kg/min. Non sono stati fissati altri parametri per gli atleti di Hockey su prato e dovrebbero quindi essere ulteriormente esaminati.

L'hockey su prato è uno sport in cui gli atleti devono essere in grado di accelerare rapidamente per muoversi sul campo in modo efficiente e il grasso corporeo in eccesso può ostacolare la loro capacità di accelerare. La densitometria è uno dei metodi di laboratorio più utilizzati per misurare la percentuale di grasso corporeo. Questo metodo aiuta a determinare la densità corporea utilizzando il Principio di Archimede che si basa su 4 misurazioni: massa, massa d'aria quando immerso al volume polmonare residuo, densità dell'acqua e volume polmonare residuo. Withers et. al, ha affermato che nella seconda legge di Newton ($a=F/M$) un aumento della massa grassa (FM) senza una concomitante quantità di forza esercitata dai muscoli diminuirà quindi la propria accelerazione. Un atleta che ha un eccesso di massa grassa (FM) dovrà spendere ulteriore energia sia nello spostamento orizzontale che in quello verticale. Quando l'energia in eccesso viene spesa, è molto probabile che si manifesti presto l'affaticamento che a sua volta aumenterà probabilmente il rischio di lesioni e questo influirà sulle prestazioni del giocatore. Pertanto la percentuale di massa grassa è una componente importante del profilo fisiologico di un'atleta d'élite. A livello inferiore, i fattori fisiologici giocano un ruolo importante nel record di vittorie e sconfitte di una squadra con il peso corporeo e la composizione corporea come fattori importanti. Durante la carriera di un atleta, è importante monitorare le prestazioni, l'allenamento e i

regimi dietetici e un modo accurato per farlo è quantificare la composizione corporea. Un modo facile, economico e molto veloce per farlo è ottenere l'indice di massa corporea (BMI (kg x m²)).

Più recentemente, ci sono stati dibattiti sul fatto che il peso corporeo stesso o l'IMC siano o meno accurati nella popolazione degli atleti. È corretto dire che l'IMC dovrebbe essere usato con cautela quando si classifica l'obesità negli atleti universitari e nei non atleti. All'interno di una popolazione atletica è importante conoscere la differenza tra massa grassa (FM) e massa magra (FFM) e l'IMC non discrimina tra FM e FFM. I giocatori di hockey su prato variano in altezza e peso e, secondo la letteratura, l'IMC potrebbe non essere una misura valida per questa specifica popolazione di atleti.

L'hockey su prato, essendo uno sport vecchio, ha subito modifiche dalle regole del gioco, all'attrezzatura e alla superficie su cui si gioca per rendere il gioco più veloce, più divertente e più sicuro, tuttavia, tutte queste innovazioni e cambiamenti hanno variato anche il rischio e le percentuali di infortuni.

Rishira et. al, hanno condotto uno studio esaminando il tasso, il profilo e la gravità degli infortuni associati a questo sport. I risultati di questo studio hanno mostrato che su ogni 1.000 giocatori di hockey su prato, 70 di loro avevano un rischio significativamente maggiore di infortunio durante la seconda metà di una partita o di un allenamento a causa della fatica, portando a credere che la fatica abbia un ruolo importante sul perché gli atleti si infortunano.

Infine, a completamento della descrizione della prestazione dobbiamo menzionare l'aspetto cognitivo; l'hockey su prato richiede, infatti, un alto livello di intra- e inter- coordinazione neuromuscolare, poiché ogni azione attiva contemporaneamente diverse parti del corpo e una mancanza di coordinazione e autocontrollo potrebbero rendere l'azione sconnessa e senza senso.

Il giocatore di hockey su prato affronta innumerevoli difficoltà e problemi complessi; durante una partita 11 vs 11 ogni squadra mediamente perde il possesso palla da 4 a 6 volte in un solo minuto di gioco.

Definita la complessità dell'hockey su prato e detto che negli ultimi decenni, numerosi studi sperimentali hanno indagato le prestazioni antropometriche, fisiologiche e specifiche dello sport dei giocatori di hockey su prato è di rilievo constatare che alcune indagini si sono anche concentrate sull'azione di corner

corto, che rappresenta una delle più importanti giocate e occasione da gol nell'hockey su prato.

Inoltre, sono state proposte valutazioni specifiche per lo sport per studiare le abilità e il profilo tecnico dei giocatori di hockey su prato a diversi livelli. Ad esempio, Chapman ha sviluppato un test specifico per lo sport per valutare il controllo della palla sulla superficie di una palestra al coperto. L'avvento delle superfici sportive in erba sintetica, tuttavia, ha influenzato abilità e tecniche e, quindi, è stato necessario sviluppare nuovi test di abilità più adatti al moderno hockey su prato.

Pertanto, Lemmink et al., hanno sviluppato valutazioni specifiche per lo sport per misurare le capacità di dribbling e l'agilità sulle moderne superfici sintetiche. Il test di dribbling da slalom consiste in uno slalom standard e rappresenta un test specifico per lo sport affidabile sia per l'identificazione del talento che per la ricerca.

Keogh et al, hanno sviluppato test specifici per l'hockey su prato proposti per valutare la velocità e la precisione di tiro. La velocità della palla è stata misurata utilizzando la tecnica della spinta, mentre la precisione del tiro includeva sia la spinta che il tiro effettuati da 5 diverse posizioni dell'area di porta.

Studi recenti hanno utilizzato le suddette valutazioni per definire i profili fisici e tecnici dei giocatori che gareggiano a diversi livelli. Sono state osservate differenze nei profili di attività delle partite tra giocatori d'élite e di club. In particolare, percentuali significativamente più elevate di tiri accurati sono state registrate nelle giocatrici d'élite rispetto alle giocatrici di club. La velocità di spinta, tuttavia, non ha mostrato differenze significative tra i gruppi.

Wassmer e Mookerjee non hanno riscontrato differenze significative tra le posizioni sia per le prestazioni antropometriche che per quelle legate all'hockey nei giocatori d'élite di hockey su prato collegiali statunitensi. Inoltre, la forza dell'impugnatura del bastone non era correlata ad alcuna abilità specifica per lo sport. Inoltre, Keogh et al., non hanno riportato differenze significative sulla forza dell'impugnatura del bastone tra giocatrici di alto livello e giocatrici sub-élite.

I giocatori d'élite sono caratterizzati da migliori prestazioni di dribbling e una maggiore potenza della parte inferiore del corpo (lower body) rispetto ai giocatori sub élite. Diversi studi, infatti, hanno indagato le caratteristiche

antropometriche, fisiologiche e specifiche dello sport di giocatori che gareggiano in diversi campionati nazionali.

4 Profilo di un hockeyista

L'hockey su prato è uno sport con una lunga storia che ha subito cambiamenti piuttosto rapidi e radicali negli ultimi dieci anni. L'avvento del manto sintetico ha cambiato le esigenze tecniche, tattiche e fisiologiche del gioco a tutti i livelli, ma in particolare a quello d'élite. Per far fronte all'evoluzione tecnica all'interno del gioco, il giocatore di hockey ha dovuto anche svilupparsi fisiologicamente per soddisfare gli standard fisici richiesti ai livelli d'élite

L'analisi del costo fisiologico e del dispendio energetico del gioco dell'hockey lo ha collocato nella categoria degli "esercizi pesanti", con valori $\dot{V}O_2$ riportati durante una partita di 2,26 L/min. Si stima che il dispendio energetico sia compreso tra 36 e 50 kJ/min.

Per l'hockey al femminile, il profilo fisiologico delle giocatrici di hockey ha mostrato che il somatotipo tende a 3,5/4,0/2,5. Le cifre per la percentuale di grasso corporeo nelle giocatrici vanno dal 16 al 26%. È stato dimostrato che la produzione di energia anaerobica si confronta favorevolmente con altri gruppi di sportive e ha anche dimostrato di essere un fattore discriminante tra le giocatrici d'élite e di livello provinciale. È stato dimostrato che la potenza aerobica tra le giocatrici varia da 45 a 59 ml/kg/min.

I somatotipi riportati di giocatori di hockey maschi hanno mostrato notevoli variazioni, ma sembra esserci una tendenza dall'ectomorfia alla mesomorfia. È stato dimostrato che la potenza anaerobica nei giocatori maschi è la stessa di quella dei calciatori e migliore rispetto ad altri sport, ad es. basket e anche superiori alle norme di riferimento. L'intervallo di potenza aerobica riportato in letteratura è compreso tra 48 e 65 ml/kg/min e sembrerebbe che sia richiesta una potenza aerobica superiore a 60 ml/kg/min per il gioco di livello d'élite.

Lo sforzo fisico del gioco dell'hockey si è dimostrato considerevole, in particolare per quanto riguarda il restringimento spinale. È stata inoltre riportata una possibilità di rischio di lesioni maggiore inerente al gioco su superfici sintetiche rispetto all'erba naturale.

Le posizioni dell'hockey possono essere suddivise in quattro categorie; portieri, difensori, centrocampisti e attaccanti e ciascuno ha ruoli e attività specifici. I giocatori eseguono tutti i tipi di azioni esplosive come sprint intermittenti con molti cambi di direzione, corsa e dribbling, collocandoli nella categoria degli

"esercizi pesanti". Il numero assoluto di sforzi ad alta intensità e la distanza totale percorsa in queste attività è stato riportato maggiore nei centrocampisti rispetto agli attaccanti e ai difensori (Gabbett, 2010).

Si sono riscontrate differenze su alcune misurazioni antropometriche e sulla composizione corporea su giocatori di hockey che giocano in diverse posizioni (Karkare, 2011). Statura e massa corporea hanno un impatto significativo sulle squadre di hockey d'élite (Reilly e Borrie, 1992). I giocatori alti hanno un vantaggio nelle posizioni di gioco come portiere, attaccante e difensore. Oltre a questi dati, in pochi hanno studiato e fornito informazioni specifiche sulle caratteristiche fisiche come massa corporea, altezza, percentuale di grasso corporeo e indice di massa corporea di giocatori d'élite e sub-élite (Holway e Seara, 2011; Calo et al., 2009; Manna et al., 2011). Recentemente l'analisi della composizione corporea con il metodo dell'impedenza ha mostrato una percentuale di grasso maggiore per i difensori/portieri e una minore per il gruppo degli attaccanti, men

tre risultati opposti sono stati ottenuti per la massa muscolare (Calo et al., 2009).

I giocatori di hockey richiedono un'elevata potenza aerobica e anaerobica, buona agilità, flessibilità articolare e sviluppo muscolare e sono in grado di generare torques elevati durante i movimenti veloci (Reilly et al., 2000). Un corpo con una bassa percentuale di massa grassa è desiderabile per sport come l'hockey su prato (Montgomery, 2006). La prestazione per questo sport richiede di trasportare il proprio peso corporeo su una distanza, il che è facilitato da una grande proporzione di tessuto attivo (muscolo) in relazione a una piccola parte di tessuto adiposo. Le diverse richieste su particolari posizioni in campo si riflettono nella diversa composizione corporea di questi giocatori. Infatti, come è stato dimostrato, questo monitoraggio ha una relazione diretta con le azioni tipiche degli sport di squadra (Gil et al., 2007). Oltre ai metodi di per sé, la variazione della composizione corporea influenza le capacità funzionali e le prestazioni degli atleti in molti sport.

Nei pochi studi a disposizione sono state osservate pochissime differenze tra i tre gruppi esterni, ovvero difensori, centrocampisti e attaccanti nei campioni selezionati. I portieri hanno dimostrato caratteristiche fisiche e parametri di composizione corporea più elevati dei giocatori in campo. Gli attaccanti erano

caratterizzati dai loro più alti livelli di sviluppo del tessuto corporeo attivo e dalla capacità aerobica più efficiente. I difensori hanno mostrato una corporatura più grande, mentre i centrocampisti erano caratterizzati da valori significativamente più alti di massa cellulare relativa.

5 Morfologia muscolare e performance

Il profilo fisiologico degli atleti, in particolare le indagini longitudinali sulle caratteristiche fisiologiche, possono fornire preziose informazioni ad allenatori e scienziati sportivi. Ci sono diverse indagini sui cambiamenti delle prestazioni che si verificano durante la stagione nelle atlete e atleti di vari sport, tra cui pallavolo, hockey su prato, tennis, basket e pallamano. Di importanza in molte di queste indagini è la misurazione e il cambiamento della forza massima durante la stagione.

Durante il corso della stagione nelle giocatrici di hockey su prato, la forza muscolare può diminuire dalla pre – stagione all'interno della stagione, migliorando al contempo altre misure di forma fisica, come la composizione corporea e la capacità aerobica, nonostante si mantenga un programma di allenamento di resistenza (RT). Tuttavia, altri studi hanno dimostrato che l'implementazione di un programma di resistenza (RT) periodico può aiutare a mantenere o migliorare le misure di forza e prestazioni sportive durante la stagione. Oltre alle descrizioni dei cambiamenti delle prestazioni, è fondamentale studiare i meccanismi che possono spiegare come si verificano questi adattamenti.

In precedenza è stato suggerito che sia l'architettura muscolare piuttosto che le proprietà chimiche intrinseche a spiegare meglio le variazioni di massima forza muscolare e velocità. L'architettura muscolare include misure di spessore muscolare (Muscle Thickness), angolo di pennazione (Pennation Angle) e lunghezza del fascicolo (Fascicle Length). Tutte queste misure possono essere rilevate utilizzando un'ecografia non invasiva che si è dimostrata affidabile longitudinalmente.

Indagini trasversali hanno dimostrato relazioni significative tra la lunghezza del Fascicolo (FL) e prestazioni di sprint sui 100 m sia nei velocisti maschi che nelle femmine. Inoltre, è stato dimostrato che l'architettura muscolare dimostra plasticità in risposta ad un programma di allenamento di resistenza.

Tuttavia, solo uno studio ha analizzato i cambiamenti dell'architettura muscolare longitudinalmente (5 settimane) negli atleti che si allenano contemporaneamente nel loro sport e con un programma di Resistance Training.

L'architettura muscolare è stata proposta come una delle determinanti più importanti di prestazioni muscolari. Alcuni studi hanno riportato correlazioni significative ($r = 0.51-0.71$) tra la morfologia muscolare del vasto laterale e prestazioni dinamiche come uno sprint di 100 m o una prestazione di sprint su un tapis roulant non motorizzato. Sono state rilevate anche correlazioni significative ($r = 0,54$) tra la morfologia muscolare del gastrocnemio e le prestazioni allo sprint nei velocisti competitivi.

Inoltre sono state trovate correlazioni significative tra la morfologia muscolare del vasto laterale e il torque isocinetico espresso ad alta velocità angolare ($r = 0,55$), e tra lo spessore muscolare del muscolo pettorale e della 1RM alla panca ($1RM; r = 0,83$).

Nonostante la dimensione muscolare influenzi significativamente la forza muscolare, altri parametri come l'angolo di pennazione (PA) e la lunghezza del fascicolo (FL) sembrano più correlati alle prestazioni dinamiche e alla potenza. In effetti, sono state riportate ampie correlazioni tra le abilità di sprint e la lunghezza del fascicolo (FL) del vasto laterale (VL) nei velocisti. Inoltre, nei giocatori di football australiani sono stati misurati una lunghezza del fascicolo (FL) maggiore e un angolo di pennazione (PA) inferiore rispetto agli atleti di resistenza.

Inoltre, Zaras et al., hanno riportato ampie correlazioni tra lo spessore muscolare (MT) e lunghezza del fascicolo (FL) del Vasto Laterale e il tasso di picco di sviluppo della forza (pRFD) prodotto su una leg press isometrica da giovani atleti di atletica leggera maschile e femminile.

È stato condotto uno studio sulla disciplina del Softball, con lo scopo di esaminare i cambiamenti delle prestazioni che si verificano nelle giocatrici di softball femminile d'élite durante 20 settimane di allenamento di softball (includere 14 settimane di Resistance Training) e di esaminare la relazione tra la variazione percentuale (%) nelle variabili dell'architettura muscolare e la percentuale (%) di variazione nelle performance di forza, velocità e cambio di direzione. Tale studio ha trovato delle relazioni da moderate a molto forti tra la percentuale (%) di variazione delle caratteristiche dell'architettura muscolare e la variazione percentuale (%) di alcune variabili di prestazione. Altro punto di forza di questa ricerca includeva l'estensione longitudinale dei risultati delle

prestazioni che consentiva di esaminare la percentuale di variazione durante la pre - season e in stagione regolare per le atlete di softball di alto livello.

Infine, altri studi hanno mostrato ampie correlazioni tra le prestazioni di nuoto in stile libero e la lunghezza del fascicolo (FL) del vasto laterale nei giovani nuotatori. Anche se diverse ricerche hanno sottolineato il ruolo sia della lunghezza del fascicolo (FL) che dell'angolo di pennazione (PA) per le prestazioni dinamiche in diversi sport, sorprendentemente, al meglio delle nostre conoscenze, solo uno studio fino ad oggi ha indagato le relazioni tra agilità e architettura muscolare del Vasto Laterale. Quegli autori hanno riportato correlazioni negative tra Angolo di pennazione (PA) e prestazioni di agilità, mentre non sono state rilevate correlazioni tra la lunghezza del fascicolo (FL) e agilità nei giocatori di badminton.

Diversi studi confermano quindi una correlazione tra architettura muscolare e aspetti prestativi.

Con il presente lavoro cerchiamo di aggiungere un ulteriore contributo andando ad analizzare non solo la morfologia muscolare ma anche le caratteristiche qualitative dei gruppi muscolari.

6 Indagine

6.1 Descrizione

Vent'uno giocatori della nazionale italiana maschile di hockey su prato (età= $24,3 \pm 3,6$ anni; massa corporea= $75,1 \pm 8,5$ Kg; altezza media= $176,8 \pm 6,4$ cm) e ventinove giocatrici della nazionale italiana femminile di hockey su prato, (età= $27,4 \pm 3,9$ anni; massa corporea = $61,2 \pm 7,4$ kg; altezza media= $164,4 \pm 4,9$ cm;) hanno partecipato al presente studio. Sia i giocatori che le giocatrici militano in diversi club in diversi paesi europei. Inoltre, i partecipanti dovevano essere coinvolti in una formazione specifica per l'hockey su prato almeno tre volte a settimana e in allenamento di resistenza almeno una volta a settimana nel tre anni prima dell'inchiesta. La frequenza media di allenamento è stata di $4,1 \pm 1,6$ sessioni di allenamento a settimana. I criteri di esclusione includevano gli infortuni avvenuti nell'anno precedente allo studio e le interdizioni per doping intervenute nei tre anni precedenti al studia. Ai partecipanti è stato chiesto di astenersi dall'alcool, dalla caffeina e dall'allenamento di resistenza almeno 24 h prima delle prove. Le procedure di test sono state spiegate in modo completo a ciascun partecipante in precedenza di ottenere il consenso informato scritto individuale.

Le rilevazioni sono state effettate durante i raduni di preparazione alla qualificazione ai campionati Europei che si sono tenuti nel periodo tra Febbraio 2022 ad Agosto 2022

6.2 Materiali e Metodi

- Caratteristiche antropometriche:

La massa corporea, l'altezza corporea e la composizione corporea sono stati valutati prima del riscaldamento standardizzato.

L'altezza del corpo è stata misurata utilizzando uno stadiometro fisso mentre la massa corporea è stata misurata al più vicino di 0,1 kg utilizzando un peso scala (Seca 769; Amburgo, Germania).

La composizione corporea è stata testata utilizzando una plica cutanea calibro (Lange; Cambridge Scientific Industries, Cambridge, MD, USA).

La percentuale di grasso corporeo è stata calcolata utilizzando i metodi a 3 siti di Evans et al.

- Valutazioni ecografiche:

Le immagini ecografiche non invasive del muscolo scheletrico sono state raccolte dalla coscia destra, dalla parte destra della schiena e dal braccio destro del partecipante.

Prima della raccolta delle immagini, tutte le posizioni anatomiche di interesse sono state identificate utilizzando punti di riferimento standardizzati. Sia per il Vasto laterale(VL) che per il Trapezio (TRAP) e il Bicipite, il punto di riferimento è stato identificato lungo la sua distanza longitudinale al 50% dall'inserimento prossimale del muscolo. La misurazione del muscolo Vasto Laterale richiedeva ai partecipanti di sdraiarsi su un fianco sul lettino per un minimo di 15 minuti prima che le immagini fossero raccolte.

Per quanto riguarda la misurazione sia del muscolo Trapezio che del Bicipite Brachiale si richiedeva ai partecipanti di sedersi sul lettino successivamente all'avvenuta misurazione effettuata sul muscolo Vasto Laterale.

La stessa persona ha eseguito tutte le misurazioni dei punti di riferimento muscolari per ciascun partecipante.

Una testina di scansione a sonda lineare da 12 MHz (Echo Wave 2, Telemed Ultrasound Medical System, Milano, Italia) è stata rivestita con gel di trasmissione solubile in acqua per ottimizzare la risoluzione spaziale e utilizzato per raccogliere tutte le immagini ecografiche. La sonda è stata posizionata sulla superficie della pelle senza deprimere lo strato dermico ed è stata impostata la modalità di visualizzazione per scattare foto panoramiche del VL e TRAP (guadagno = 50 dB; profondità dell'immagine = 5 cm).

Durante le misurazioni del Vasto Laterale, ai partecipanti è stato chiesto di rilassare i muscoli delle gambe e di sdraiarsi sul fianco sinistro. Le gambe sono state posizionate insieme, con un angolo di piegatura di 10° nelle ginocchia.

Per le misurazioni del Trapezio e del Bicipite Brachiale, ai partecipanti è stato chiesto di rilassare i muscoli del tronco e di sedersi.

Tutte le immagini sono state raccolte e trasferite su un personal computer.

Tutte le immagini ecografiche sono state prese e analizzate dallo stesso tecnico.

Lo spessore muscolare e l'Angolo di Pennazione sono stati entrambi quantificati in immagini fisse utilizzando le funzioni di misurazione del dispositivo a ultrasuoni.

Lo spessore del muscolo è stato determinato come la distanza tra l'interfaccia del tessuto adiposo sottocutaneo-muscolo e l'interfaccia intermuscolare e l'Angolo di Pennazione è stato determinato come l'angolo tra gli echi dell'aponeurosi profonda del muscolo e gli echi degli interspazi tra i fascicoli.

La lunghezza del fascicolo è stata calcolata dallo Spessore (MT) e l'Angolo di Pennazione (PA) utilizzando la seguente equazione:

$$FL = MT \times \sin(PA)$$

L'Echo Intensity è l'intensità media dei pixel di una specifica regione di interesse di un'immagine ecografica, misurata con la "scala di grigi" (Grey Scale) in un range che va da 0 a 255. Rappresenta l'infiltrazione tra tessuto fibroso e tessuto adiposo.

- Valutazioni di forza e potenza.

È stato eseguito un test di salto in contro movimento (Counter Movement Jump, CMJ) è un test utilizzato principalmente per misurare la potenza esplosiva degli arti inferiori di un atleta, ed è diventato uno dei test più frequentemente utilizzati da allenatori e ricercatori per misurare indirettamente la potenza negli arti inferiori. Per lo svolgimento del test si è utilizzato un tappetino di contatto (Globus Ergo Jump, Codognè, Italia) per misurare il tempo di volo.

L'altezza del salto è stata calcolata utilizzando la seguente equazione:

$$9,81 \times \text{tempo di volo}^2/8.$$

I partecipanti hanno eseguito due salti con un riposo di 3 minuti tra ogni salto. Li avevamo richiesto di tenere le mani sui fianchi durante il salto e gli è stato chiesto di massimizzare la loro altezza di salto. Il coefficiente intra classe calcolato per il CMJ era 0,96 (SEM = 100,3W).

È stato eseguito un test isometrico squat (ISQ) utilizzando un rack regolabile che consentisse fissaggio della barra ad un'altezza adeguata mentre i partecipanti erano in piedi su una pedana (Kistler, Winterthur, Svizzera, 500 Hz). Lo squat parallelo isometrico è stato eseguito con ginocchio e fianchi alla stessa altezza. I partecipanti dovevano esibirsi due azioni muscolari isometriche massime di 6 s con un tempo di recupero di 3 minuti tra ciascuna prova. La forza di picco è stata misurata e la velocità di picco di sviluppo della forza è stata calcolata utilizzando una finestra di 20 ms (pRFD20), come descritto in precedenza da Haff, Ruben, Lider, Spago e Cormie.

I coefficienti intraclasse erano 0,85 (SEM = 130,7 N) e 0,51 (SEM = 1010,3 N s⁻¹) per ISQ e pRFD20, rispettivamente. Durante tutte le misurazioni isometriche e isocinetiche, i partecipanti sono stati incoraggiati verbalmente dai ricercatori dello studio.

Inoltre, per evitare qualsiasi possibile effetto ergogenico, non potevano ascoltare musica durante la sessione di valutazione.

È stato eseguito il 1-RM Bench Press Test; si tratta di uno specifico test di forza muscolare indicato per la parte superiore del corpo che permette di calcolare la massima tensione (1-RM) che il sistema neuromuscolare è in grado di esprimere nell'esercizio della panca orizzontale.

Nell'esecuzione si è osservato il seguente protocollo:

- Riscaldamento
- 12-15 ripetizioni solo con il bilanciere;
- 4-5 ripetizioni con il 60-65%;
- 3 ripetizioni con l'80% del massimale predittivo;
- 2-3 ripetizioni con il 90%;
- 1° tentativo con il 100%

Se nel primo tentativo la distensione del carico veniva effettuata con successo e nel rispetto della corretta tecnica esecutiva, il carico veniva poi incrementato del 2,5% nella prova successiva. Viceversa, veniva ridimensionato del 2,5-5% se l'alzata falliva.

A tutti i partecipanti sono stati concessi circa 5 minuti di recupero in maniera tale da garantire che il recupero tra i vari tentativi fosse completo, affinché la stanchezza neuromuscolare delle prove precedenti non andasse a influenzare il risultato delle prestazioni successive.

È stato eseguito il Grip Test (o Test di Forza Prensile) che ha come scopo quello di misurare la forza isometrica massima esercitata dai muscoli dell'arto superiore: della mano responsabili dell'estensione dell'avambraccio, della flessione dei metatarsi e delle falangi, della flessione delle dita e dell'adduzione del pollice. Questo perché la forza dell'impugnatura è importante per ogni sport, in particolar modo nell'hockey su prato, in cui le mani sono utilizzate per prendere il bastone; alcuni studi correlano positivamente la forza della mano sinistra con la potenza del tiro (push) nell'Hockey su Prato.

Sebbene sia un test di facile somministrazione che richiede pochi secondi di applicazione, è stata richiesta ai partecipanti la piena collaborazione durante l'esecuzione del test perché, altrimenti, i dati misurati potrebbero essere alterati e il test non risulterebbe credibile e andrebbe ripetuto.

Nell'esecuzione del test sono stati osservati i seguenti passaggi:

- Il test viene eseguito con un dinamometro che registra le variazioni di forza di ciascun candidato.
- A loro verrà chiesto di stringere il più possibile il dinamometro fino a quando non verrà detto di fermarsi dal valutatore.
- Il test viene ripetuto su entrambe le mani, per valutare la forza prensile in entrambe le mani (Werle et al., 2009).



Figura 1_ Dinamometro

- Potenza Aerobica, Sprint e valutazioni di agilità.

È stato eseguito il Test Yo-Yo che misura la capacità aerobica degli atleti, ovvero viene utilizzato per stimare il parametro di consumo massimo di ossigeno (VO₂max).

La capacità aerobica, (potenza aerobica) è la velocità massima di produzione di energia di un atleta attraverso l'ossidazione di fonti di energia ed è espressa come volume di ossigeno consumato per chilogrammo di peso corporeo al minuto (ml/kg/min).

- La prova inizia con gli atleti sulla linea di partenza, in attesa del primo segnale acustico.

- Quando sentono il segnale corrono dall'altra parte (20 metri) per voltarsi e aspettano di ripartire quando sentono di nuovo il secondo fischio fino alla linea di partenza.
- Lì, fanno jogging per una distanza di 5 metri come recupero attivo e poi tornano al punto di partenza fino al prossimo segnale acustico.
- Questo viene ripetuto, la velocità aumenta (o il tempo tra i segnali acustici si riduce)
- Il test termina quando l'atleta non è in grado di mantenere il ritmo richiesto in due tentativi.
- Una volta terminato il test, l'ultimo livello e il numero totale di intervalli di 2 x 20 metri completati a quel livello vengono annotati su un foglio di registrazione.

Il test è stato eseguito su una superficie in erba sintetica a base d'acqua, ai partecipanti sono state spiegate le modalità di svolgimento del test prima di iniziare

Le prestazioni dello sprint sono state testate con uno sprint di 30 m; Il test è stato svolto con fotocellule alla partenza ed all'arrivo. I partecipanti sono partiti da una posizione eretta con auto-partenza.

Il test pro-agility (PRO) è stato eseguito come misurazione delle capacità di agilità e del cambio di direzione

L'atleta, partendo dalla posizione centrale di partenza, cerca di correre il più velocemente possibile verso la linea di svolta.

Dopo aver raggiunto questa linea l'atleta inverte nel minor tempo possibile il senso di marcia cercando di raggiungere l'altra linea di svolta.

Dopo aver raggiunto la seconda linea di svolta, l'atleta inverte il senso di marcia e cerca di raggiungere il punto centrale (punto di partenza) il più velocemente possibile.

Viene rilevato il tempo impiegato dall'atleta per percorrere le distanze stabilite.

È stato utilizzato un tempo di recupero di 3 minuti tra le prove. In entrambe le valutazioni, il tempo è stato misurato con l'approssimazione di 0,01 s utilizzando due coppie di fotocellule (Globus Ergo Tester, Codognè, Italia). Il coefficiente intraclasse calcolato per il PRO era 0,97 (SEM = 0,05 s).

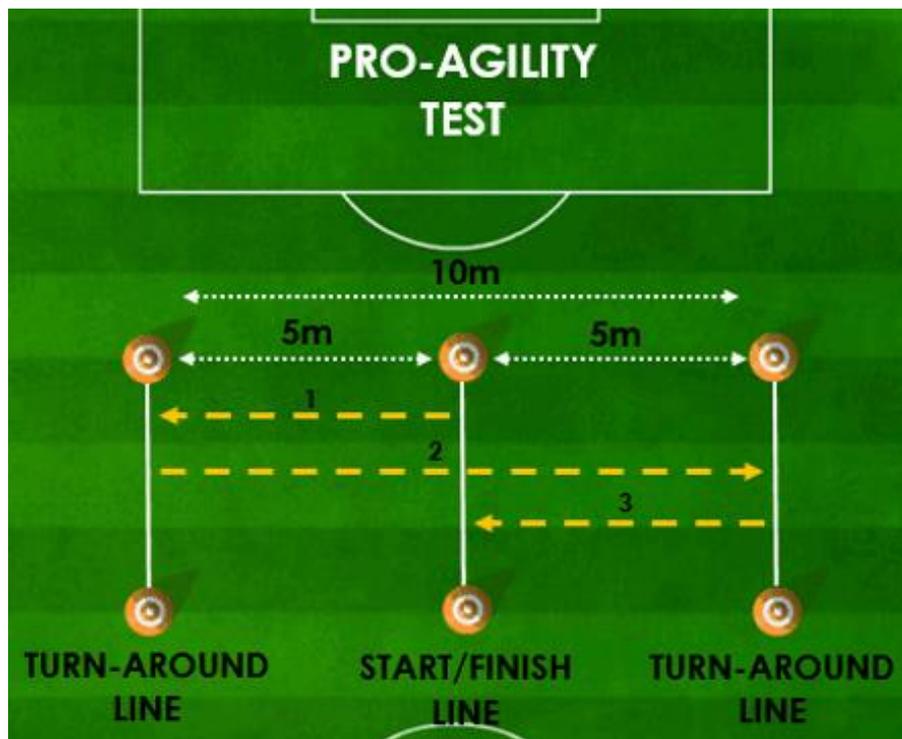


Figura 2_ Pro - Agility Test

Durante i raduni e le competizioni attraverso dei questionari sono stati inoltre monitorati i parametri di sforzo percepito e di recupero dai carichi precedenti

Le procedure di test sono state spiegate in modo completo a ciascun partecipante prima dell'ottenimento del consenso informato scritto individuale. I partecipanti sono stati valutati in momenti diversi della stagione. Le prime rilevazioni sono state effettuate durante la fase di campionato di club, mentre le ultime rilevazioni sono state effettuate nel periodo precedente alla competizione con la squadra nazionale.

La tempistica delle valutazioni è stata così eseguita:

1. Valutazioni antropometriche
2. Ecografia muscolare (le misurazioni sono state eseguite prima delle valutazioni delle prestazioni).
3. Prima delle prove di valutazione è stato eseguito un riscaldamento composto da: 5 minuti di jogging, 10 squat a corpo libero, 10 affondi a corpo libero, 10 allungamenti dinamici per i muscoli posteriori della coscia, 10 stretching dinamico per quadricipiti e 10 flessioni a corpo libero sono state eseguite prima dell'esibizione valutazioni.

4. Successivamente, ogni partecipante è stato testato per la massima forza e la potenza;
5. È stata testata poi la potenza Aerobica;
6. Infine sono state eseguite le valutazioni di Agilità e Sprint;

Tutte le valutazioni sono state supervisionate da investigatori certificati (Ph.D. in scienze motorie). Le valutazioni di agilità e corsa sono state eseguite su un campo da hockey su prato in erba sintetica a base d'acqua, registrando la temperatura, l'umidità e le condizioni del vento. La dimensione del campione stimato era 15 per rilevare correlazioni significative tra antropometria, parametri morfologici e prestazioni.

Valutazioni Antropometriche	Ecografia Muscolare	Riscaldamento	Forza e Potenza	Potenza Aerobica	Agilità	Sprint
--------------------------------	------------------------	---------------	--------------------	---------------------	---------	--------

Figura 3_ Progressione Temporale delle valutazioni effettuate

6.3 Risultati

Di seguito vengono riportati le elaborazioni dei dati e i conseguenti risultati delle valutazioni effettuate su entrambe le squadre Nazionali, Maschile e Femminile, in due distinti periodi di preparazione.

A seguire tutti i test effettuati con la squadra nazionale maschile:

La media del gruppo della nazionale maschile della percentuale di massa grassa nel mese di Aprile era $10,1 \pm 2,4$ % mentre il dato relativo alla media dello stesso gruppo nel mese di Luglio era di $9,2 \pm 3,6$ %. In figura 4 vediamo il grafico con le rilevazioni plicometriche.

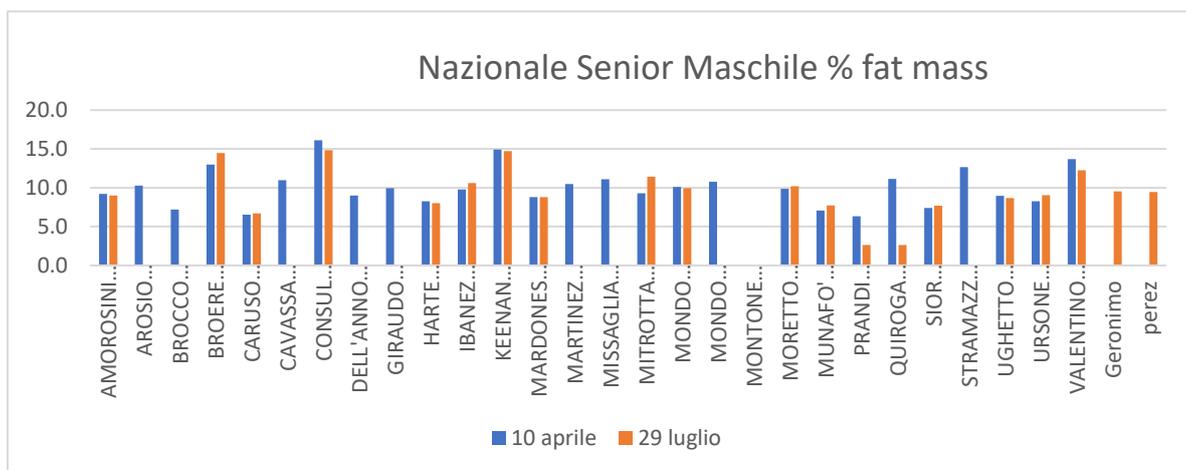


Figura 4_ Composizione corporea Aprile e Luglio 2022, Nazionale Senior Maschile, misurata attraverso plicometria, 3 pliche (equazione Evans et al. 2006)

Durante il mese di Marzo 2022 è stato svolto il Test CMJ (Counter Movement Jump).

La media del gruppo era: 39.3 ± 4.7 cm (linea nera) come rappresenta la figura 5.

Il CMJ test, pur rappresentando uno dei test più indicati per la potenza degli arti inferiori, è poco specifico per l'hockeista che difficilmente svolge gesti simili nel gioco.

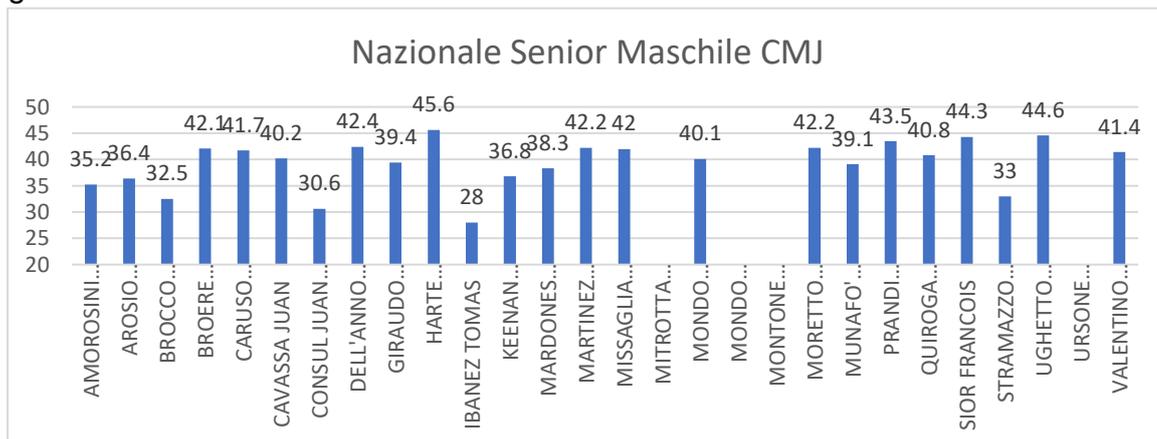


Figura 5_ Counter movement Jump Nazionale Senior Maschile

Il test dei 30m è stato svolto con fotocellule alla partenza ed all'arrivo il 10 Aprile ed il 29 Luglio, poco prima dell'inizio della Euro Cup di Vienna. Questo test rappresenta un parametro molto rilevante per l'hockeista.

La prestazione media del gruppo (incluso solo coloro che hanno ripetuto il test) è passata da 4.36 ± 0.19 s a 4.21 ± 0.19 con un miglioramento significativo nella prestazione del gruppo ($p=0.002$). Possiamo vedere i dati in figura 6.

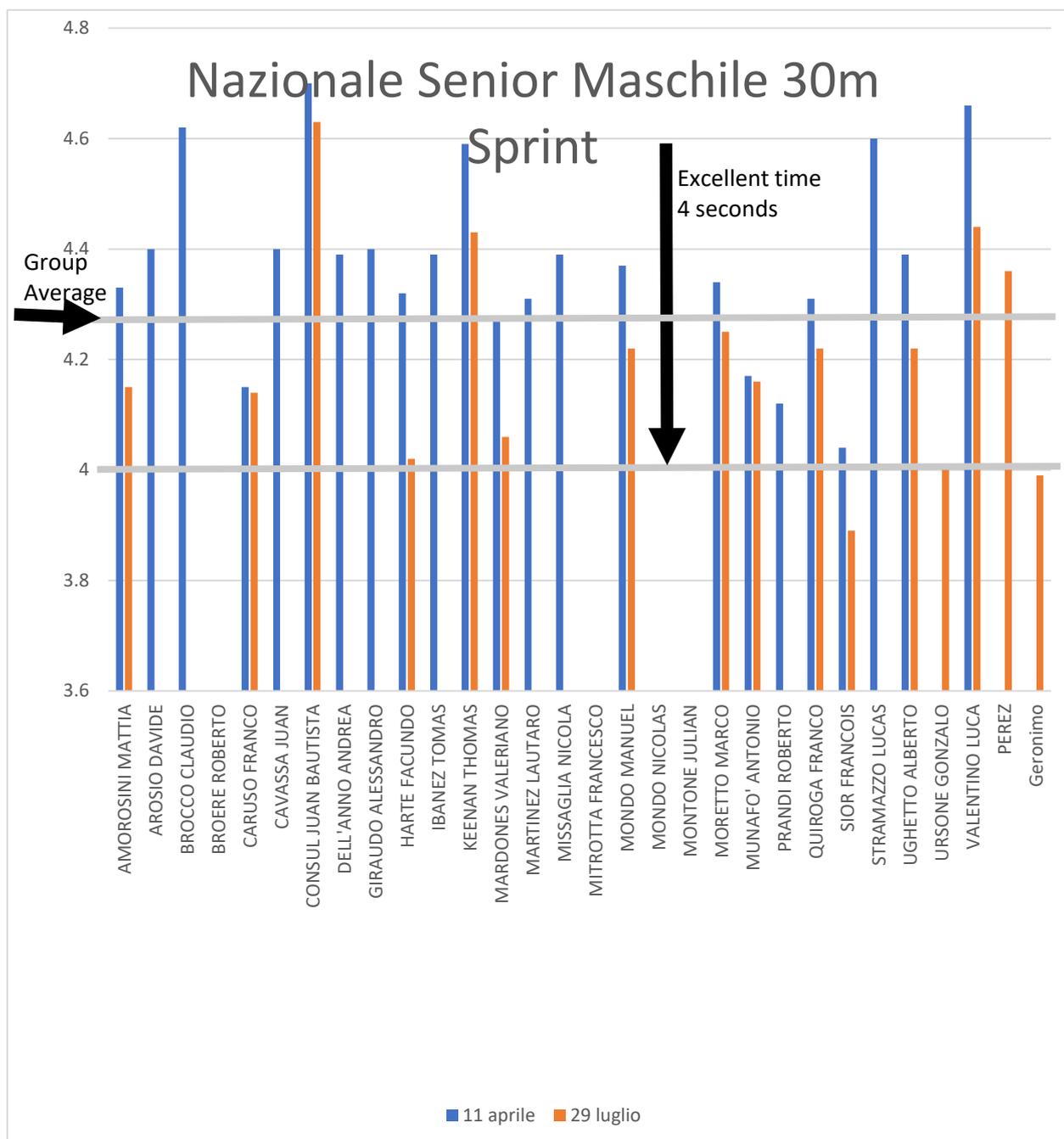


Figura 6_ Test 30 metri sprint Nazionale Senior Maschile, Aprile e Luglio 2022.

Nello svolgimento del test Pro Agility la differente superficie (campo dell'Acqua Acetosa, Roma e quello di Bra) può aver influenzato il risultato. Il migliore grip del secondo manto potrebbe avere infatti favorito prestazioni migliori.

La prestazione media del gruppo (considerando solo coloro che hanno ripetuto i test) è passata da 4.91 ± 0.21 a 4.68 ± 0.20 secondi.

Il miglioramento è risultato statisticamente significativo ($p < 0.01$), in figura 7 vediamo i risultati dei test.

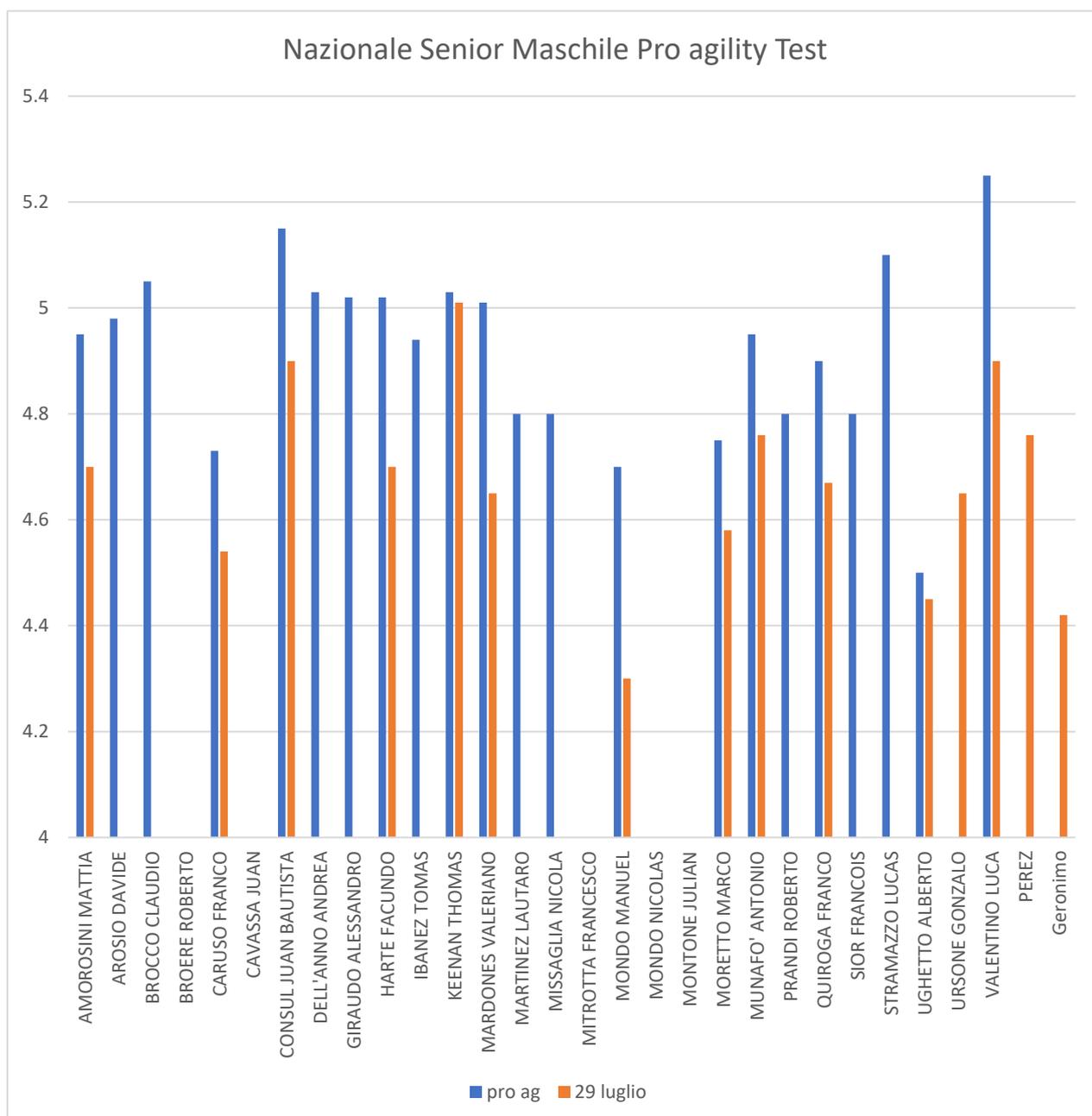


Figura 7_ Pro Agility Test Nazionale Senior Maschile, Aprile e Luglio 2022.

I risultati dello YoYo test rappresentati in figura 8 hanno evidenziato una media gruppo, per il test svolto il 10 maggio 2022: 52.2 ± 3.8 ml O₂/Kg mentre per il test svolto a Luglio la media è stata di 53.8 ± 3.6 ml O₂/Kg.

La letteratura scientifica considera valori attorno ai 60 ml O₂/Kg, ottimali per l'Hockey su Prato di alto livello.

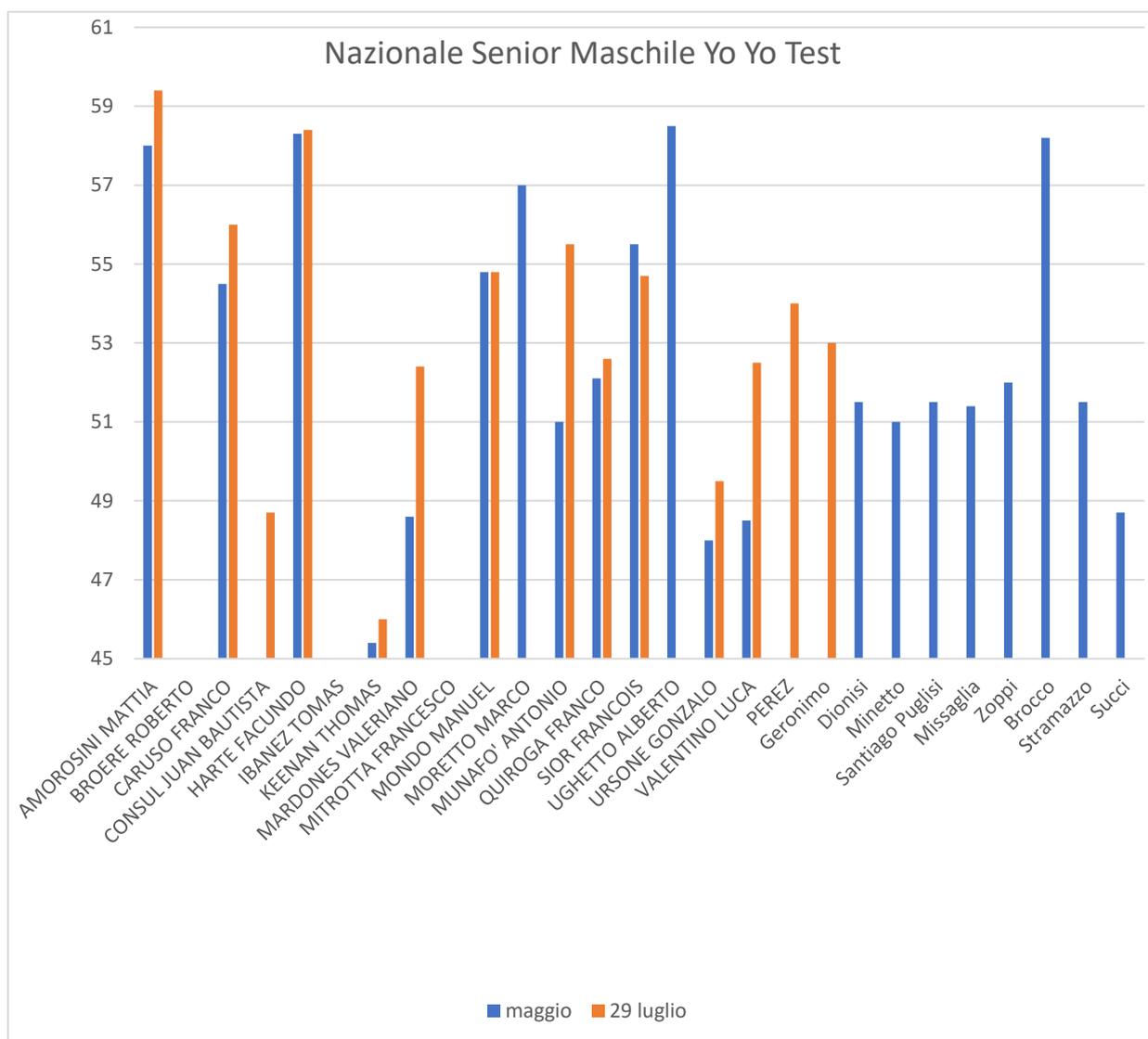


Figura 8_ Yo Yo test Nazionale Senior Maschile, Maggio e Luglio 2022

Il test Potenza alla panca piana è stato misurato con un encoder lineare (Tendo Unit) utilizzando carichi da di 30-50 70 kg.

Il parametro del AUC (area under the curve) identifica la potenza di un atleta ai vari carichi utilizzati nel test.

Come si vede nella figura 9 nella prestazione di panca piana la media gruppo da 1026.0 ± 385.8 a.u. a 1140.3 ± 345.6 a.u. con un incremento del 11.1%, significativo dal punto di vista statistico ($p=0.001$)

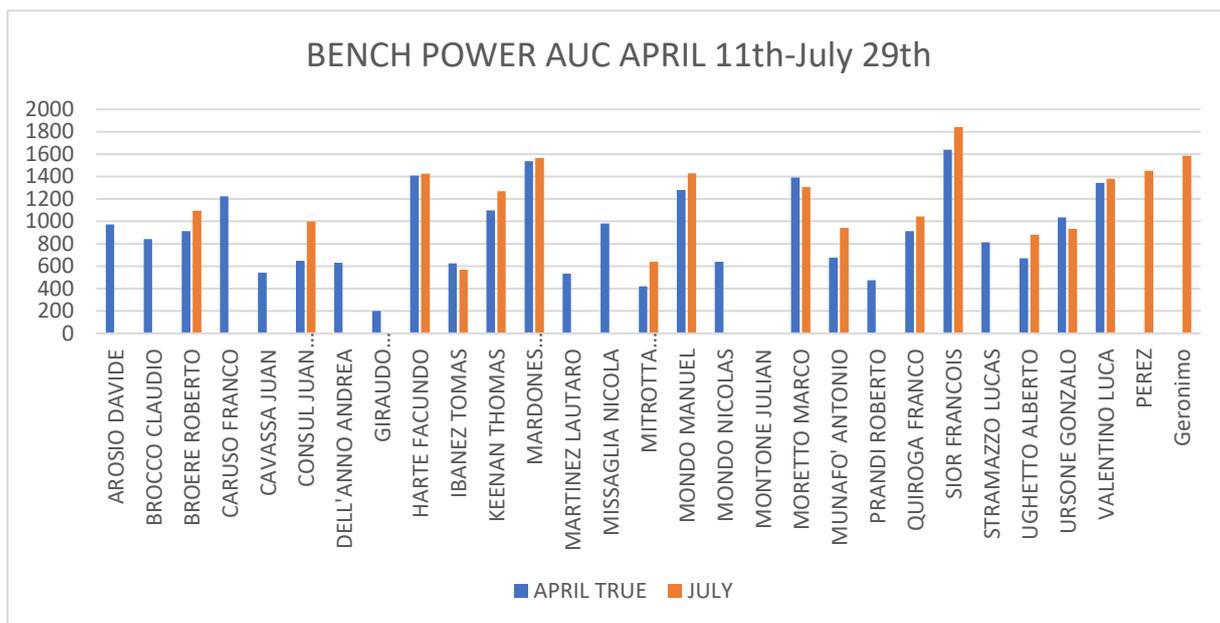


Figura 9_ Test potenza panca piana Nazionale Senior Maschile, Aprile e Luglio 2022

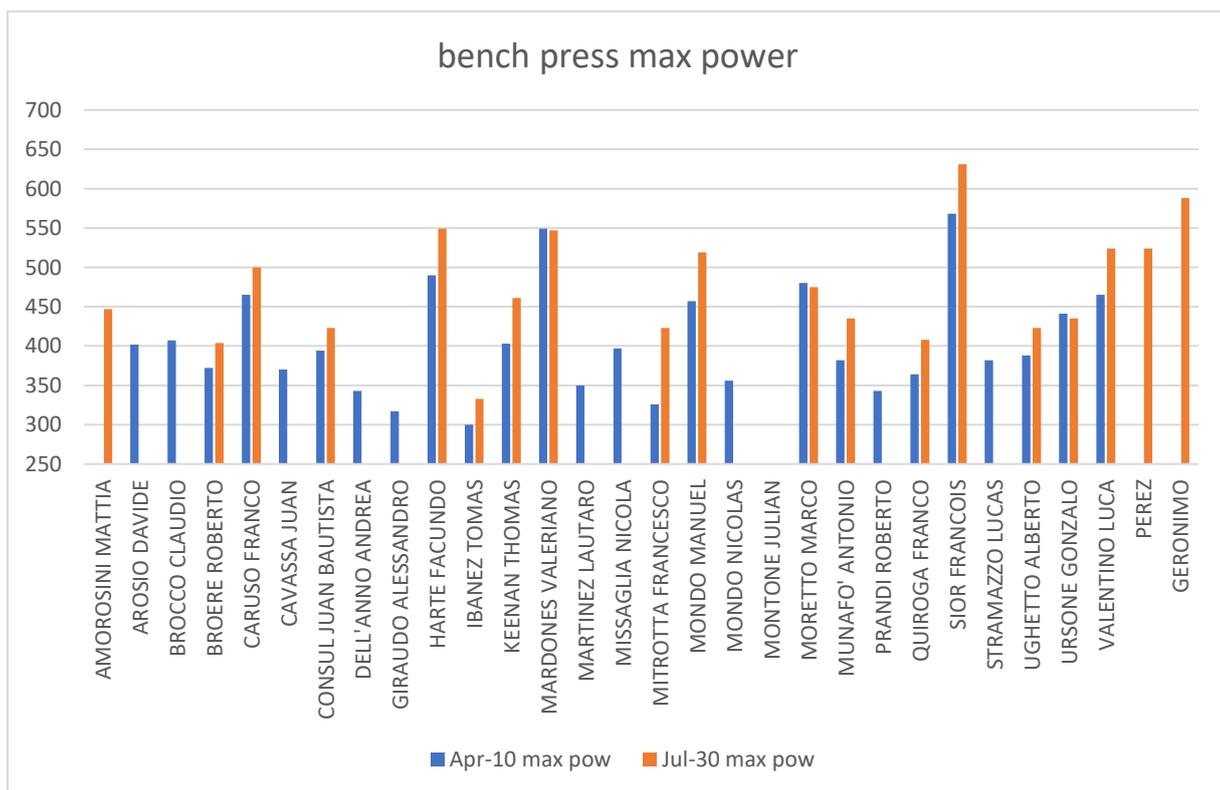


Figura 10_ Potenza massima espressa dagli atleti alla bench press con il proprio carico più favorevole, Nazionale Senior Maschile, Aprile e Luglio 2022

Alcuni studi correlano positivamente la forza della mano sinistra con la potenza del tiro (push) nell'Hockey su Prato, per questo è stato eseguito il test del Grip Strength che ha evidenziato disparità rilevanti tra gli atleti (figura 11).

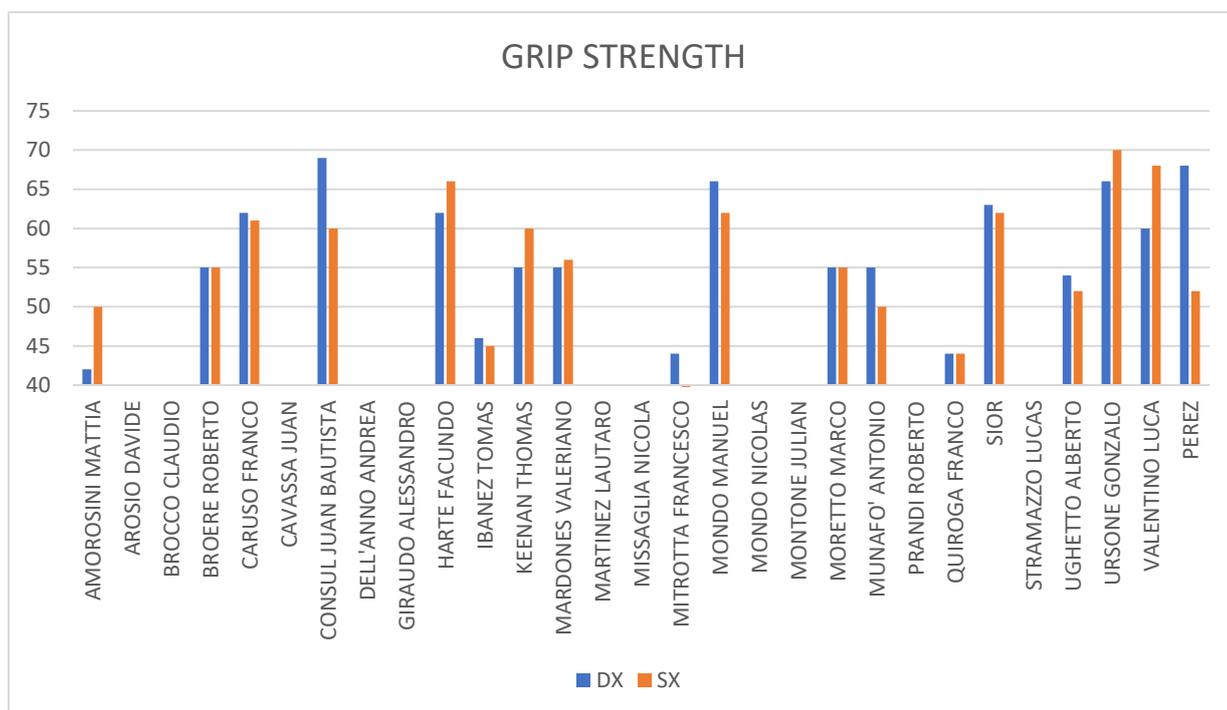


Figura 11_ Forza dell'impugnatura, mano destra e sinistra, Nazionale Senior Maschile, 2022

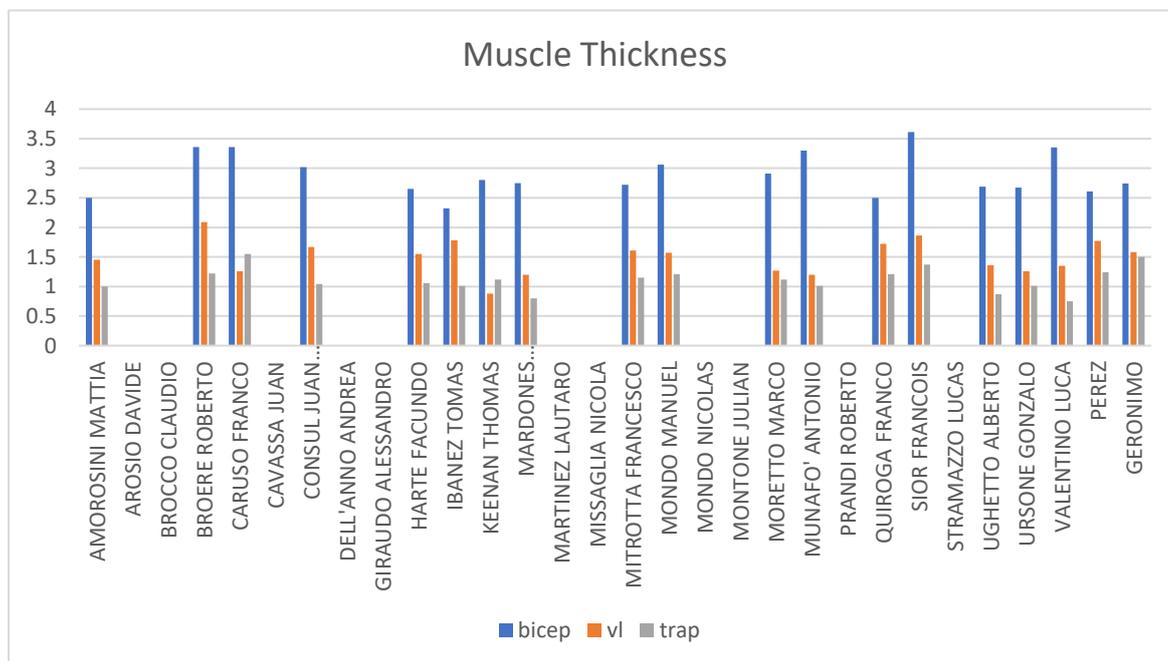


Figura 12_ Spessore muscolare misurato attraverso ecografia (B-mode) il 29 Luglio 2022. Muscolo bicipite brachiale, vasto laterale e trapezio.

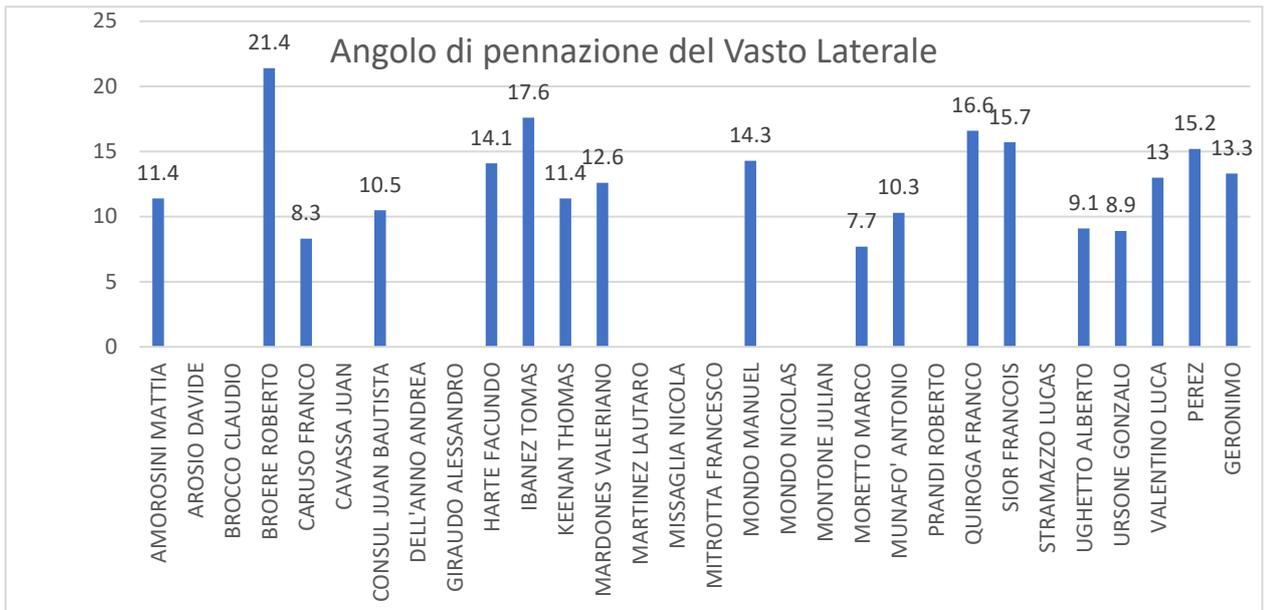


Figura 13_ Rilevazioni Angolo di pennazione del Vasto Laterale Destro, Nazionale Senior Maschile, Luglio 2022.

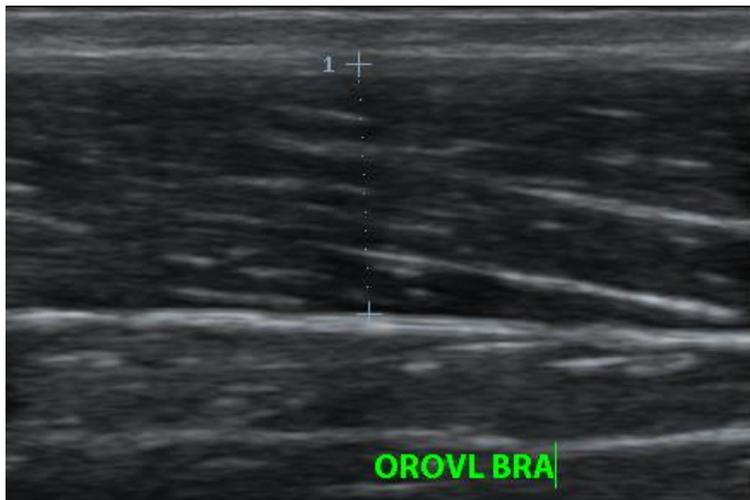


Figura 14_ Immagine ecografica Angolo di Pennazione

Più il valore è basso e più la qualità muscolare è elevata. Il muscolo bicipite presenta livelli di Echo Intensity superiori in quanto non è stato escluso il tessuto connettivo presente fra di esso ed il muscolo brachiale. Sono pertanto più indicativi I valori del trapezio e del vasto laterale. Questi valori riportati in figura 15 sono stati confrontati con quelli rilevati nella squadra Nazionale femminile.

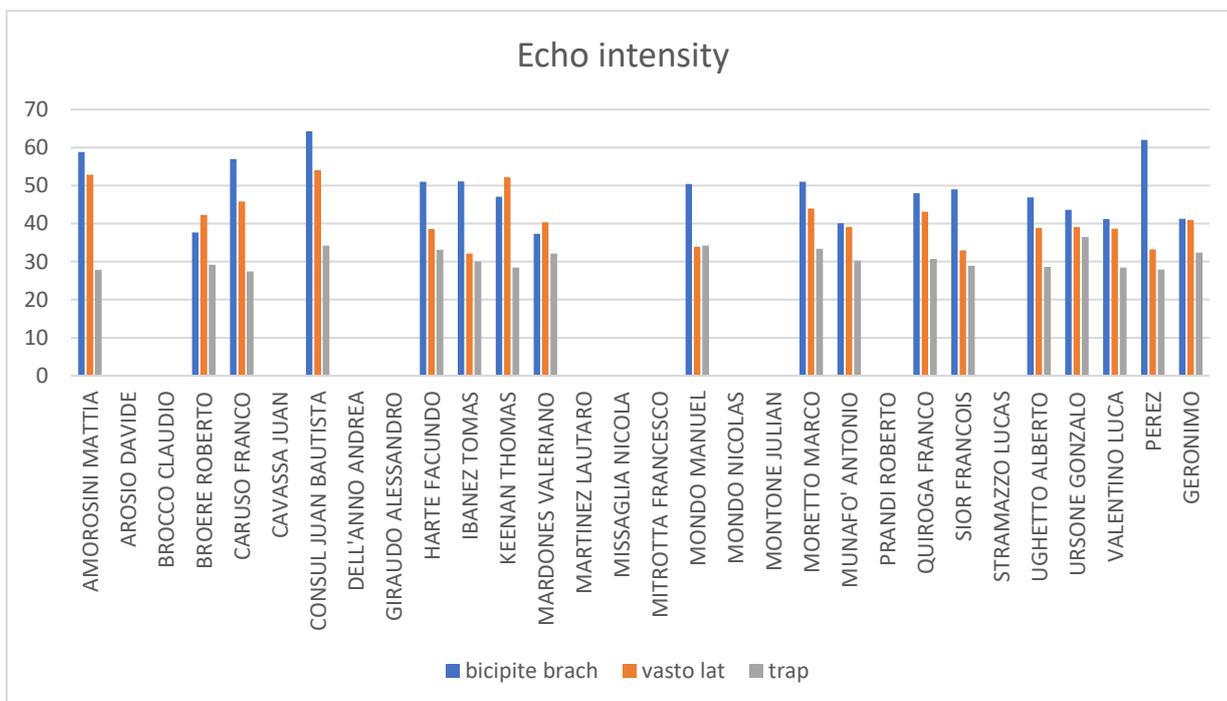


Figura 15_ Qualità Muscolare (Echo Intensity) dei muscoli Bicipite Brachiale, Vasto Laterale e Trapezio, Nazionale Senior Maschile, Luglio 2022.

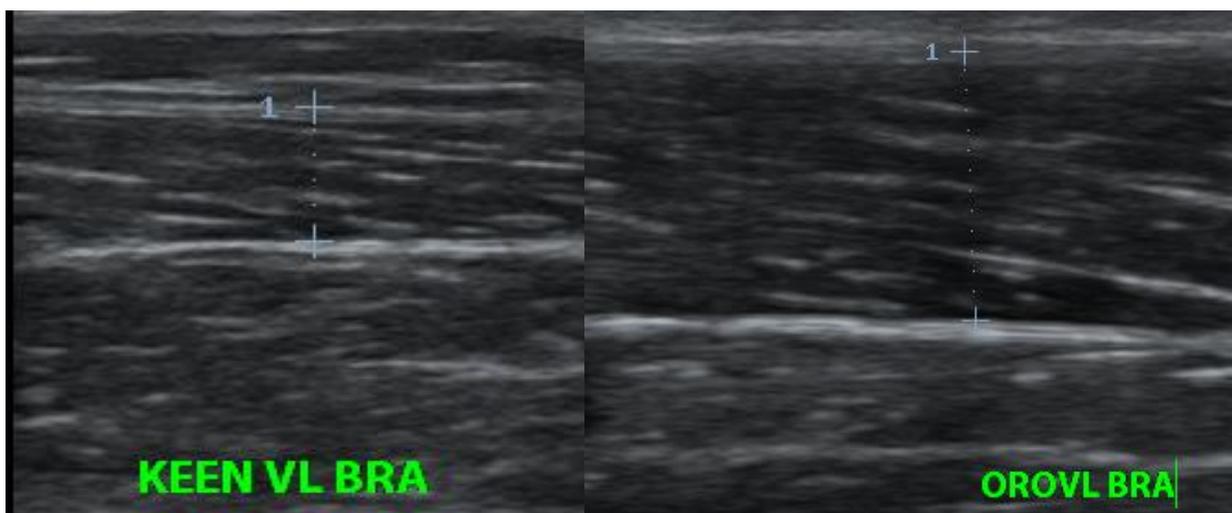


Figura 16_ Immagini ecografiche Vasto Laterale a confronto per valutazione qualità muscolare.

Di seguito si riportano tutti i test effettuati con la squadra nazionale femminile:
 Le rilevazioni della massa corporea e della percentuale di massa grassa (figura 17 e 18) seguono un andamento costante. Alcuni casi presentano un positivo miglioramento mentre rimangono tuttavia casi in tendenza negativa che vanno monitorati costantemente.

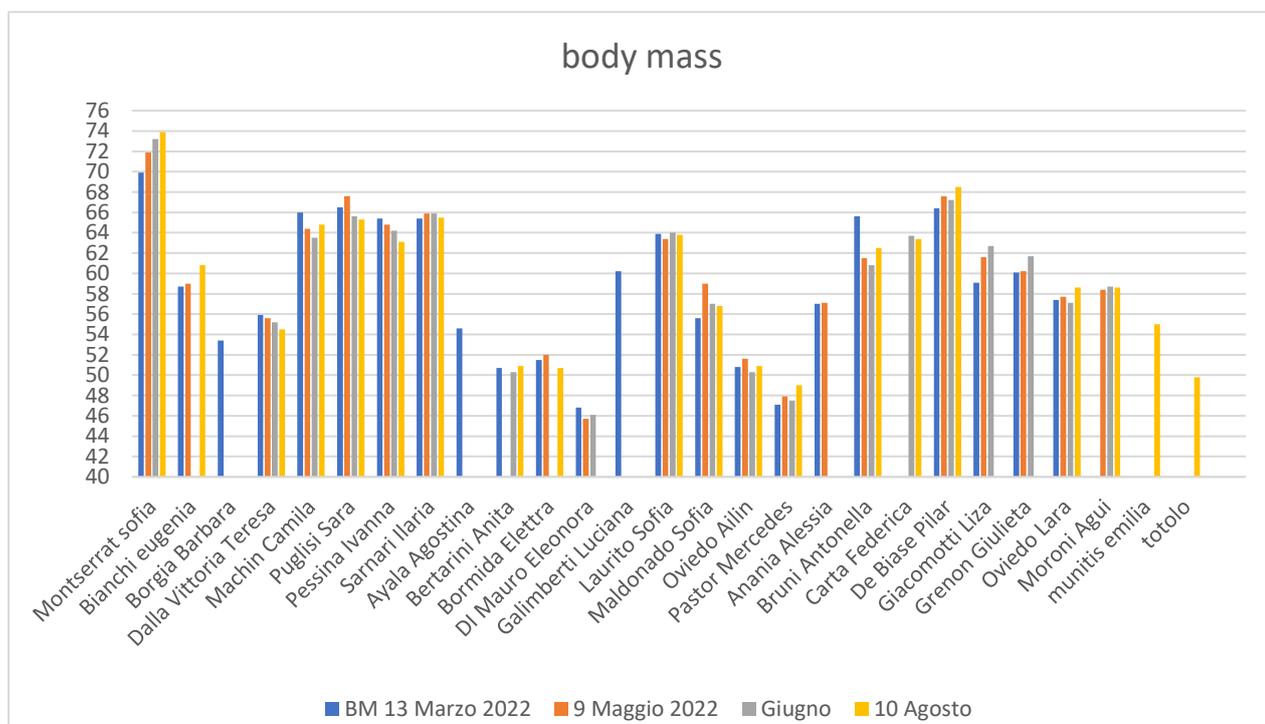


Figura 17_ Andamento della massa corporea Nazionale Senior Femminile nel periodo da Marzo ad Agosto 2022.

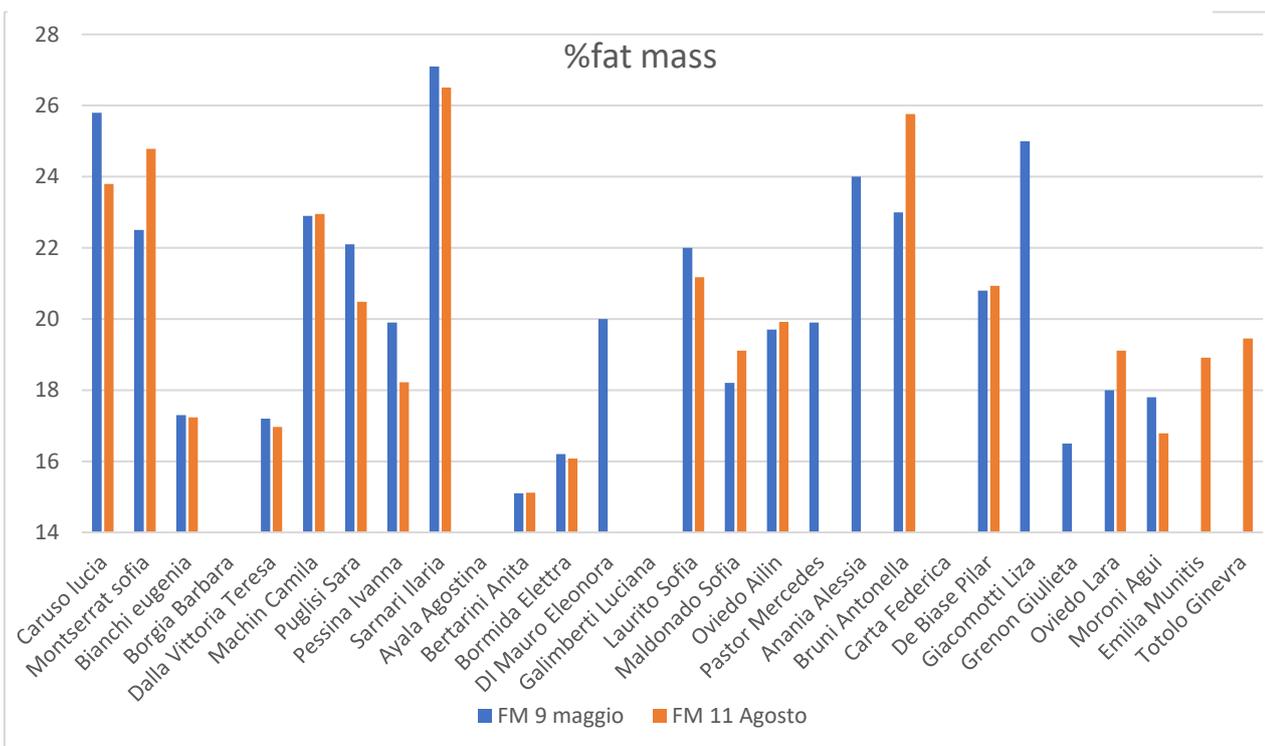


Figura 18_ Percentuale di massa grassa Nazionale Senior Femminile a Maggio ed Agosto 2022

Il test dei 30m è stato svolto con fotocellule alla partenza ed all'arrivo nei mesi di Marzo, Maggio e Agosto, quest'ultimo poco prima dell'inizio della Euro Cup di Vilnius (figura 19).

La prestazione media del gruppo (incluso solo coloro che hanno ripetuto il test) è passata da 4.86 ± 0.24 s. a Marzo a 4.90 ± 0.27 s. a Maggio per poi cambiare ancora a 4.75 ± 0.25 s. ad Agosto, con un miglioramento significativo nella prestazione del gruppo ($p=0.004$) fra Marzo e Agosto.

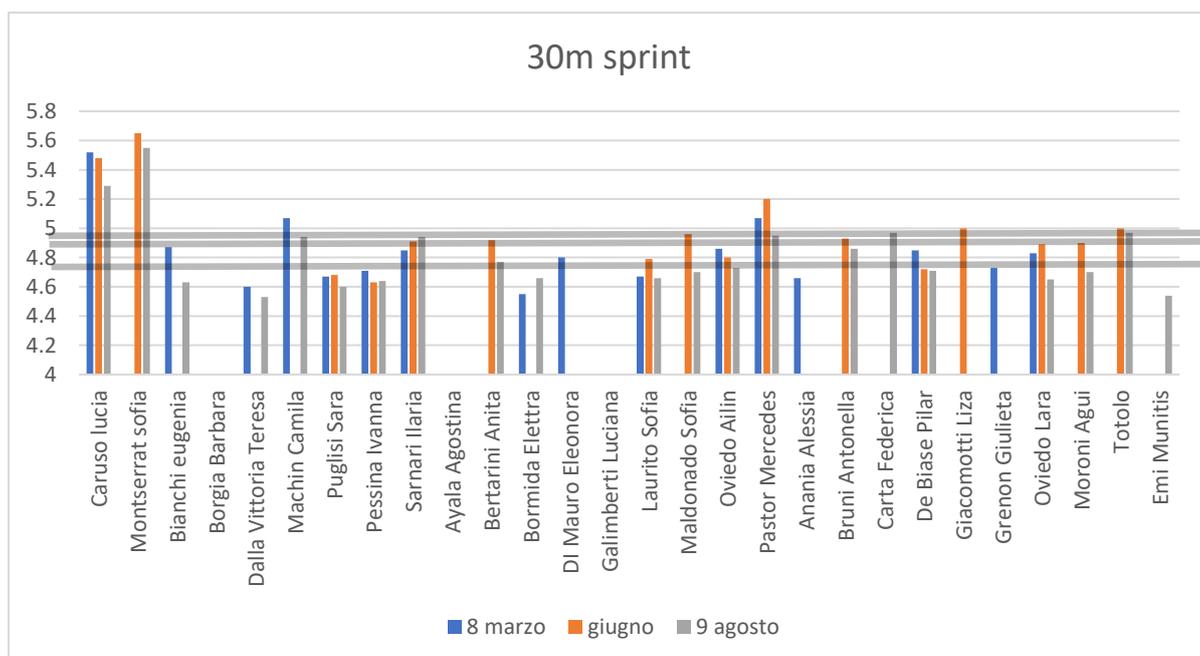


Figura 19_ Tempo sui 30m Nazionale Senior Femminile a Marzo, Giugno ed Agosto 2022

Non ci sono significative differenze tra i dati del test pro agility di Marzo e Agosto, le medie del gruppo erano rispettivamente 5,05 s. a Marzo e 5.02 s. ad Agosto (figura 20).

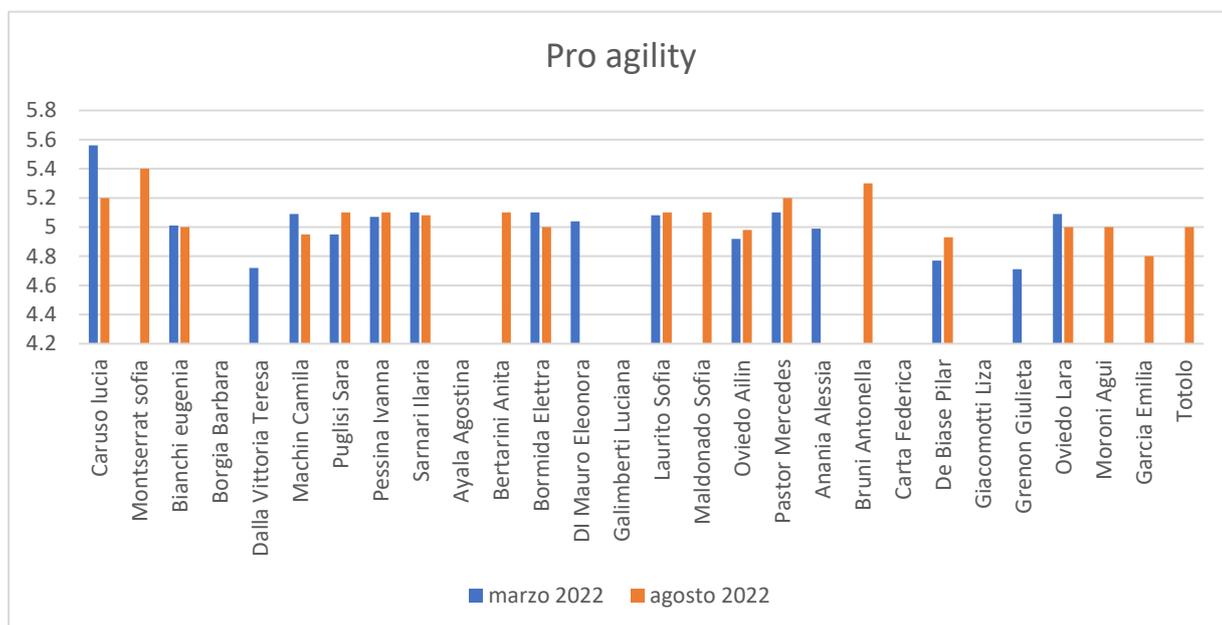


Figura 20_ Pro Agility test Nazionale Senior Femminile Marzo-Agosto 2022.

Nel test Yo-yo (figura 21) la media gruppo di Marzo era: 17.05 ± 1.2 , a Maggio: 17.3 ± 1.2 ad Agosto 17.4 ± 1.3 .

Nonostante il graduale miglioramento, risulta auspicabile l'incremento nella prestazione media del gruppo fino al valore suggerito per Top Elite Soccer Players (17.5).

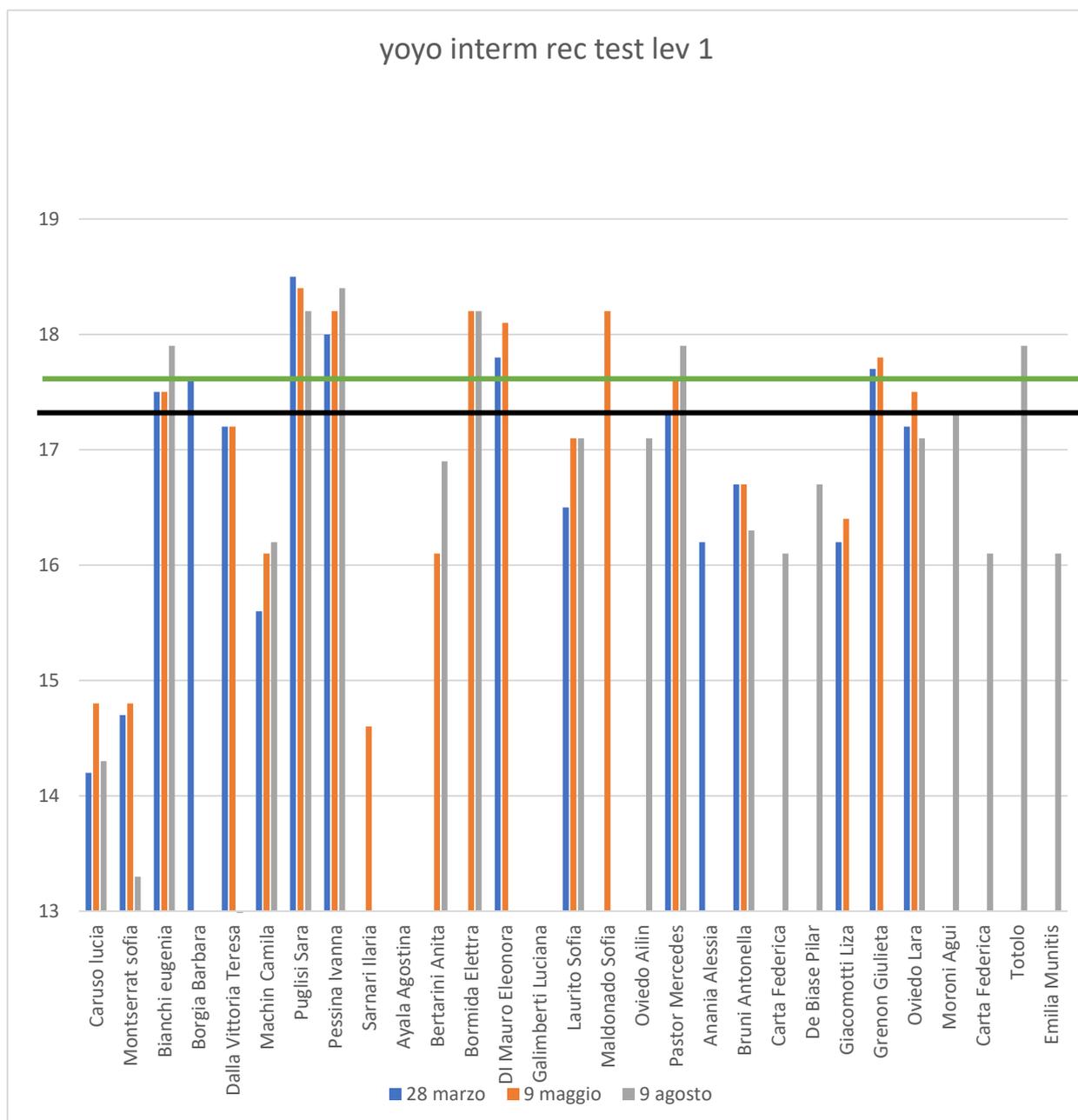


Figura 21_ YOYO recovery test Nazionale Senior Femminile Marzo-Maggio-Agosto 2022.

Il test di potenza massima (figura 22) con il carico più favorevole ad ogni atleta ha rilevato una media di gruppo a Marzo: 193.6 ± 26.9 W, a Maggio: 220.0 ± 41.0 W e ad Agosto 216.5 ± 34.9 W.

Dopo un significativo incremento da Marzo a Maggio 2022 ($p < 0.001$), da Maggio a Giugno si è registrata una leggera flessione (non significativa; $p = 0.18$) (figura 23), il programma di preparazione è stato infatti orientato maggiormente sugli aspetti metabolici ed allo sprint.

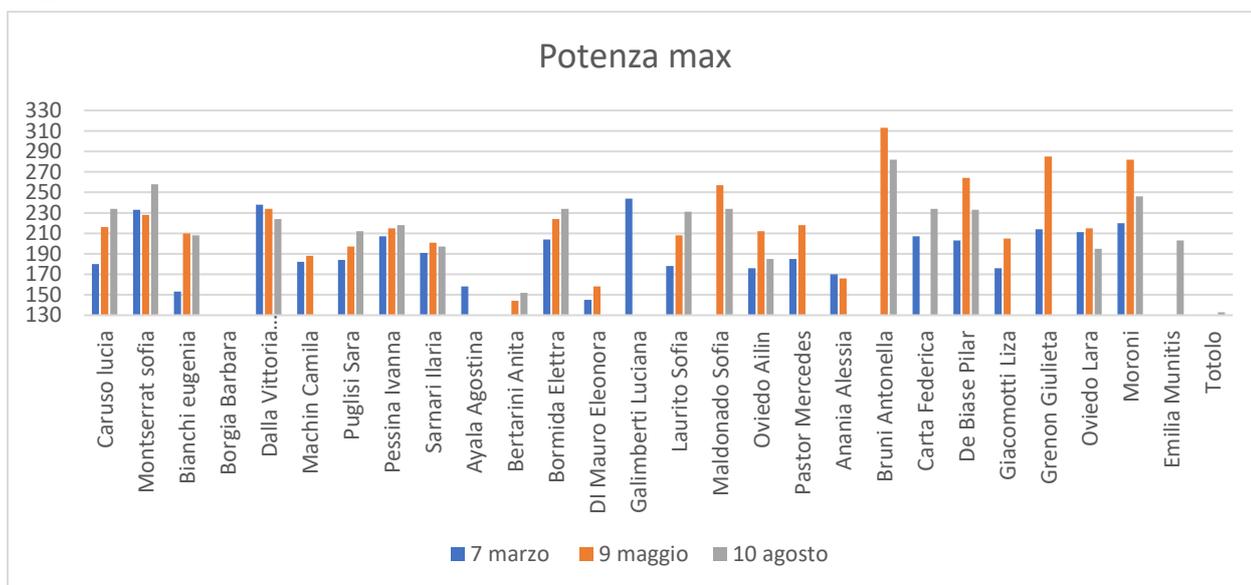


Figura 22_Potenza massima espressa dalle atlete alla bench press con il proprio carico più favorevole, Nazionale Senior Femminile, Marzo -Maggio -Agosto 2022

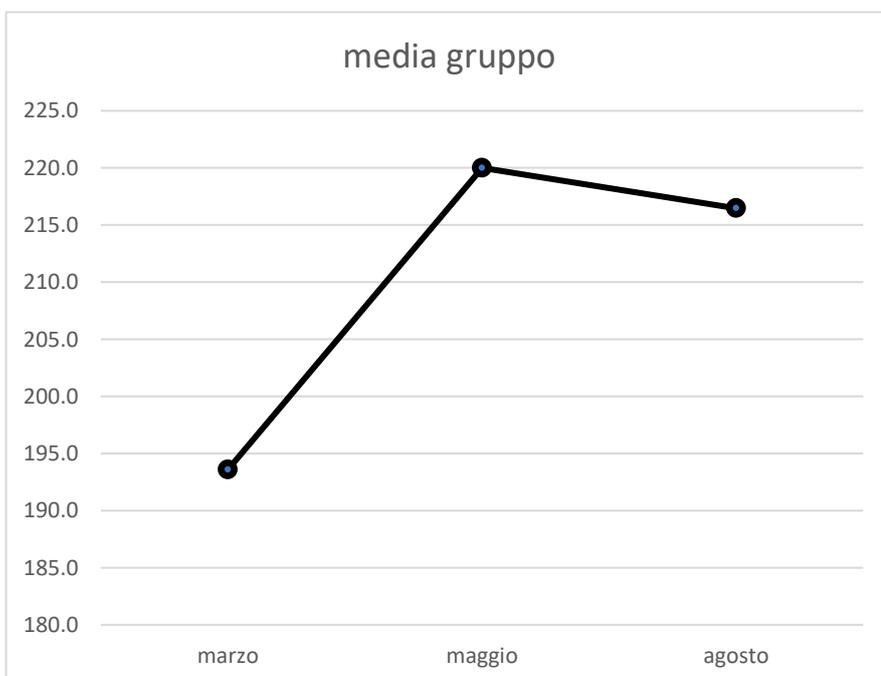


Figura 23_Andamento temporale media gruppo bench press Nazionale Senior Femminile

Nel test 1RM panca piana la media gruppo a Marzo era: 36.2 ± 8.6 Kg, a Maggio: 41.1 ± 18.6 Kg e ad Agosto 40.6 ± 20.2 Kg.(figura 24).

Valori al di sotto dei 35-40 kg indicano una pratica all'allenamento di forza troppo saltuaria o comunque non sufficiente.

L'incremento ottenuto da marzo a maggio indica una maggior assiduità nell'allenamenti in palestra (figura 25). Il plateau da maggio ad Agosto una interruzione nell'incremento dello stimolo o più probabilmente un prevalente allenamento in campo.

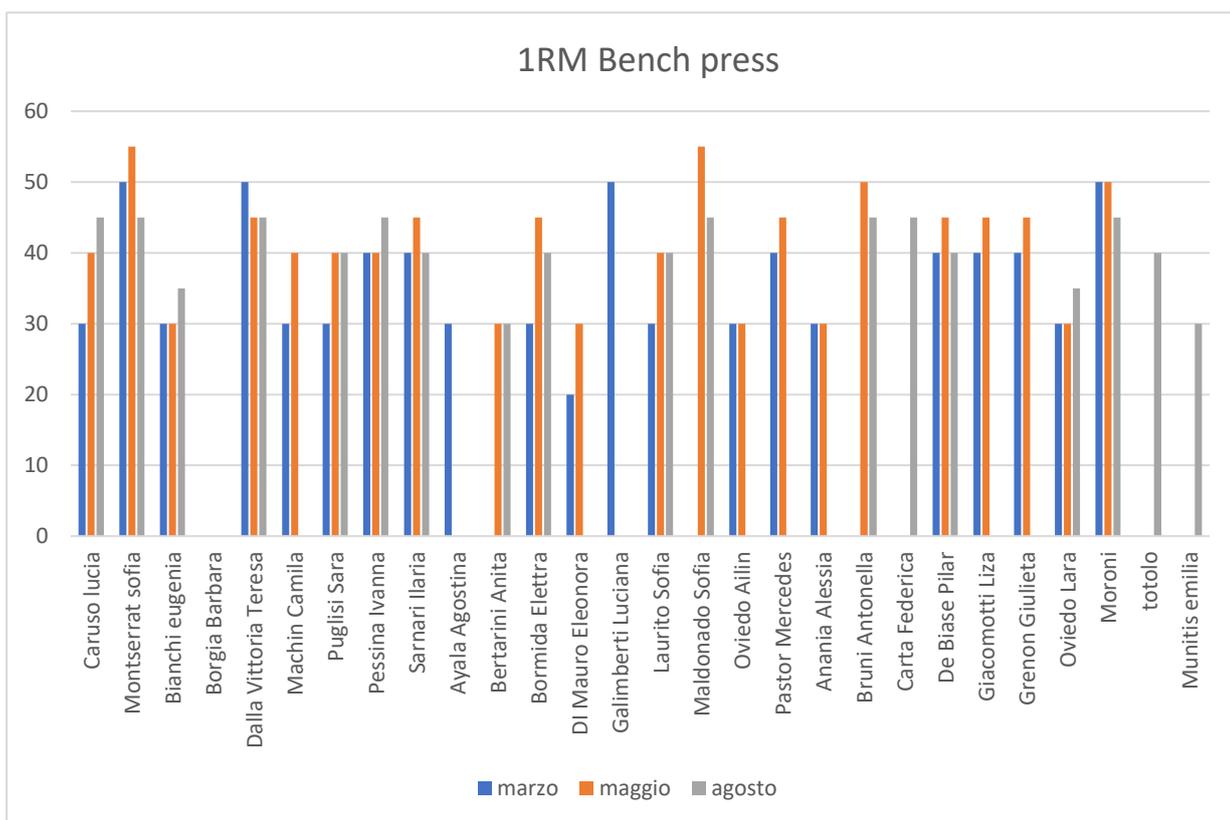


Figura 24_ Carico Massimo (1RM) alla panca piana, Nazionale Senior Femminile, Marzo - Maggio - Agosto 2022.

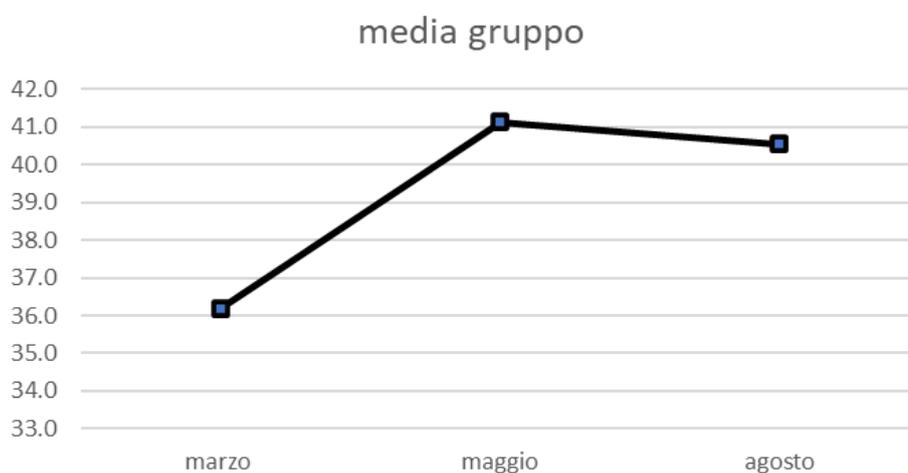


Figura 25_ Andamento temporale 1RM Bench Press Nazionale Senior Femminile

Anche per le donne è stato eseguito il test di Grip Strength a marzo e ripetuto successivamente ad Agosto rilevando un generale miglioramento (figura 26).

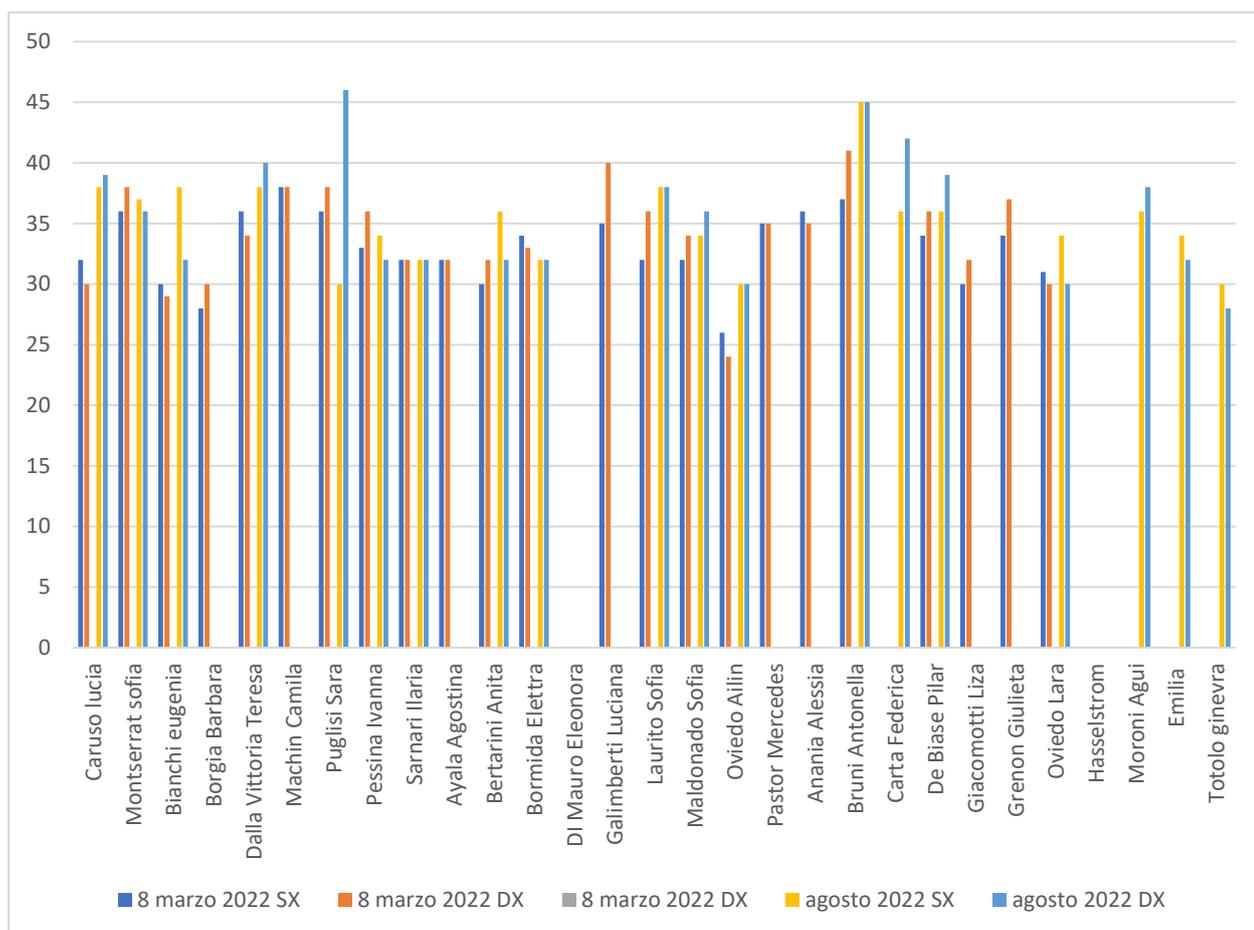


Figura 26_ Forza dell'impugnatura, mano destra e sinistra, Nazionale Senior Femminile, Marzo e Agosto 2022.

Le valutazioni ecografiche hanno analizzato lo spessore muscolare (figura 27), l'angolo di pennazione (figura 28) e l'echo intensity (figura 29)

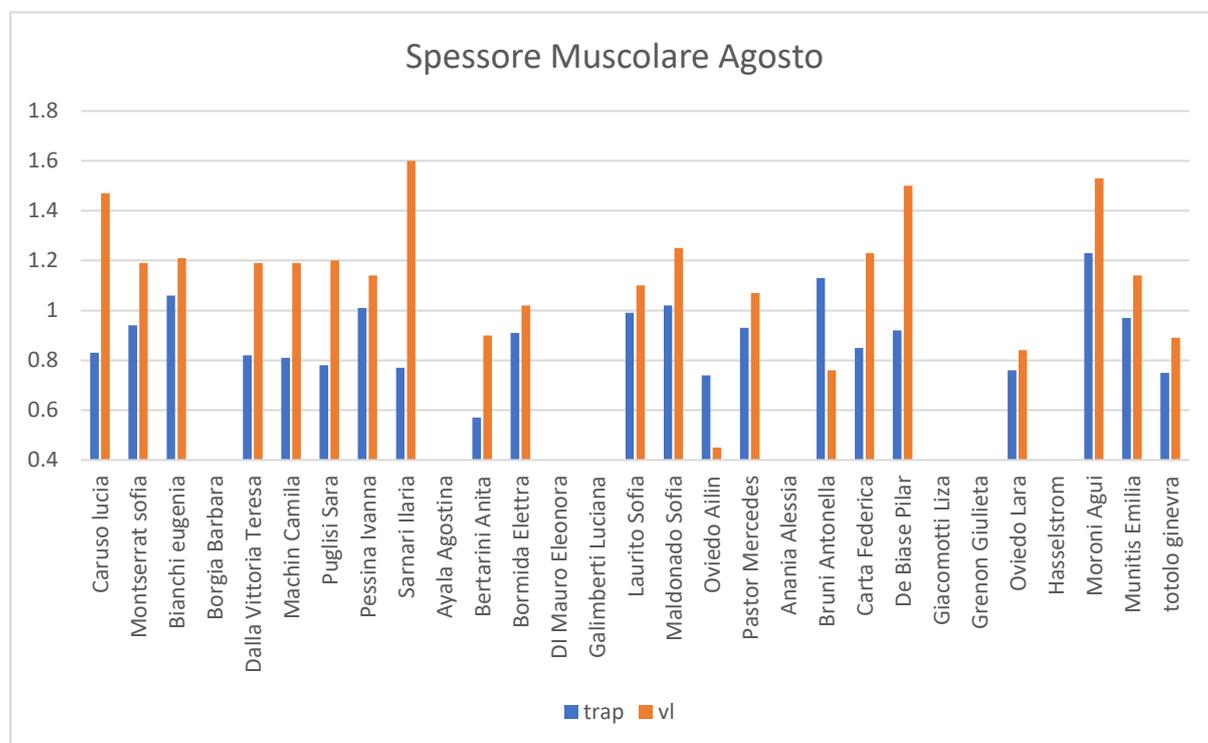
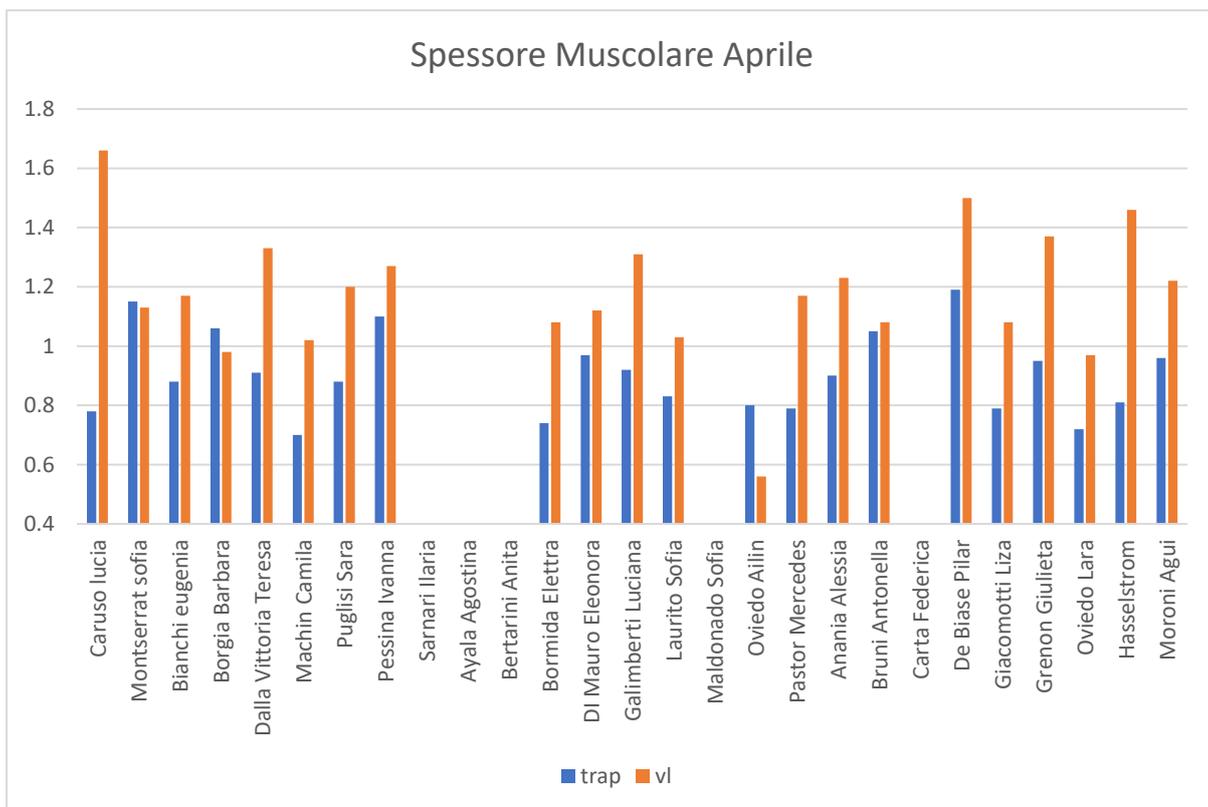


Figura 27_ Spessore muscolare muscolo trapezio e vasto laterale, Nazionale Senior Femminile, Aprile e Agosto 2022.

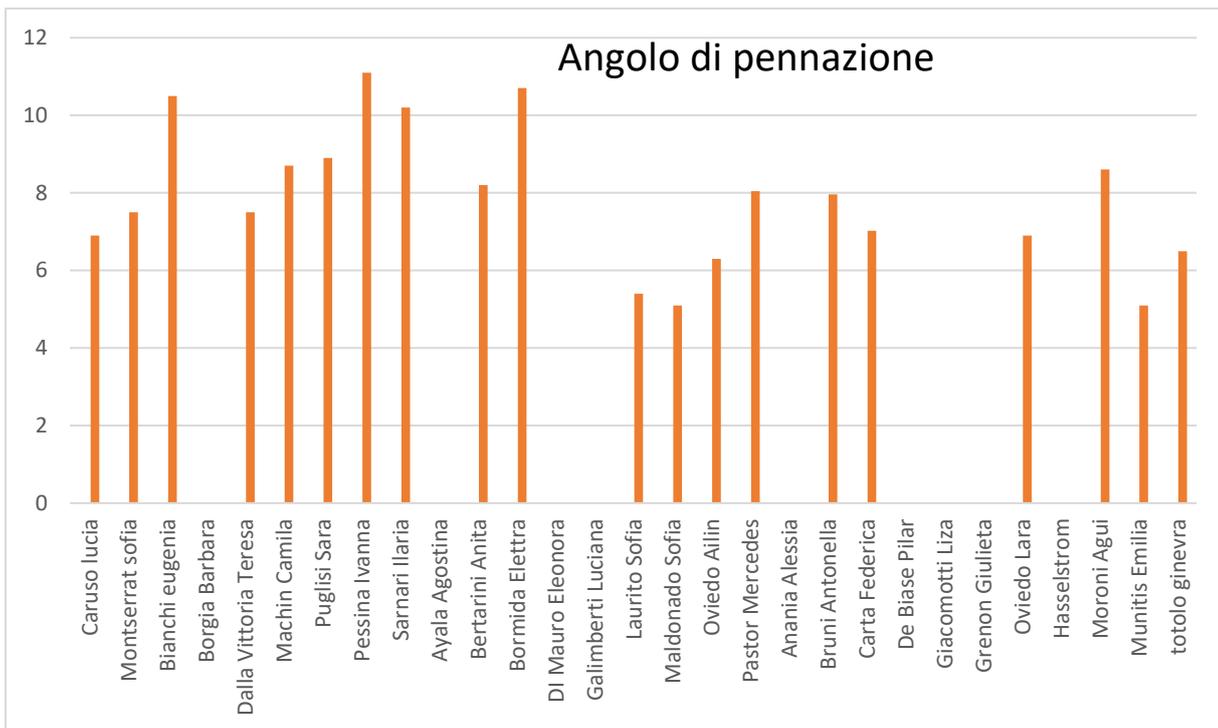


Figura 28_ Rilevazioni Angolo di pennazione del Vasto Laterale Destro, Nazionale Senior Femminile, Aprile 2022.

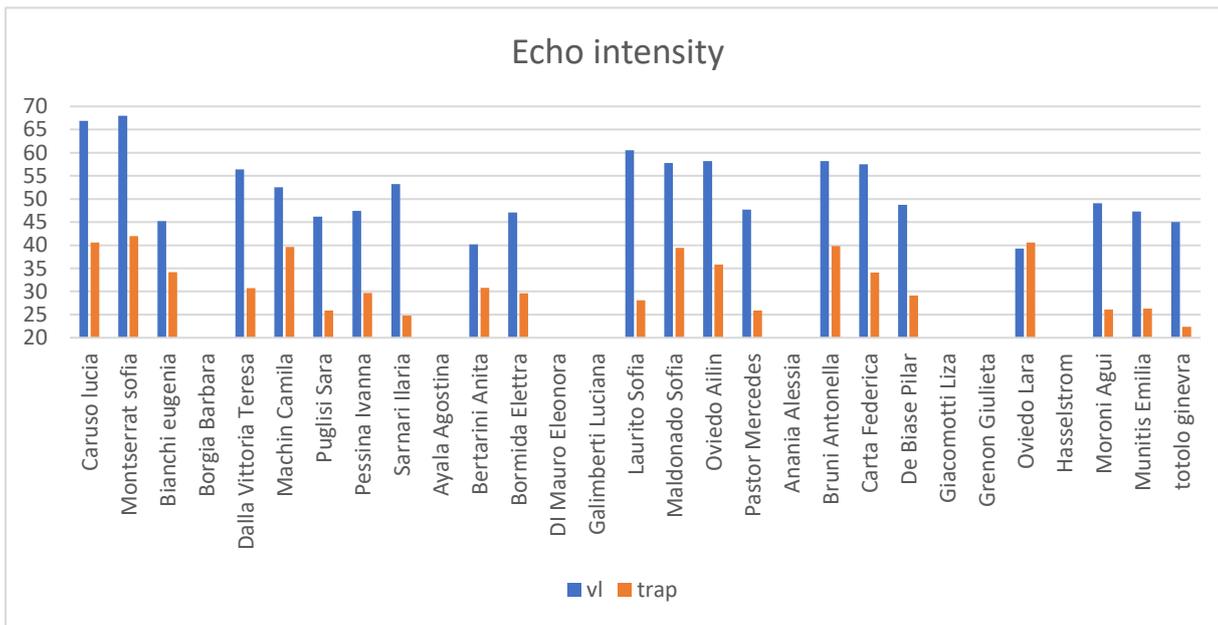


Figura 29_ Qualità Muscolare (Echo Intensity) dei muscoli Vasto Laterale e Trapezio, Nazionale Senior Femminile, Aprile 2022.

7 Discussione

L'obiettivo principale del project work era quello di trovare delle correlazioni tra morfologia muscolare e gli aspetti prestativi nelle giocatrici e nei giocatori di hockey su prato delle squadre nazionali senior italiane.

Mentre per le rilevazioni antropometriche, le valutazioni di forza e potenza e le valutazioni di potenza aerobica, sprint e valutazioni di agilità si possono confermare le evidenze già studiate in precedenti lavori presenti in letteratura, di particolare interesse sono, invece, i risultati ottenuti dalle rilevazioni ecografiche.

Dalla letteratura arriva la conferma dai precedenti studi che analizzano la relazione esistente tra spessore muscolare (MT) e angolo di pennazione (PA) e lunghezza del fascicolo muscolare (FL), in particolare gli studi di Abe et al. e Kumagai et al., che hanno riportato associazioni significative tra la lunghezza del fascicolo muscolare del Vasto Laterale e la prestazione di sprint in entrambi i velocisti maschili e femminili

Si evince che la lunghezza del fascicolo muscolare svolge un importante ruolo nel determinare la velocità massima di contrazione del muscolo e di conseguenza la massima capacità di sprint. Anzi, fascicoli più lunghi garantiscono velocità di contrazione più elevate grazie a un numero maggiore di sarcomeri in serie rispetto a fascicoli muscolari più corti. Anche questa ricerca conferma una correlazione significativa tra la PA e le prestazioni sia di sprint che di agilità. Quindi, in presenza di una combinazione di spessore muscolare alto e un basso angolo di pennazione, corrisponde una maggiore lunghezza del fascicolo muscolare e quindi maggiori prestazioni di velocità.

Un altro risultato della ricerca si è ottenuto attraverso la combinazione del gruppo dei maschi con quello delle femmine, con quale è stata rilevata una correlazione significativa fra lo spessore del trapezio ed il massimale (1RM) di panca piana ($r=0.64$; $p<0.01$).

L'altro aspetto della ricerca era invece focalizzato sulla qualità muscolare, valore rilevato con l'analisi ecografica e misurato con l'Echo intensity, che ha prodotto risultati interessanti.

Infatti, nonostante il confronto fra la squadra maschile e quella femminile riguardo alla morfologia muscolare ha evidenziato, come facilmente ipotizzabile,

differenze significative ($p<0.05$) nello spessore del trapezio e del vasto laterale, le differenze di qualità muscolare sono risultate significative ($p<0.05$) solo nel vasto laterale e non nel muscolo trapezio (figura 30). Ciò significa che per quanto riguarda i muscoli dell'upper body la qualità muscolare tra maschi e femmine è simile, mentre la qualità muscolare del lower body presenta differenze significative dovute alla maggiore presenza di tessuto adiposo. Inoltre a conferma di quanto affermato in precedenza, anche l'echo intensity (qualità muscolare) del vasto laterale ha evidenziato una correlazione elevata con la prestazione di sprint sui 30m ($r=0.75$; $p<0.01$).

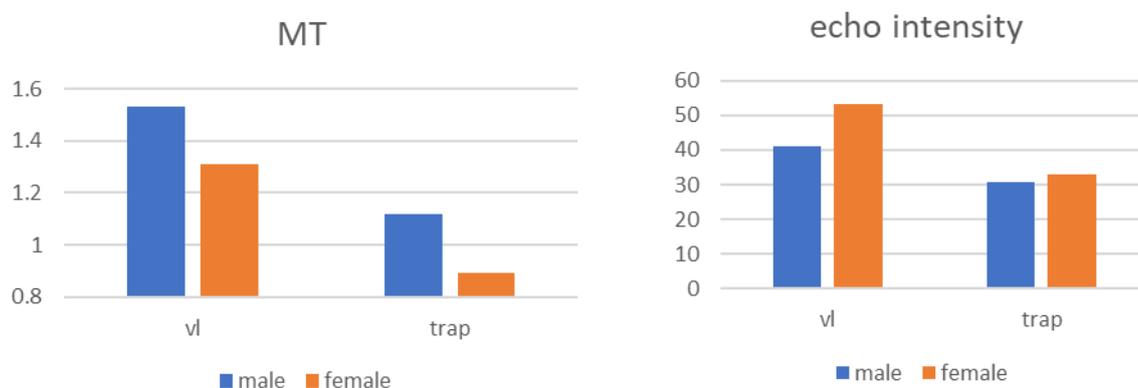


Figura 30_Confronto tra Nazionale Senior Maschile e Femminile rispettivamente per Spessore Muscolare (MT) e qualità muscolare (Echo Intensity) per Vasto Laterale e Trapezio

8. Conclusioni

Concludendo, il presente lavoro ha evidenziato delle correlazioni tra morfologia muscolare e prestazioni sia nelle giocatrici che nei giocatori delle nazionali di hockey su prato, in particolar modo una correlazione tra lunghezza del fascicoli muscolari e prestazioni di sprint sui 30 metri.

Un altro elemento da considerarsi di particolare interesse sono i risultati derivanti dall'analisi della qualità muscolare (Echo Intensity).

Maschi e Femmine non differiscono in maniera rilevante nella qualità dei muscoli dell'upper body, mentre esistono delle differenze nel lower body date soprattutto da una presenza maggiore di tessuto adiposo nelle femmine. Tuttavia, sia nei maschi che nelle femmine la qualità muscolare è correlata alle prestazioni di velocità.

Alla luce di questi risultati, si potrebbero programmare allenamenti, che tengano conto dei principi di individualizzazione e specificità, che potrebbero essere determinanti per migliorare le componenti fisiche specifiche dello sport e, se necessario, ridurre la massa grassa nei giocatori di hockey su prato.

La ricerca conferma, inoltre, l'importanza del monitoraggio della morfologia e della composizione corporea negli atleti ma anche l'importanza della valutazione ecografica come ulteriore strumento, poiché rappresenta un utile innovazione nel processo di screening degli atleti, sia per l'identificazione del talento che dei margini di incremento della prestazione.

9 Lista dei Riferimenti Bibliografici

- Abe, T.; Fukashiro, S.; Harada, Y.; Kawamoto, K. *Relationship between sprint performance and muscle fascicle length in female sprinters*. J. Physiol. Anthr. Appl. Hum. Sci. 2001, 20, 141–147.
- Bandyopadhyay, A.; Datta, G.; Dey, S.K. *Body composition characteristics and physiological performance tests of junior elite field hockey players according to different playing positions*. J. Phys. Educ. Sport 2019, 19, 1460–1467.
- Bartolomei Sandro, Nigro Federico, Gubellini Luca, Ciacci Simone, Merni Franco, Treno Filippo, Cortesi Matteo and Semprini Gabriele. *Physiological and sport-specific comparison between division I and division II Italian male field hockey players*. Journal of Strength and Conditioning Research 2018 National Strength and Conditioning Association, Vol. 33, Num 11, Nov 2019, 3123 - 3128
- Bartolomei Sandro, Nigro Federico, Ciacci Simone, Malagoli Lanzoni Ivan, Treno Filippo and Cortesi Matteo. *Relationships between Muscle Architecture and Performance in Division I Male Italian Field Hockey Players*, Appl. Sci. 2021, 11, 4394
- Bartolomei, S.; Hoffman, J.R.; Stout, J.R.; Merni, F. *Effect of Lower-Body Resistance Training on Upper-Body Strength Adaptation in Trained Men*. J. Strength Cond. Res. 2018, 32, 13–18.
- Bartolomei, S.; Grillone, G.; Di Michele, R.; Cortesi, M. *A Comparison between Male and Female Athletes in Relative Strength and Power Performances*. J. Funct. Morphol. Kinesiol. 2021, 6, 17
- Bartolomei, S.; Rovai, C.; Lanzoni, I.M.; di Michele, R. *Relationships Between Muscle Architecture, Deadlift Performance, and Maximal Isometric Force Produced at the Midthigh and Midshin Pull in Resistance-Trained Individuals*. J. Strength Cond. Res. 2019.
- Blazevich, A.J.; Giorgi, A. *Effect of testosterone administration and weight training on muscle architecture*. Med. Sci. Sports Exerc. 2001, 33, 1688–1693.
- Blazevich, A.J.; Gill, N.D.; Zhou, S. *Intra- and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo*. J. Anat. 2006, 209, 289–310.
- Blazevich, AJ, Gill, ND, Bronks, R, and Newton, RU. *Training specific muscle architecture adaptation after 5-wk training in athletes*. Med Sci Sports Exerc 35: 2013–2022, 2003
- Bodine, S.C.; Roy, R.R.; Meadows, D.A.; Zernicke, R.F.; Sacks, R.D.; Fournier, M.; Edgerton, V.R. *Architectural, histochemical, and contractile characteristics of a unique biarticular muscle: The cat semitendinosus*. J. Neurophysiol. 1982, 48, 192–201.
- Brughelli, M.; Cronin, J.; Nosaka, K. *Muscle architecture and optimum angle of the knee flexors and extensors: A comparison between cyclists and Australian Rules football players*. J. Strength Cond. Res. 2010, 24, 717–721.
- Calo, C. M., Sanna, S., Piras, I. S., Pavan, P., & Vona, G. (2009). *Body Composition of Italian Female Hockey Players*. Biol Sport, 26(1), 23-31.
- Chapman, N.L. *Chapman ball control test—Field hockey*. Res Q Exerc Sport 53: 239–242, 1982.
- Fukunaga, T.; Miyatani, M.; Tachi, M.; Kouzaki, M.; Kawakami, Y.; Kanehisa, H. *Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans*. Acta Physiol. Scand. 2001, 172, 249–255.
- Gabbett, T.J. (2010). *GPS analysis of elite women's field hockey training and competition*. J Strength Cond Res 24 (5), 1321–1324
- Gil, SM, Gil, J, Ruiz, F, Irazusta, A, Irazusta, J. (2007). *Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: Relevance for the selection process*. J. Strength Cond. Res, 21 (2), 438-445.
- Haff, G.G.; Ruben, R.P.; Lider, J.; Twine, C.; Cormie, P. *A comparison of methods for determining the rate of force development during isometric midthigh clean pulls*. J. Strength Cond. Res. 2015, 29, 386–395.

- Holway, FE, Seara, M. (2011). *Kinanthropometry of world champion junior male field hockey players*. *Apunts Med Esport*, 46 (172), 163---168.
- Horst Wein, *Key to Better Hockey: An Optimal Learning and Coaching Model to Unlock and Develop the Innative Potential of Young Hockey Players*, International Educational Management Systems, 2000
- Karkare, A. (2011). *Anthropometric measurements and body composition of hockey players with respect to their playing positions*. *Ind Str Res J*, 1, 5-8.
- Keogh JW, Weber, CL, and Dalton, CT. *Evaluation of anthropometric, physiological, and skill-related tests for talent identification in female field hockey*. *Can J Appl Physiol* 28: 397–409, 2003.
- Kumagai, K.; Abe, T.; Brechue, W.F.; Ryushi, T.; Takano, S.; Mizuno, M. *Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters*. *J. Appl. Physiol.* 2000, 88, 811–816.
- Lee, S.S.; Piazza, S.J. *Built for speed: Musculoskeletal structure and sprinting ability*. *J. Exp. Biol.* 2009, 212, 3700–3707.
- Lemmink, KA, Elferink-Gemser, MT, and Visscher, C. *Evaluation of the reliability of two field hockey specific sprint and dribble tests in young field hockey players*. *Br J Sports Med* 38: 138–142, 2004.
- Lemmink K, Visscher S. *Role of energy systems in two intermittent field tests in women field hockey players*. *Journal Of Strength & Conditioning Research* August 2006;20(3):682- 688.
- Mangine, G.T.; Fukuda, D.H.; Townsend, J.R.; Wells, A.J.; Gonzalez, A.M.; Jajtner, A.R.; Bohner, J.D.; LaMonica, M.; Hoffman, J.R.; Fragala, M.S.; et al. *Sprinting performance on the Woodway Curve 3.0 TM is related to muscle architecture*. *Eur. J. Sport Sci.* 2015, 15, 606–614.
- Manna I., G.L. Khanna, P.C. Dhara (2009) *Training induced changes on physiological and biochemical variables of young Indian field hockey players*. *Biol. Sport*, 26: 33-43.
- Manna, I, Khanna, GL, Dhara, PC. (2011). *Morphological, Physiological and Biochemical Characteristics of Indian Field Hockey Players of Selected Age Groups*. *Al Ameen J Med Sci* 4(4): 323 -333.
- Montgomery, DL. (2006). *Physiological profile of professional hockey players – a longitudinal study*. *Appl Physiol Nutr Metab*, 31, 181–185.
- Nimphius Sophia, McGuigan Michael R. and Newton Robert U.. *Changes in muscle architecture and performance during a competitive season in female softball players*. *Journal of Strength and Conditioning Research, National Strength and Conditioning Association*, 2012, 26(10)/2655–2666
- Raquel Silva Lemos, Gabriel Andrade Paz, Marianna de Freitas Maia, Jurandir Baptista da Silva, Vicente Pinheiro Lima, Juliana Brandão Pinto de Castro, Humberto Miranda. *Anthropometric and physical fitness parameters versus specific performance tests in Brazilian field hockey athletes: a pilot study*. *Biomedical Human Kinetics*, 9, 57–63, 2017
- Reilly T, Borrie A. (1992). *Physiology applied to field Hockey*. *Sports Med*, 14, 10-26.
- Rishira N, Tauton JE, Niven B. *Injury Profile of elite under-21 age female field hockey players*. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* March 2009;49(1):71-7.
- Smith Valerie Georgia, Jayaraman Roop Chand. *Physiological Fitness Profile of NCAA Division I Female Field Hockey Players*. *ARC Journal of Research in Sports Medicine* Volume 4, Issue 1, 2019, PP 17-24
- Spencer, M, Bishop, D., & Lawrence, S. (2004). *Longitudinal assessment of the effects of field-hockey training on repeated sprint ability*. *J Sci Med Sport*, 7(3), 323-334.
- Spencer, M, Lawrence, S, Rechichi, C, Bishop, D, Dawson, B, and Goodman, C. *Time–motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-sprint activity*. *J Sports Sci* 22: 843–850, 2004
- Wassmer, DJ and Mookerjee, S. *A descriptive profile of elite US women’s collegiate field hockey players*. *J Sports Med Phys Fitness* 42: 165–171, 2002

Whiters RT, Whittingham NO, Norton K.I, La Forgia J, Ellis M.W, Crockett A. *Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes*. European Journal of Applied Physiology 1987;56: (169-180).

Zaras, N.D.; Stasinaki, A.N.E.; Methenitis, S.K.; Krase, A.A.; Karampatsos, G.P.; Georgiadis, G.V.; Spengos, K.M.; Terzis, G.D. *Rate of force development, muscle architecture, and performance in young competitive track and field throwers*. J. Strength Cond. Res. 2016, 30, 81–92.