



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE

DIPARTIMENTO DI AREA MEDICA

Corso di laurea magistrale in:

Scienza dello sport, cl. LM-68

Tesi di Laurea Magistrale

“ANALISI CINEMATICA ED ELETTROMIOGRAFICA DI SUPERFICIE NEL
PATTINAGGIO DI VELOCITÀ SU ROTELLE: IMPLICAZIONI NELLA PREPARAZIONE
ATLETICA, NELLA PREVENZIONE E RECUPERO POST INFORTUNIO”

Relatore:

Prof. Stefano Lazzer

Laureando:

Giulio Sisti

Correlatori:

Dott.ssa Giulia Bongiorno

Dott. Luca Miceli

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

INDICE:

1. ABSTRACT	4
2. INTRODUZIONE	6
<i>2.1 L'analisi del movimento e le tecnologie di supporto</i>	8
2.1.1 L'elettromiografia di superficie e concetti correlati	10
2.1.2 L'accelerometria triassiale	13
<i>2.2 Applicazione dell'analisi del movimento in ambito sportivo</i>	14
2.2.1 Principali sport oggetto di studio	14
2.2.2 Il pattinaggio di velocità su rotelle, descrizione e biomeccanica	15
2.2.3 Difficoltà di studio intrinseche alla disciplina	16
<i>2.3 La fatica muscolare</i>	17
2.3.1 Definizione e valutazione mediante EMG di superficie	19
2.3.2 Asimmetrie nell'affaticamento muscolare dei pattinatori di velocità	20
4. MATERIALI E METODI	21
<i>4.1 Sviluppo algoritmo di analisi del movimento in linea retta</i>	21
4.1.1 Razionale	22
4.1.2 Descrizione del protocollo di acquisizione	22
<i>4.2 Disegno sperimentale affaticamento neuromuscolare</i>	24
4.2.1 Creazione del modello di analisi matematica	24
5. SCOPO DELLO STUDIO	26
6. RISULTATI	27
<i>6.1 Disegno sperimentale cinematico</i>	27
6.1.1 Acquisizioni basali (tempo 0) e follow up (post 6 mesi) cinematico	28

6.1.1.a Creazione del modello prestazionale ottimale.....	28
6.1.1.b Valutazione cadetta 1 basale e follow up.....	39
6.1.1.c Valutazione cadetta 2 basale e follow up.....	47
6.1.1.d Valutazione neofita basale e follow up.....	53
6.1.2 Confronto modello prestazionale con popolazione campionaria.....	61
6.1.2.a Atleta d'élite - cadette 1-2.....	61
6.1.2.b Atleta d'élite - neofita.....	65
6.1.3 Acquisizioni basali (tempo 0) e follow up (6 mesi) fatica.....	67
6.1.3.a Analisi modello prestazionale.....	68
6.1.3.b Cadetta 1 basale e follow up.....	70
6.1.3.c Cadetta 2 basale e follow up.....	73
6.1.3.d Neofita basale e follow up.....	74
 7. DISCUSSIONE.....	 77
 8. CONCLUSIONE.....	 81
 9. BIBLIOGRAFIA.....	 82

1. ABSTRACT

Il pattinaggio di velocità su rotelle è una disciplina sportiva peculiare biomeccanicamente all'hockey e al pattinaggio su ghiaccio.

Attualmente in letteratura sono presenti pochi protocolli funzionali specifici che mettano in relazione la disciplina del pattinaggio di velocità a rotelle con interventi mirati alla prevenzione, riabilitazione e al condizionamento di tali atleti (Bongiorno et al. 2022). Il gruppo di ricerca di questo studio, pubblicato in letteratura, permette di fornire la base metodologica indispensabile per l'analisi che viene descritta in questa tesi. Pertanto, questo lavoro si inserisce all'interno della ricerca scientifica di base, orientata ad indagare le differenze tecniche e condizionali in un basale e in follow up su una popolazione campionaria sia di atleti che di neofiti, col fine di prevenire gli infortuni e guidare l'atleta verso il massimo condizionamento atletico. Lo scopo di questo studio, fondamento metodologico della tesi, è quello di creare un protocollo funzionale, cinematico ed elettromiografico, da utilizzare come potenziale strumento per studi futuri sull'argomento.

Il protocollo si fonda, partendo da un movimento corretto e ripetibile come caso studio (modello prestazionale), acquisito su una campionessa mondiale di pattinaggio di velocità, utilizzando un sensore inerziale posizionato a livello della prima vertebra sacrale, otto sonde elettromiografiche posizionate sull'uno o sull'altro arto inferiore, e una telecamera ad alta definizione a 50 Hz, sincronizzata con le sonde elettromiografiche ed il sensore inerziale.

I risultati ci permettono di mostrare l'attività elettromiografica dei muscoli studiati, il grado di attivazione muscolare assoluta e confrontata con la loro massima contrazione isometrica volontaria (MVIC), il livello di co-attivazione dei muscoli agonisti/antagonisti e le accelerazioni del corpo sui tre assi dello spazio ($x - y - z$).

Acquisizioni fondamentali a disposizione del chinesologo e del fisioterapista, per l'impostazione di pianificazioni motorie mirate alla prevenzione, all'efficienza condizionale e ripresa alla gara.

È stato indagato in maniera specifica il modello prestazionale, che è stato poi confrontato con altri tre partecipanti allo studio, due atlete cadette e un neofita. I soggetti studiati sono stati valutati al tempo 0 (basale) e rivalutati dopo sei mesi dalla prima acquisizione per evidenziare eventuali mutamenti nei segnali elettromiografici e cinematici.

Un punto focale dello studio viene posto sul confronto delle acquisizioni tra il modello prestazionale (atleta d'élite) e il neofita permettendo di evidenziare non solo la differenza tecnica, in termini cinematici del pattern motorio, ma anche come indicatore di efficienza prestazionale e possibile rischio di lesione. Il modello prestazionale viene confrontato, inoltre, con due atlete cadette per

evidenziarne le eventuali similitudini o discordanze su cui poter programmare un condizionamento mirato.

Gli sviluppi futuri sull'argomento includeranno l'analisi di un campione di atleti d'élite per costruire un range di normalità dei parametri indagati e la possibilità di trattare nel modo più appropriato possibili lesioni muscolari (che si verificano principalmente per stiramento o sindrome da over use all'adduttore) una volta che si sono verificate, anche con l'ausilio di esercizi orientati al MVIC o alle co-attivazioni. Il protocollo si basa sull'acquisizione di 8 muscoli suddivisi in analisi 1 (vasto laterale, bicipite femorale, tibiale anteriore, soleo) e analisi 2 (grande gluteo o massimo, retto femorale, medio gluteo e adduttore lungo) sia per l'arto inferiore destro che sinistro.

2. INTRODUZIONE

Presentando delle caratteristiche intrinseche disciplinari orientate alla ciclicità di un singolo pattern motorio sia nell'andamento rettilineo che in curva, gli atleti possono andare incontro a stati di affaticamento sia in acuto (lesioni dell'apparato locomotorio attivo-passivo) che a lungo termine (over use), primariamente a livello inguinale (adduttori). I singoli movimenti del pattinatore a rotelle presentano delle analogie con la biomeccanica dei giocatori di Hockey e dei pattinatori su ghiaccio, con delle specificità intrinseche alla disciplina. Per tanto è ragionevole considerare una similitudine nel rischio di lesione tra codeste discipline, tralasciando il fattore puramente situazionale rappresentato nell'hockey dal contatto diretto con l'avversario e le possibili cadute (trascurabili per tale studio) presenti sia nel pattinaggio su ghiaccio che nel pattinaggio di velocità su rotelle. Da tale ipotesi è emerso come nell'hockey, circa il 10% degli infortuni possa essere ricondotto a problemi all'inguine (Nicholas, S.J. et al. 2002; Chang, R. et al. 2009) in termini propri di stress acuto o cronico a carico dei muscoli adduttori in rapporto al picco elettromiografico raggiunto all'aumentare della velocità di andamento. Ma non solo, in altri casi può presentarsi in tali atleti una lesione da stress (sindrome retto-adduttoria) che può precludere l'efficienza prestazionale e di conseguenza la carriera di questi professionisti (Irshad, K. et al. 2001).

In termini percentuali è emerso come durante la stagione agonistica il 20% degli atleti abbia presentato un infortunio, non indotto da traumi contusivi, ma da fattori acuti elongativi o da stress come accennato precedentemente, con notevoli ripercussioni sull'andamento stagionale (Emery, C.A et al. 1999, Emery, C.A et al. 2001). La superficie di contatto al suolo rappresenta un ulteriore indicatore da tenere in considerazione, in quanto la ridotta superficie che il pattinatore presenta in fase di appoggio (ridotta rispetto alla corsa) tra piede e suolo e la conseguente instabilità latero-mediale possono incrementare lo stato di sollecitazione dei supporti muscolo-scheletrici di anca, ginocchio e caviglia aumentando il fattore di rischio. L'andamento cinematico multiplanare (sui tre piani) vincolato durante l'avanzamento a livello dell'anca, induce l'atleta ad assettare il pattino in maniera tale da essere soggetto alle accelerazioni sui tre assi dello spazio e queste sollecitazioni richiedono in maniera approfondita di monitorare l'attività dei distretti muscolari degli arti inferiori, fondamentale per i futuri piani preventivi, riabilitativi e condizionali. Ponendo un confronto diretto con la corsa, il pattern motorio propulsivo del pattinatore presenta una maggiore lateralità (abduzione) nella triplice estensione di tutto l'arto inferiore (Marino, G.W. et al. 1983). Una particolare attenzione va posta al pattern propulsivo a carico dell'anca che avviene mediante azione estensiva esplosiva, di abduzione ed extra-rotazione (Pearsall, D.J et al. 2000). Di fondamentale importanza, dalle acquisizioni cinematiche e dai rilievi elettromiografici è valutare l'attività muscolare non solo come

indicatore di stress ma anche come risultato di efficienza propulsiva, che differenzia i vari atleti. Un esempio su tutti è stato a lungo ipotizzato che le tensioni muscolari, in particolare a carico della regione adduttoria, possano essere causate da contrazioni eccentriche (abduzione esplosiva durante lo stance) che tentano di rallentare l'arto durante il movimento laterale, seguite da un'attivazione rapida in concentrico per favorire la massima propulsione. (Tyler, T.F et al. 2001; Tyler, T.F et al. 2002; Turcotte, R.A. et al. 2004). Attualmente non sono stati sviluppati protocolli funzionali specifici per lo studio degli incidenti, non traumatici, nella disciplina del pattinaggio su rotelle di velocità, che nonostante le somiglianze con l'hockey e pattinaggio su ghiaccio, presenta ancora una bassa densità di indagine. Attualmente le nuove metodiche tecnologiche di acquisizione del movimento consentono la misurazione di molteplici parametri, con finalità preventive e condizionali prestazionali, e da esperienze preliminari già note [2] si è lavorato su un algoritmo di analisi, che permettesse di rilevare differenze nei modelli elettromiografici e accelerativi triassiali tra i neofiti e gli atleti professionisti. A tal fine con l'acquisizione di dati rilevati su un'atleta femminile d'élite (modello prestazionale di riferimento), campionessa del mondo di pattinaggio su rotelle di velocità, si è arrivati a strutturare un protocollo di analisi elettromiografico e cinematico di entrambi gli arti inferiori durante l'andamento lineare. L'obiettivo è di fornire ai chinesologi (preparatori fisici) e ai fisioterapisti uno strumento valido di analisi per la prevenzione di eventi lesivi non traumatici e per la potenziale strutturazione di un programma fisico condizionale mirato, oltre ad un utilizzo nella rimessa in condizionamento di un atleta che a seguito di un infortunio deve ritrovare la miglior condizione fisica per la ripresa alla disciplina. Il protocollo di studio permette di analizzare le fasi del ciclo di pattinata in termini di durata, attivazione muscolare degli arti inferiori, grado di co-attivazione tra agonista e antagonista e accelerazioni sui tre piani corporei durante la fase di propulsione (propulsion) e recupero (recovery). Attraverso tali acquisizioni si mettono a confronto i rilievi di un modello prestazionale (atleta d'élite) e chi si introduce alla disciplina per la prima volta (neofita), mettendo in risalto le differenze nei risultati e considerando anche i fattori intrinseci alla persona analizzata, compito che spetta al preparatore fisico considerare e al fisioterapista di riferimento monitorare. Ma non solo, in quanto il confronto viene esteso anche a quegli atleti che pur presentando qualche anno di attività specifica disciplinare si trovano a dover migliorare la tecnica e il condizionamento motorio (cadette), ma che per giovane età non è ancora completamente strutturato. A tal fine viene indicato un modello prestazionale da seguire su cui orientare anche i giovani atleti per poter strutturare in futuro un piano di prevenzione e condizionamento specifico. Di notevole importanza è il monitoraggio dei dati acquisiti sia in un "pre", prima di allenamenti specifici alla disciplina, sia dopo sei mesi, "post", di sedute di allenamento, in maniera tale da monitorare e segnalare eventuali miglioramenti o eccessivi stress a cui l'atleta o il cadetto possono andare incontro nella fase di carico. In aggiunta viene monitorato attraverso contrazioni isometriche (della durata di 60") lo stato di affaticamento neuro-

muscolare (decadenza frequenza di scarica nel tempo e costo di mantenimento energetico) per osservare lo stato muscolare sia nel pre che nel post condizionamento specifico degli 8 distretti muscolari. Questo permette di aggiungere un'acquisizione fondamentale per tenere sotto controllo lo stato di resistenza muscolare ed eventuali asimmetrie che possono presentarsi nell'atleta.

2.1 L'analisi del movimento e le tecnologie di supporto

L'uso della tecnologia è riconosciuto ampiamente come strumento chiave per il miglioramento prestazionale, preventivo e riabilitativo sia nel mondo sportivo che clinico. La biomeccanica specifica alla disciplina, negli anni, ha preso sempre più rilevanza e interesse di studio in maniera tale da ottimizzare le prestazioni e prevenire possibili quadri patologici acuti e cronici a carico del sistema locomotorio attivo e passivo. Molteplici sport sono stati presi in esame, dalla corsa (Haugen, T. et al. 2019), al ciclismo (Swart, J. et al. 2019), al nuoto (De Magalhaes F.A. et al. 2015), etc, ad oggi sono ancora pochi gli studi che presentano protocolli funzionali nel pattinaggio per la valutazione del movimento [2]. Invece altre discipline sportive che presentano delle similitudini con il pattinaggio su rotelle di velocità, per esempio l'hockey su ghiaccio, sono già state prese in considerazione, in maniera più marcata, dal punto di vista della cinematica (Buckeridge, E. et al. 2015). Il fine era quello di ottimizzare la prestazione senza sovraccaricare troppo il corpo dell'atleta per poter rendere funzionale l'intero sistema e correggere eventuali pattern motori che potessero nel lungo andare creare lesioni all'atleta. Questo recentissimo protocollo di studio [2] permette agli addetti ai lavori di monitorare l'andamento della pattinata durante l'intero ciclo, acquisendo rilievi importanti non solo per osservare la ciclicità del gesto (ad es. se omogeneo durante ogni passo di propulsione e recupero - Figura 1, 2), ma anche per mettere in luce il picco elettromiografico con le relative percentuali di coinvolgimento muscolare (Figura 3) e le co-attivazioni tra muscoli agonisti e antagonisti (Figura 4). Da considerare, inoltre, come lo studio prenda in esame sia l'emisoma di destra che di sinistra permettendo di osservare anche le differenze che tra i due arti (asimmetrie) si possono presentare sia in termini cinematici assoluti e/o percentuali nel ciclo di pattinata, che in termini di carico muscolare e impulso rilevato.

SKATING - Temporal and Kinematics Parameters

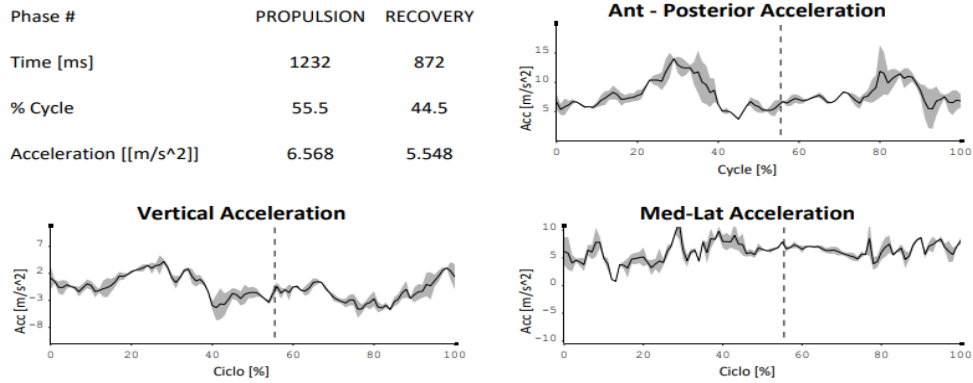


Figura 1

Esempio acquisizione cinematica atleta d'élite gamba destra

SKATING - Temporal and Kinematics Parameters

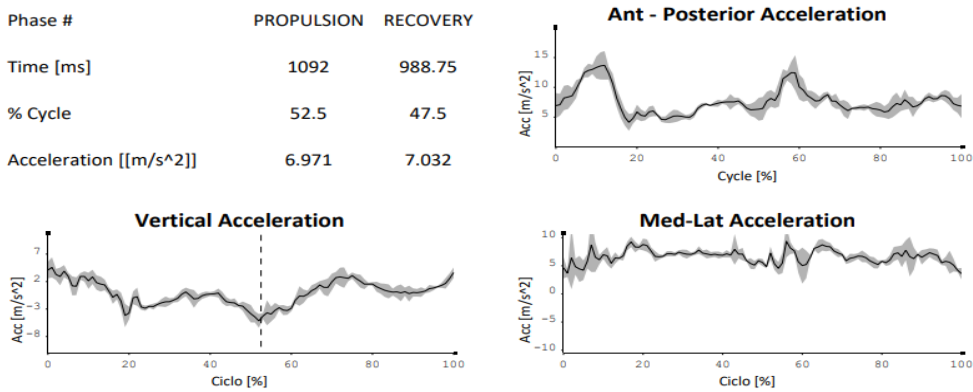


Figura 2

Esempio acquisizione cinematica atleta d'élite gamba sinistra

SKATING - sEMG Analysis

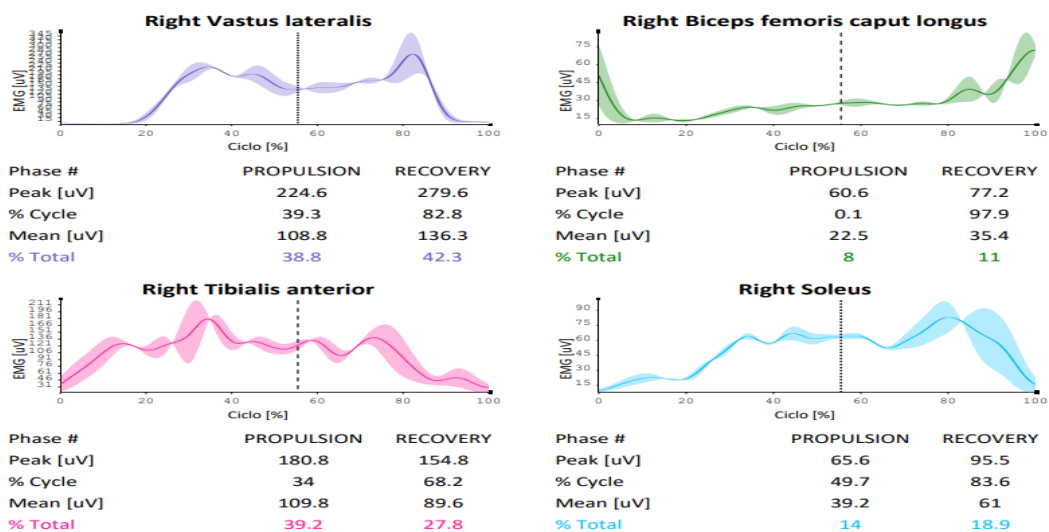


Figura 3

Esempio di acquisizione EMG atleta d'élite gamba destra analisi distretti 1

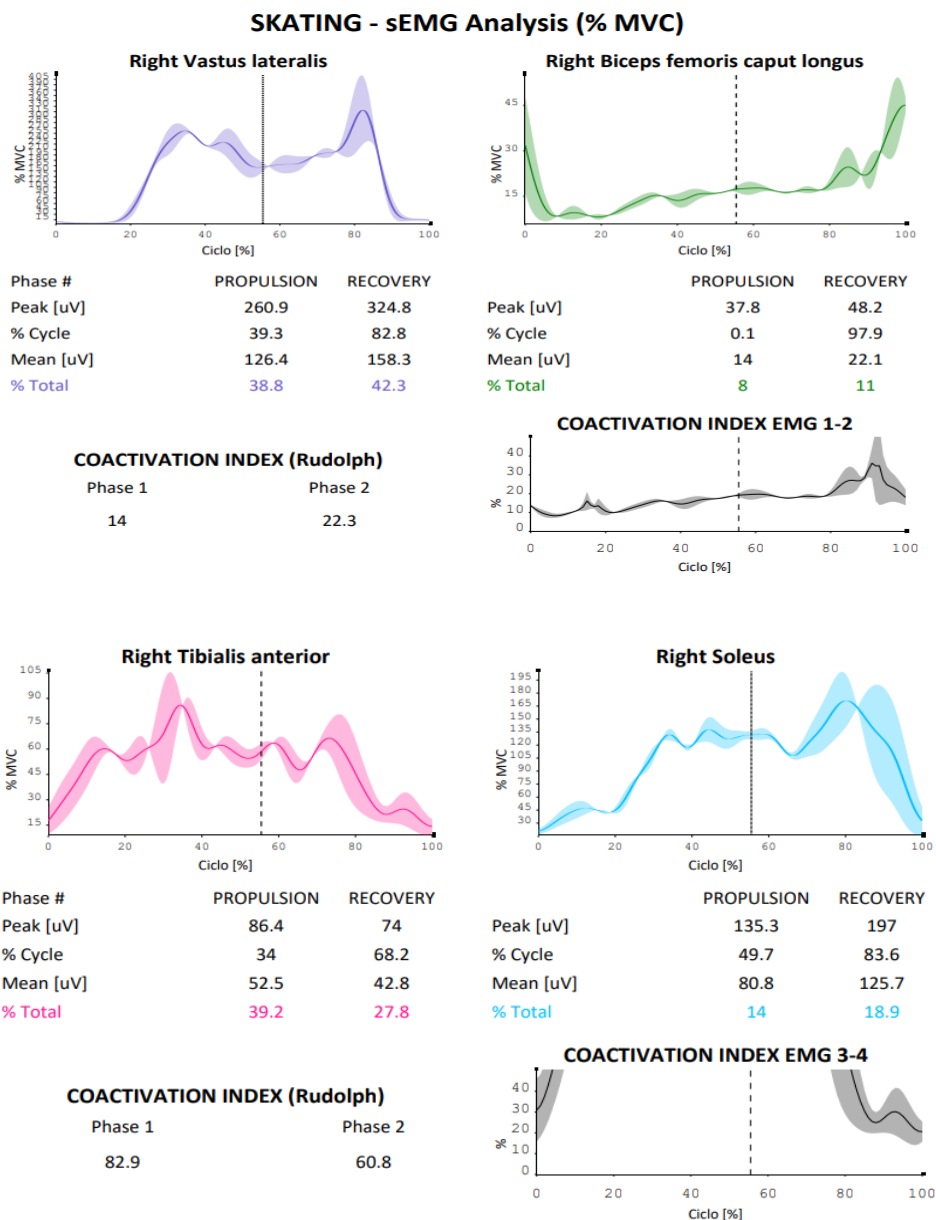


Figura 4

Esempio di co-attivazione muscolari tra agonisti e antagonisti e relativo MVIC % dell'atleta d'élite, gamba destra, analisi distretti 1

2.1.1 L'elettromiografia di superficie e concetti correlati

Nello sport in generale e in ambiente clinico in particolare i rilievi individuali e specifici dell'atleta o del paziente rappresentano un punto focale e indispensabile per permettere di strutturare la miglior preparazione e terapia possibile. Questo aspetto è da considerare un punto basale su cui predisporre delle valutazioni, in seguito da refertare per ottimizzare il programma motorio da proporre. L'elettromiografia di superficie, presentando una notevole traslabilità rappresenta una strumentazione fondamentale per monitorare lo stato di funzionalità muscolare, i modelli di movimento cinematici e

lo stato di affaticamento delle unità motorie. Rappresenta inoltre un potenziale indicatore oggettivo funzionale sia in clinica, riferendosi ad un basale pre intervento e ad un post, che in ambiente sportivo agonistico monitorando gli spettri d'acquisizione per ottimizzare la condizione dell'atleta.

Queste tecnologie presentano una serie di nuove opportunità per la valutazione quantitativa e il monitoraggio a medio-lungo termine del movimento (Mcmanus, L. et al. 2020).

Il segnale EMG rappresenta l'attività elettrica, indotta da potenziali d'azione, generata da un muscolo in stato di contrazione, a seguito dei processi di depolarizzazione e ripolarizzazione, rilevata posizionando un elettrodo o coppie di elettrodi sulla cute al di sopra del distretto da analizzare.

La zona di depolarizzazione ha una superficie molto piccola (1-3 mm²) e dopo l'eccitazione iniziale, questa si propaga lungo la fibra muscolare con una velocità di 2-6 m/s, per poi essere misurata dagli elettrodi. Gli elettrodi sono così in grado di acquisire i segnali provenienti dall'unità motoria e quindi da tutte le fibre che innerva (Konrad, P. 2005).

Maggiore è il segnale di picco (sommatoria dei potenziali d'azione, ampiezza spettro) maggiore sarà la scarica delle unità motorie nei singoli distretti muscolari. Questo concetto rappresenta un punto importante su cui porre l'attenzione, in quanto eccessivi picchi su singoli distretti possono essere indicatori di sovraccarico.

Altra considerazione viene posta sui picchi presenti tra muscoli agonisti, in quanto risulta fondamentale monitorare l'attivazione sincrona per osservare e contrastare eventuali asimmetrie tra distretti sinergici. L'EMG di superficie in questo può fornire al tecnico informazioni fondamentali sulla corretta attivazione sinergica muscolare.

Ponendo l'attenzione sui distretti agonisti e antagonisti che lavorano in sincrono, durante ogni singola contrazione, ci si sofferma sul concetto di co-attivazioni muscolari.

La co-attivazione agonista-antagonista è un riflesso dato dal sistema nervoso centrale per preservare il controllo a livello effettore, senza farlo degenerare con la necessità di passare al controllo a livello muscolare (Latash, ML. 2018).

La letteratura ha confermato come il controllo della co-attivazione tra agonista e antagonista sia un meccanismo vantaggioso per il movimento umano. Questo vantaggio dipende dal compito a cui il campione deve essere sottoposto e lo studio di Latash, ML. 2018 ha dato conferma di ciò. Considerando il compito, alti livelli di co-attivazione possono essere più o meno vantaggiosi. Compiti che richiedono gestualità eseguite il più rapidamente possibile possono presentare un vantaggio aumentando le rigidità dell'apparato locomotorio attivo e di conseguenza la co-attivazione agonista antagonista (Hasan, Z. 1986). Se il compito richiede l'incremento della stabilità la risposta risulta affermativa solamente se tale movimento ha origine da un punto fisso (catena cinetica chiusa) contrariamente alti livelli co-attivanti risultano controproducenti.

Lo stato di co-attivazione risulta essere strettamente dipendente da meccanismi involontari (esempi tipici sono presenti nella riorganizzazione dei meccanismi spinali evidenti nella spasticità) e in esso si trova la conferma di come soggetti con movimenti alterati o neofiti possano presentare co-attivazioni più marcate rispetto a persone sane o esperte appunto per contrastare un possibile rischio lesione dati da segnali afferenti al sistema nervoso centrale. Principio identificabile in soggetti sani ed esperti che si introducono a gestualità molto più complesse rispetto a quelle della quotidianità aumentandone le co-attivazioni. Da questi principi si trarrà un riferimento nel monitoraggio delle co-attivazioni acquisite durante il pattern del pattinaggio su rotelle.

Le acquisizioni prendono in esame anche la massima contrazione isometrica volontaria (MVIC %) muscolare in termini percentuali nelle varie fasi del ciclo completo della pattinata. Dato importante per identificare quanto il singolo distretto muscolare venga interessato durante il pattern e fondamentale in seguito per strutturare un piano condizionale sui singoli distretti analizzati. Nel mondo sportivo ma anche riabilitativo tale dato risulta di fondamentale importanza nella strutturazione di programmi di incremento condizionale ma anche preventivi e riabilitativi. Comprendere quanto un singolo distretto muscolare venga interessato in termini percentuali durante ogni singolo pattern atletico della disciplina funge da punto focale per l'operatore nella pianificazione del miglior percorso motorio specifico. Come visto in letteratura la MVIC ci permette di identificare quanto un singolo gesto o esercizio possa sovraccaricare il distretto muscolare analizzato e a questo proposito, nel mondo sportivo in similitudine al pattinaggio molti studi sono stati attuati sull'hockey (Coetzee, D. et al. 2021). Questi studi prendono in esame l'attivazione MVIC in relazione a esercizi di muscolazione, per monitorare e ottimizzare al meglio quali siano gli esercizi più idonei da somministrare durante percorsi di preparazione condizionale e riabilitativi.

L'utilizzo del segnale elettromiografico di superficie ha portato a determinare anche quanto un singolo distretto muscolare possa nel tempo presentare uno stato di affaticamento. Questo valore non identifica un affaticamento proveniente da componenti metaboliche intrinseche, ma indotto da fatiche "nervose" attraverso l'impulso depolarizzante a livello delle unità motorie. Questo andamento è osservabile per lo più dallo studio del decadimento della frequenza mediana di attivazione neuro-muscolare nel tempo. Durante la contrazione isometrica muscolare, l'ampiezza del segnale EMG (sEMG) può essere utilizzato come informazione sulla forza muscolare distrettuale. Associati a parametri accelerativi permettono un quadro completo delle funzionalità muscolari durante i diversi compiti motori. Introducendo il concetto di fatica lo studio di Mcmanus, L. et al. (2020) ha permesso di evidenziare come durante contrazioni muscolari isometriche in condizioni di affaticamento, la diminuzione della frequenza di scarica mediana è accompagnata da un aumento dell'ampiezza del segnale elettromiografico. Quando la velocità di conduzione delle fibre muscolari diminuisce (cioè, quando la velocità con cui i potenziali d'azione viaggiano lungo le fibre muscolari si riduce), i

potenziali d'azione registrati dall'elettrodo appaiono più lunghi in termini di durata presentando un contenuto di frequenza inferiore.

Per cui i cambiamenti nell'ampiezza e nei parametri spettrali, in termini di frequenza, del sEMG durante le contrazioni muscolari isometriche sono spesso indicati come "manifestazioni mioelettriche di affaticamento".

2.1.2 L'accelerometria triassiale

Per monitorare al meglio l'andamento tecnico dell'atleta i rilievi che emergono dall'analisi delle accelerazioni tridimensionali possono dare un grosso feedback sulla tecnica del pattern da esaminare. Molto è stato scritto negli anni sull'utilizzo di sensori inerziali come strumento per far emergere un indicatore di stress meccanico associato a movimenti specifici dello sport. Alla luce di questo la letteratura ha dato un riscontro evidente sull'utilizzo di tali sensori anche nel pattinaggio di velocità. Sempre sull'hockey sono stati pubblicati studi di rilievo a cui si collega una biomeccanica simile alla pattinata su rotelle di velocità prendendo in esame la componente accelerativa dell'atleta come indicatore di efficienza tecnica del gesto anche come monitoraggio del carico esogeno a cui l'atleta viene sottoposto (Van Iterson E.H. et al. 2017). L'ausilio di sensori ha permesso di monitorare la biomeccanica anche rapportandola tra popolazioni di campionamenti differenti, ovvero tra atleti e atlete permettendo di individuare le possibili variazioni tecniche tra uomini e donne che possono incidere sulla prestazione oltre che sul carico meccanico (Shell J.R. et al. 2017). Risulta interessante prendere in considerazione le variabili sessuali in quanto alla valutazione variano non solo le velocità di andamento ma anche caratteristiche tecniche non indifferenti come l'abduzione dell'anca durante la pattinata ($\sim 10^\circ$ inferiore nelle donne) e l'estensione del ginocchio al primo appoggio al suolo ($\sim 10^\circ$ maggiore nelle donne). Queste differenze tecniche risultano un punto importante che il preparatore deve tenere in considerazione nella formazione della preparazione fisica viste le variabili in termini allenanti, prestazionali condizionali e antropometriche tra i due sessi. Nello studio condotto da Bongiorno, G. et al. (2022), sfruttando questa metodica di analisi strumentale, viene monitorato l'andamento della pattinata su rotelle al fine cinematico del gesto, non considerando l'angolazione dei singoli distretti durante il pattern ma il modello accelerativo sui tre assi (riporto alla figura 1 e 2). Tale lavoro permette di evidenziare e strutturare un possibile modello prestazionale da seguire nel mondo sia atletico condizionale che preventivo e riabilitativo prendendo in esame la fase completa del ciclo di pattinata ("recovery" e "propulsion") con le relative accelerazioni sui tre assi di movimento. Il modello prestazionale cinematico permetterà di essere messo a confronto con

popolazioni differenti, sia atlete cadette che neofite o neofiti, per poter dare un'oggettività sugli andamenti cinematici di ogni singolo atleta e verificare la possibile vicinanza con il modello in esame rispettando le caratteristiche intrinseche di ogni singolo.

2.2 Applicazione dell'analisi del movimento in ambito sportivo

L'analisi del movimento in ambiente sportivo rappresenta il basale e il futuro follow up nel monitoraggio specifico della disciplina, fondamentale ad ogni preparatore, fisioterapista e tecnico sportivo per permettere di evidenziare il movimento in toto mettendo in luce eventuali problematiche o alterazione nel pattern motorio a cui l'atleta può andare in contro durante la propria carriera. Questo concetto non riguarda la sola prevenzione ma rappresenta un aspetto indispensabile anche per la tecnica prestazionale che inciderà sull'andamento atletico dello sportivo. Negli anni la tecnologia ha permesso di incrementare le prestazioni anche attraverso il miglioramento tecnico, strutturando modelli prestazionali sempre più precisi e funzionali.

In letteratura sono presenti innumerevoli studi legati all'analisi del movimento in molteplici discipline sportive, dall'atletica, al ciclismo, al nuoto ecc, ma è ancora poco presente l'analisi nel pattinaggio di velocità su rotelle [2]. Studi peculiari sono stati svolti invece nel mondo dell'hockey su ghiaccio (atleti di alto e basso livello) permettendo di analizzare il movimento della pattinata nella sua complessità analizzando ogni singola angolazione dell'arto inferiore durante l'avanzamento su ghiaccio (Khandan, A. et al 2023). Il fine dello studio era garantire agli allenatori di pattinaggio di tenere traccia dei progressi dei giocatori valutando le prestazioni dei pattinatori in ogni possibile superficie (ghiaccio sintetico e naturale).

2.2.1 Principali sport oggetto di studio

Quando si parla di acquisizione elettromiografica il mondo sportivo, primariamente agonistico, presenta una visione aperta alla valutazione in toto dell'atleta. L'ascesa tecnologica in ambiente sportivo ha portato innumerevole interesse e conferme del miglioramento delle funzionalità atletiche del soggetto. Questa tesi di laurea si concentra in maniera prevalente sulla valutazione e confronto delle acquisizioni elettromiografiche e cinematiche del movimento legato alla pattinata su rotelle di velocità. Questo non toglie che le somiglianze con altre discipline come l'hockey o il pattinaggio su

ghiaccio non pongano un interesse concreto alle medesime valutazioni e possano riscontrare delle utilità in merito. Vista la ciclicità nei gesti del pattinaggio in futuro nulla toglie che gli algoritmi utilizzati per le acquisizioni non possano essere riutilizzati e utili ad altre discipline sportive che presentino sempre una ciclicità nella tecnica di avanzamento.

2.2.2 Il pattinaggio di velocità su rotelle, descrizione e biomeccanica

Il pattinaggio di velocità su rotelle è una disciplina sportiva ciclica e individuale, in cui i corridori pattinano lungo una pista a forma ellittica “a parabola” delle dimensioni variabili, intorno ai 200 m, costituita da due rettilinei e due curve. L’andamento orizzontale della pattinata segue sempre il senso antiorario, ponendo un vincolo non indifferente nella spinta all’avanzamento orizzontale sul carico inferiore. Gli atleti sono muniti di calzature con rotelle (pattini) costituita da 4 rotelle per pattino. Il compito dell’atleta è quello di percorrere la distanza di pista nel minor tempo possibile.

Vengono spesso fatte delle similitudini con l’hockey e con il pattinaggio sul ghiaccio, già espresso precedentemente, in quanto il pattern motorio analizzato risulta essere il medesimo, ovviamente con caratteristiche intrinseche alla disciplina che lo contraddistinguono.

Il movimento non è l’unica similitudine che accomuna queste discipline; infatti, gli stress di carico e i conseguenti meccanismi lesivi a cui gli atleti vanno incontro durante la stagione sportiva portano a prendere in considerazione gli studi epidemiologici presenti in letteratura focalizzati sia su pista che su ghiaccio (De Boer, R.W et al. 1987).

Le richieste muscolari della pattinata sia su ghiaccio ma soprattutto su rotelle sono innumerevoli, indotte non solo dal complesso gesto tecnico, fondamentale per avanzare in maniera corretta e funzionale al corpo, ma dato molto dall’assetto a cui gli atleti devono far fronte. La posizione mantenuta durante l’intera gara permette all’atleta la massima aerodinamicità riducendo l’attrito con l’aria e permettendo a tutto il corpo di muoversi in maniera coordinata e sincrona. Questo assetto è dato da una costante posizione flessa del tronco e una forte spinta indotta dai due distretti inferiori in sincronismo con gli arti superiori.

L’analisi sull’hockey ha permesso di dare feedback sull’attività muscolare nel ciclo di pattinata, permettendo di far emergere che il muscolo grande gluteo (gluteo maximus in letteratura) e medio gluteo, in sinergia al vasto laterale siano attivi in maniera marcata per permettere, durante la fase propulsiva (propulsion) l’estensione, l’abduzione e l’extra-rotazione dell’anca e favorire l’estensione del ginocchio [5].

Si è riscontrato inoltre che i muscoli posteriori della coscia presentano una maggiore attività durante la fase di stazionamento della gamba di appoggio (fase isometrica) per permettere la massima stabilizzazione articolare al ginocchio in sinergia alla co-attivazione degli estensori [8]. Focalizzandoci sulla fase propulsiva (propulsion) l'analisi scientifica ha permesso di evidenziare come il tendine del ginocchio presenti una maggior espressione di carico, data dalla massima estensione del ginocchio a favore dell'avanzamento [6]. Monitorando sempre la tecnica di pattinata si è potuto osservare come l'attività muscolare del tibiale anteriore sia massima durante la fase di stabilizzazione della caviglia (fase propulsiva del controlaterale), ma non solo in quanto presenta un'attivazione marcata anche durante la fase di recupero del ciclo. Questa attivazione è indotta dalla biomeccanica anatomica del muscolo che durante la pattinata il pattern costringe ad una flessione dorsale della caviglia.

La grossa attività eccentrica, indotta dall'abduzione della coscia, mette sotto tensione e costante carico i muscoli adduttori a cui l'epidemiologia scientifica ha già messo in evidenza un dato percentuale di rischio lesivo [6, 32].

Questi accorgimenti tecnici legati alla pattinata permettono di mettere in luce quali siano i principali distretti da tenere in considerazione e il carico a cui sono sottoposti gli atleti durante l'intero ciclo di pattinata.

Partendo da questi presupposti tecnici presenti in letteratura il preparatore fisico, attraverso l'indagine elettromiografica e dati alla mano, deve saper ottimizzare il miglior carico possibile non solo per incrementare la prestazione atletica ma anche per non creare sovraccarichi eccessivi agli atleti presi a carico.

2.2.3 Difficoltà di studio intrinseche alla disciplina

Nonostante in letteratura non sia ancora stato approfondito l'argomento, le principali considerazioni su cui tale tesi fa riferimento, sono le caratteristiche intrinseche alla disciplina, che bisogna tenere in considerazione per uno studio approfondito sull'argomento. Possiamo quindi prendere in esame quali siano le difficoltà e le attenzioni da tener presente. La ciclicità rappresenta un punto focale dello studio in quanto traslabile nelle discipline in cui questo assetto rimane invariato. Considerando il pattinaggio su rotelle di velocità un limite da tenere in considerazione è la dinamica di gara, in quanto gli atleti non sono stimolati ad altre prestazioni solo sulla linearità ma anche su curve in cui la dinamica di pattinata subisce bruschi cambiamenti che richiedono analisi più approfondite. Ad oggi

soltanto un gruppo di ricerca ha messo in risalto la differenza in termini di acquisizione elettromiografica tra il rettilineo e la curva (Bongiorno, G. et al. 2023). Non è l'obiettivo di questa tesi mettere in luce in maniera precisa e approfondita la differenza tra le due andature, ma comunque citarle in quanto nella totalità della disciplina rientrano entrambe le dinamiche. Come possiamo aver compreso la pattinata in curva, altera alcuni aspetti dinamici, in particolare mette sotto tensione determinati distratti in maniera unilaterale. Questa unilateralità a cui gli atleti devono far fronte, sempre indotta da andamenti in senso antiorario, porta a strutturare delle asimmetrie tra i due emisomi corporei. Causa, appunto, di un rialzo notevole nel rischio di andare in contro a lesioni muscolari a cui l'atleta insieme allo staff tecnico e sanitario deve far fronte in maniera tale da assottigliare tale fattore. Questo studio sperimentale approfondirà in maniera marcata questo concetto permettendo di trovare dei riscontri nelle valutazioni e poter dare dei dati oggettivi su cui porre considerazioni e risposte. Il pattinaggio non è l'unico sport in cui si possono presentare asimmetrie, peculiarità simili si possono riscontrare anche in altre discipline su ghiaccio o su pista. La letteratura, infatti, ha già concentrato l'attenzione sull'argomento permettendo di dare dei riscontri sulla prevenzione da adattare in caso di eccessi simmetrici tra i distretti (Konieczny, M. et al. 2020). Come già accennato la scienza sportiva ha già ampiamente considerato le medesime analisi, ma, traslate su discipline sportive leggermente diverse in particolare per quanto concerne la superficie di contatto. Molto è stato scritto, a cui abbiamo già fatto riferimento, sul confronto con l'hockey su ghiaccio. Il paragone è rappresentativo in termini tecnici ma non nel suo insieme, in quanto non è la sola superficie di contatto a presentare differenze con il pattinaggio ma anche le stesse andature, molto più orientate verso l'estensione dell'arto inferiore per l'hockey rispetto ad un movimento più abduttore nel pattinaggio. Questo paragone biomeccanico funge da differenza in termini anche di analisi muscolare in quanto la letteratura presente sull'hockey mette molto in risalto l'analisi sul muscolo grande gluteo, diversamente dal pattinaggio su rotelle che si sposta maggiormente sulle valutazioni a carico del medio gluteo [34].

2.3 La fatica muscolare

Ogni singolo individuo nella propria esistenza può dire di aver sperimentato sul proprio corpo uno stato di fatica. Dalla semplice pura fatica fisica indotta da variazioni fisiologiche intrinseche ai sistemi organici, indotte da eccessi nei carichi muscolari, al rapporto tra la mente e l'affaticamento, considerato uno stato morboso di fatica cognitiva ("Burnout"). Tale sensazione può ricreare uno stato

di irrequietezza rendendo i compiti motori più complessi o con maggiori sforzi energetici. L'atleta deve far fronte e dare un grosso significato a queste sensazioni, in quanto costantemente alle porte durante l'attività. Questo non solo pregiudica lo stato di prestazione sportiva portando mente e corpo ad un esaurimento, ma funge anche come segnale di allerta nel caso di allenamenti eccessivi o sbilanciamenti negli stati di sovraccarico e supercompensazione, molto frequente nel mondo agonistico (Thorpe, RT et al. 2017).

Neurofisiologicamente lo stato di contrazione muscolare volontaria è determinato da un susseguirsi di eventi che portano in prima istanza alla formazione di un impulso nervoso generato dal sistema nervoso centrale (area 4 e area frontale agranulare 6 di Brodmann), seguito da una trasduzione del segnale ad opera delle fibre nervose (soma neurale) terminando con il verificarsi della contrazione delle fibre muscolari. Da sottolineare però come l'insorgenza della fatica possa avere origine in uno o più siti coinvolti in tale processo di efferenza e afferenza (Enoka, RM. Et al. 2008).

La fatica fisica neuromuscolare generata a seguito di un esercizio fisico si può presentare attraverso due tipologie, una centrale e una periferica. È definita centrale quando ha origine nell'encefalo o nel midollo spinale, periferica, invece, quando ha origine a valle delle giunzioni neuromuscolari (Gandevia, SC. et al. 2001). La fatica centrale è solitamente legata ad una ridotta efficienza del comando e feedback motorio centrale, mentre la fatica periferica coinvolge principalmente una riduzione della trasmissione del potenziale d'azione e una ridotta efficienza del meccanismo di eccitazione-contrazione (Decorte, N. et al. 2012).

La fatica è specifica rispetto alla tipologia, alla durata e all'intensità dell'esercizio che si effettua (Millet, GY. et al. 2004). Tuttavia, è stato dimostrato che la fatica di tipo centrale è maggiore quando gli esercizi sono molto prolungati nel tempo, al contrario, la fatica periferica aumenta a seguito di esercizi brevi ed intensi (Taylor, JL. et al. 2008).

L'indagine della fatica centrale può essere condotta tramite la raccolta dei segnali EMG a seguito di una valutazione della MVIC, mentre la fatica periferica può essere quantificata attraverso l'analisi della risposta meccanica o elettromiografica di un muscolo, a seguito di stimolazioni elettriche o magnetiche di un nervo periferico (Verges, S. et al. 2009).

Lo studio sperimentale che riguarda il principio di questa tesi si fonda sulla valutazione dell'affaticamento muscolare attraverso il segnale EMG di superficie (sEMG) proveniente dallo svolgimento della MVIC di 4 diversi soggetti reclutati (precedentemente presentati), con il fine di poter usufruire di indicazioni pratiche, ripetibili e affidabili che possono essere utilizzate, dai tecnici del settore sul campo per monitorare lo stato di affaticamento, di asimmetria e di conseguenza di resistenza muscolare dei soggetti presi in carico.

2.3.1 Definizione e valutazione mediante EMG di superficie

“La fatica muscolare viene definita come l’incapacità di produrre la massima forza volontaria da parte di un individuo, facilmente quantificabile mettendo in rilievo la misurazione del decremento nel picco di forza sviluppato in condizioni isometriche nel corso della MVIC (Edwards, RH. Et al. 1977)”.

Molto sull’argomento è stato indagato e pubblicato in letteratura, con specifiche indicazioni sui protocolli di valutazione muscolare in termini di affaticamento e al concetto di asimmetria. Le indagini, infatti, fanno da specchio a studi già pubblicati in letteratura, in particolare lo studio condotto da Bongiorno et al. (2023) che permette di centralizzare e protocollare le metodiche di analisi e di valutazione di questo argomento.

I distretti indagati e le metodiche di acquisizione saranno descritti nella sezione dei materiali e metodi in maniera approfondita.

Focalizzando l’attenzione su un concetto di notevole importanza per la parte sperimentale della tesi si è voluto indagare l’attività di affaticamento muscolare del muscolo deltoide anteriore (in letteratura viene considerato il vasto laterale), per il fatto che il pattinaggio di velocità su rotella è uno sport asimmetrico nell’esecuzione, dato da un andamento a loop in senso antiorario su pista; ciò può portare ad una asimmetria muscolare, e quindi un muscolo non coinvolto nel movimento del pattinaggio, qual è il deltoide anteriore, si è rivelato utile come parametro di normalità (non riportato nei risultati).

Eventuali asimmetrie nella faticabilità di tale muscolo abbiamo ipotizzato fossero dovute al fatto che il soggetto fosse destrimane o mancino, ma non correlate all’allenamento nella disciplina del pattinaggio dei sei mesi oggetto dello studio. Il muscolo retto dell’addome è stato scelto, presumibilmente, perché difficilmente propenso a manifestare asimmetrie in qualunque soggetto, ma fondamentale nell’assetto posturale della pattinata. Questo concetto funge da analisi pilota, sfruttando la poca letteratura presente ma comunque riportata, sulla maggiore sensibilità di tale distretto, ad andare incontro a lesioni da sindromi retto adduttorie in caso di asimmetria tra i due ventri addominali (Garvey, JF. et al. 2014).

Questa valutazione scientifica è stata eseguita attraverso l’analisi di spettri elettromiografici, permettendo di dare informazioni sullo stato di decadimento del rapporto frequenza/tempo (Hz/s) e dallo studio del rapporto medio percentuale RMS/MVIC, ovvero il costo di mantenimento isometrico, utile in termine pratico nel campo sia del condizionamento fisico che preventivo e riabilitativo.

2.3.2 Asimmetrie nell'affaticamento muscolare dei pattinatori di velocità

Come già enunciato il pattinaggio su rotelle presenta, come molte altre discipline sportive, un'asimmetria, facendo predominare maggiormente il carico in assetto unilaterale in risposta alle perturbazioni esterne della pattinata.

Dalle valutazioni EMG relative all'acquisizione della frequenza sul tempo si è riusciti a estrarre un dato percentuale numerico (media % RMS/MVIC) sul cui valore la letteratura ha dato delle risposte significative (Bongiorno, G. et al. 2023).

Nella sua complessità matematica tale valore non solo può dare riscontri asimmetrici tra un emisoma corporeo e il suo controlaterale, a partire dallo stato di affaticamento a qui il distretto va incontro, ma anche sulla resistenza muscolare che tale distretto riesce ad esprimere.

Sia per il caso dell'asimmetria sia per l'andamento della resistenza muscolare, molteplici ricerche portano ad affermare come non solo le differenze in termini di valore numerico registrato induca lo stato di asimmetria e possibile evoluzione lesiva nell'atleta, ma anche come da valori più bassi di indice percentuale numerico si presentino capacità muscolari di maggiore resistenza (Pakosz, P. et al. 2020).

In parole povere minore è il picco percentuale, nel rapporto RMS-MVIC, maggiore sarà la capacità muscolare di esprimere una resistenza valida [1, 25, 33].

Queste sono le considerazioni su cui l'aspetto preventivo posto nello studio sperimentale si riferisce, in quanto a partire da queste valutazioni si può evidenziare come l'andamento asimmetrico imposto dalla disciplina (pattinaggio, hockey, short track in line roller skating etc) porti ad un rialzo nello stato di affaticamento muscolare indotto da aumenti asimmetrici (rilevato nell'emisoma di sinistra), tra i due lati corporei, portando a stati di contrazione muscolari prolungate che se non trattati correttamente possono nel tempo causare un quadro di lesione (Konieczny, M et al. 2023).

In questa analisi vengono riscontrate un'asimmetria e un affaticamento maggiore sull'emilato di sinistra, su molteplici distretti, focalizzandosi sul muscolo grande gluteo.

4. MATERIALI E METODI

Questa tesi è uno studio sperimentale in cui sono state analizzate le acquisizioni cinematiche di 3 soggetti al tempo 0 e a 6 mesi e successivamente messe a confronto con il modello prestativo già definito in un precedente studio e pubblicato in letteratura.

4.1 Sviluppo algoritmo di analisi del movimento in linea retta

Lo sviluppo algoritmico deriva dal protocollo funzionale pubblicato dal gruppo di ricerca di Bongiorno, G. et al 2022, da cui questa tesi prende le fondamenta. La conduzione dello studio è stata eseguita presso una pista di pattinaggio all'aperto, su una linea retta di circa 80 m, con una lunghezza totale dell'ovale di circa 200 m (nella disponibilità dell'ASD Comina Skating Club di Pordenone).

Tutti i partecipanti hanno eseguito un riscaldamento prima dello svolgimento delle misurazioni, sono state poi collegate le otto sonde elettromiografiche (bts bioengineering, corp., garbagnate milanese, Italia) sul distretto inferiore di destra per le prime acquisizioni e a seguito sull'arto di sinistra.

Per non creare disturbi e vincoli nell'atleta nell'assetto motorio, si è optato per dividere le acquisizioni in quattro tempi, utilizzando quattro sonde alla volta (destra 1, destra 2, sinistra 1 e sinistra 2) ripetendo l'analisi quattro volte (andata e ritorno lungo una linea retta corrispondente a circa 10 cicli di pattinata), inserendo un riposo di 5 minuti tra un'acquisizione e l'altra. La connessione stabilita con il pc era wireless.

La suddivisione muscolare acquisita si componeva con il gruppo 1 di valutazione destra e sinistra formata da: vasto laterale, capo lungo del bicipite femorale, tibiale anteriore e soleo; l'analisi del gruppo 2, sempre destra e sinistra, interessava il grande gluteo, il retto femorale, il medio gluteo e l'adduttore lungo.

A livello di S1 (prima vertebra sacrale) è stato posizionato e fissato mediante fascia in dotazione il sensore inerziale triassiale a 200 Hz (G sensor, Bts Bioengineering, Garbagnate Milanese).

Per ogni muscolo indagato è stata acquisita prima l'MVIC e, sempre con le quattro sonde nelle medesime posizioni la registrazione video, elettromiografica e cinematica della pattinata.

La durata dei pattern ciclici di pattinata (andata e ritorno) era di circa 90 s. I dati poi sono stati raccolti e analizzati con il fine di generare un sistema di reportage semi-automatico.

4.1.1 Razionale

“Questa tesi sperimentale si pone l’obiettivo di indagare come un protocollo funzionale di acquisizione elettromiografica, cinematica e di affaticamento muscolare possa essere utilizzato da chinesologi ed esperti del settore come strumento sui propri atleti, sia come indicatore di condizione atletica, sia come indice di potenziale lesione all’apparato locomotorio. Presentando dati di riferimento oggettivi e conformi ad una campionessa del mondo, rapportati sia a cadetti/e in procinto di iniziare una carriera agonistica sia a neofiti che si accingono alla disciplina. L’ipotesi era quella di cercare eventuali differenze tra i partecipanti presi in esame, a livello basale e a seguito di un condizionamento specifico di sei mesi.

4.1.2 Descrizione del protocollo di acquisizione

Il presente lavoro è uno studio sperimentale pilota ed è stato condotto da novembre 2022 ad agosto 2023 presso la pista di pattinaggio comunale di Pordenone, in collaborazione con l’associazione sportiva ASD Comina Skating Club.

Sono stati reclutati e indagati tre soggetti: due giovani atlete di 13 anni, entrambe destrimane, in attività agonistica e un neofita senior di 49 anni, mancino che si avvicinava per la prima volta al pattinaggio di velocità a rotelle. I partecipanti hanno aderito al protocollo di studio su base volontaria e l’unico criterio di inclusione era rappresentato dal fatto che non presentassero patologie di base. Il modello prestativo riguardava un’atleta d’élite donna, di 31 anni già campionessa italiana, europea e mondiale di pattinaggio su rotelle di velocità, le cui acquisizioni erano già state validate e pubblicate in letteratura [2].

Il protocollo si proponeva di acquisire le valutazioni cinematiche, elettromiografiche in relazione alla MVIC di tutti i soggetti reclutati per lo studio, facendo riferimento ai dati al tempo 0 e al confronto a seguito di 6 mesi di condizionamento specifico alla disciplina.

Sono state eseguite delle valutazioni cinematiche durante la pattinata al tempo 0: per le atlete prima della preparazione per la stagione agonistica, mentre per il neofita non appena acquisita la minima stabilità sui pattini e dopo sei mesi di allenamento per tutti e tre i soggetti. L’EMG di superficie è stato utilizzato per misurare l’attività muscolare durante il test di pattinaggio (modello EMG “freemg 1000”, frequenza di campionamento 1000 Hz). Gli elettrodi (diametro 24 mm, Kendall Arbo®) sono stati applicati a muscoli predeterminati della gamba destra, rispettando le linee guida del progetto

Seniam (Hermens, HJ. Et al. 2000). I muscoli analizzati erano soleo, grande gluteo, medio gluteo, grande adduttore, retto femorale, bicipite femorale, vasto laterale e tibiale anteriore. Nella zona di applicazione degli elettrodi, la pelle è stata rasata, leggermente strofinata con carta vetrata e pulita con alcool. Gli elettrodi sono stati fissati con nastro adesivo. A questo punto, ogni partecipante ha eseguito le contrazioni isometriche massimali al fine di raccogliere i dati EMG per la normalizzazione dell'ampiezza. Per normalizzare l'EMG sono state rispettate le fasi seguenti:

- (1) spinta contro un muro stando in piedi sulla pianta del piede;
- (2) flessione dorsale del piede in posizione seduta con resistenza manuale;
- (3) estensione del ginocchio da seduto con tibia fissa;
- (4) flessione del ginocchio in posizione prona con resistenza manuale;
- (5) flessione dell'anca contro resistenza manuale in posizione supina;
- (6) estensione dell'anca contro resistenza manuale in posizione prona;
- (7) abduzione dell'anca contro resistenza manuale in decubito laterale;
- (8) adduzione dell'anca in posizione semi-seduta contro un rullo di schiuma tenuto tra le cosce.

Tali valutazioni sono state eseguite come presentato da Kaartineen, S. et al. (2021). Ogni partecipante ha eseguito la MVIC per tre secondi al fine di effettuare la normalizzazione dell'ampiezza EMG.

Le attività EMG di ciascun muscolo registrate durante le pattinate sono state normalizzate sui valori massimi ottenuti durante queste contrazioni indipendentemente dall'acquisizione in cui sono stati ottenuti. I segnali EMG provenienti dall'elettromiografo a 1000 Hz sono stati rettificati a onda intera e le ampiezze sono state ridimensionate alle massime contrazioni volontarie: sono state eseguite MVIC con contrazioni di 3 secondi. Le serie temporali sono state filtrate passa-basso utilizzando un algoritmo di Butterworth del 4° ordine con ritardo zero a una frequenza di taglio di 10 Hz.

Un accelerometro triassiale (200 Hz, sensore G, BTS Bioengineering, Corp., Garbagnate Milanese, Italia) è stato posizionato a livello della prima vertebra sacrale (S1) del soggetto, fissato mediante la cinghia regolabile in dotazione con lo strumento.

Una telecamera, sincronizzata con elettromiografo e sensore inerziale, ad alta definizione a 50 fotogrammi/s (Vixta 50, BTS bioengineering, Corp., Garbagnate Milanese, Italia) è stata posizionata sul piano sagittale in modo da inquadrare il soggetto sia durante il percorso di andata sul rettilineo che sulla via del ritorno. La fotocamera è stata sincronizzata sia con il sensore inerziale che con le sonde elettromiografiche.

4.2 Disegno sperimentale affaticamento neuromuscolare

Il disegno sperimentale dell'affaticamento muscolare prende riferimento dal protocollo pubblicato sempre dal gruppo di ricerca di Bongiorno, G. et al. (2023) che permette di dare le indicazioni sulle modalità di acquisizione e le procedure di riferimento interpretative. Le indagini poste dallo studio di riferimento si basano sull'analisi della conduzione del grande gluteo sia destra che sinistra che del vasto laterale sempre destro e sinistro (entrambi importanti nella fase propulsiva), su atleti di livello differenti, mediante l'analisi del decadimento frequenza/tempo e dell'energia elettrica richiesta in mantenimento isometrico.

4.2.1 Creazione del modello di analisi matematica

Molto sull'argomento è stato indagato e pubblicato in letteratura, con specifiche indicazioni sui protocolli di valutazione muscolare che prevedevano una fase di massima contrazione isometrica per ottenere il valore MVIC % e quindi la registrazione del valore RMS (root mean square) durante una contrazione isometrica al 20% di MVIC, mantenuta per 60 s, con la metodologia descritta negli studi di Kaartinen, S. et al. (2021) per quanto riguarda l'esecuzione del test MVIC, poi approfondito e utilizzato in recenti esperienze e pubblicazioni scientifiche. I valori ottenuti sono espressi come media % RMS/MVIC. È stato quindi ottenuto un valore % RMS/MVIC per ciascuno dei dieci muscoli indagati (sono stati aggiunti il deltoide anteriore e il retto addominale agli otto precedentemente descritti per l'analisi della pattinata).

Prima dell'esecuzione del test, il sito di attacco dell'elettrodo è stato rasato e pulito con un tampone imbevuto di alcool per ridurre al minimo l'impedenza della pelle. Gli elettrodi bipolari pre-gelificati (Ag/AgCl) avevano un diametro di 10 mm e la distanza tra i centri degli elettrodi era di 2 cm. Gli elettrodi di superficie sono stati posizionati sul ventre del muscolo tra il punto di movimento e l'inserzione del tendine, lungo l'asse longitudinale mediano del muscolo, secondo la metodologia Seniam precedentemente citato (Hermens, HJ. et al. 2000).

Il sistema Freeemg 1000 aveva le seguenti specifiche tecniche: rumore di fondo del dispositivo inferiore a 1 μ V RMS, impedenza di ingresso superiore a 100 M Ω , frequenza di campionamento di 1.000 Hz, rinforzo: 500. I segnali EMG grezzi sono stati elaborati in un valore quadratico medio (RMS) con una finestra di 50 ms. È stato utilizzato un filtro passa banda 20-450 Hz. Il pro-processing

del segnale e l'analisi EMG sono stati eseguiti utilizzando il software di analisi Emg (BTS bioengineering, Garbagnate Milanese, Italia).

5. SCOPO DELLO STUDIO

Considerando come in letteratura fin qui, siano poche le esperienze pubblicate relative allo studio specifico del pattinaggio su rotelle di velocità, il presente lavoro di tesi sperimentale si pone l'obiettivo di mettere in luce, con indagini mirate, tutto quello che può essere utile ad un chinesiologo o allo staff sanitario per indagare quale sia la migliore strada, in termini condizionali e preventivi, per ottimizzare la capacità di analisi del campione studiato. Permettendo di analizzare, in rapporto alle capacità del singolo, le potenzialità di creare stati di contrazione muscolare qualitativamente e quantitativamente funzionali alla pattinata.

Il fine posto per questo studio ricade su dei punti di grande rilevanza, ovvero quello di:

- creare una valutazione oggettiva e personalizzata del soggetto preso in carico, disponibile a tutti coloro che vogliano intraprendere la strada del pattinaggio su rotelle;
- coniare degli standard cinematici ed elettromiografici che si avvicinino ad un modello di riferimento prestativo permettendo di monitorare nel tempo quanto e se l'incremento è avvenuto;
- contrastare quadri di sovraccarico indotti da possibili asimmetrie corporee con aumento del possibile carico lesivo;
- monitorare l'andamento tecnico in rapporto al carico, a lungo termine, presentando dei riferimenti numerici;
- rendere il protocollo traslabile su tutte quelle discipline che presentano una ciclicità nel pattern specifico (nuoto, ciclismo, corsa, marcia, sci di fondo ecc) proponendo quadri di confronto sia condizionali, utili alle preparazioni atletiche, che preventive in quanto disciplina di grosso stress fisico e con indici asimmetrici di rilievo.

6. RISULTATI

Avendo presentato la metodica sperimentale del modello prestazionale, i risultati portano ad evidenziare se tra una valutazione basale, seguita da un periodo di condizionamento motorio specifico alla disciplina, ed un controllo post, avvenuto sei mesi dopo il basale, si possa evidenziare un assottigliamento nelle differenze prestazionali tra l'atleta d'élite, le due cadette prese in esame e il neofita.

Viene evidenziato ogni confronto tra il modello acquisito al tempo 0 (basale) e al follow up di controllo dopo sei mesi di attività sui pattini. Ma non solo, in quanto non si vuole soltanto evidenziare una differenza tra pre e post ma si è voluto mettere in evidenza, paragonandoli, ogni basale ed ogni rivalutazione tra tutti i partecipanti.

6.1 Disegno sperimentale cinematografico

Il disegno sperimentale cinematografico funge da colonna portante per il monitoraggio tecnico-condizionale su cui si basa una pattinata funzionalmente efficace. Rappresenta uno strumento valido da poter confrontare con tutta la popolazione che si vuole inserire nella disciplina del pattinaggio su rotelle, ponendo dei confronti oggettivamente evidenti su cui poter trarre dei risultati altrettanto oggettivi per far lavorare i propri atleti in maniera professionale, in base alle caratteristiche intrinseche dei singoli. La tecnica e l'attivazione muscolare fungono da pilastro nella funzionalità dell'intero ciclo di pattinata, in assenza di specifici accorgimenti la pattinata su rotelle risulta totalmente inefficace oltre che rischiosa ai distretti locomotori. Il monitoraggio presentato in tale studio sperimentale permette di dare importanti rilievi all'atleta e no, su quanto, questo, riesca ad esprimere le proprie potenzialità, tenendo anche in considerazione il rischio di andare in contro ad un possibile infortunio acuto o da sovraccarico.

6.1.1 Acquisizioni basali (tempo 0) e follow up (post 6 mesi) cinematico

Come primo punto da considerare e mettere a confronto sono le acquisizioni singole tra i campionamenti per evidenziare i possibili cambiamenti in positivo o in negativo a cui ogni soggetto può essere andato incontro durante il periodo di condizionamento. Questa prima analisi permette al preparatore fisico di evidenziare se la strutturazione del programma di lavoro è funzionale o meno alla singolarità dell'atleta, mettendolo poi in relazione ai risultati oggettivi di gara.

6.1.1.a Creazione del modello prestazionale ottimale

Sulla base delle acquisizioni fatte a confronto con la ricerca scientifica presente in letteratura [2] si viene a creare il modello prestativo, fondamentale per il confronto con i soggetti reclutati sia nella cinematica, sia nelle valutazioni elettromiografiche che MVIC % e co-attivazionali.

Analisi cinematica:

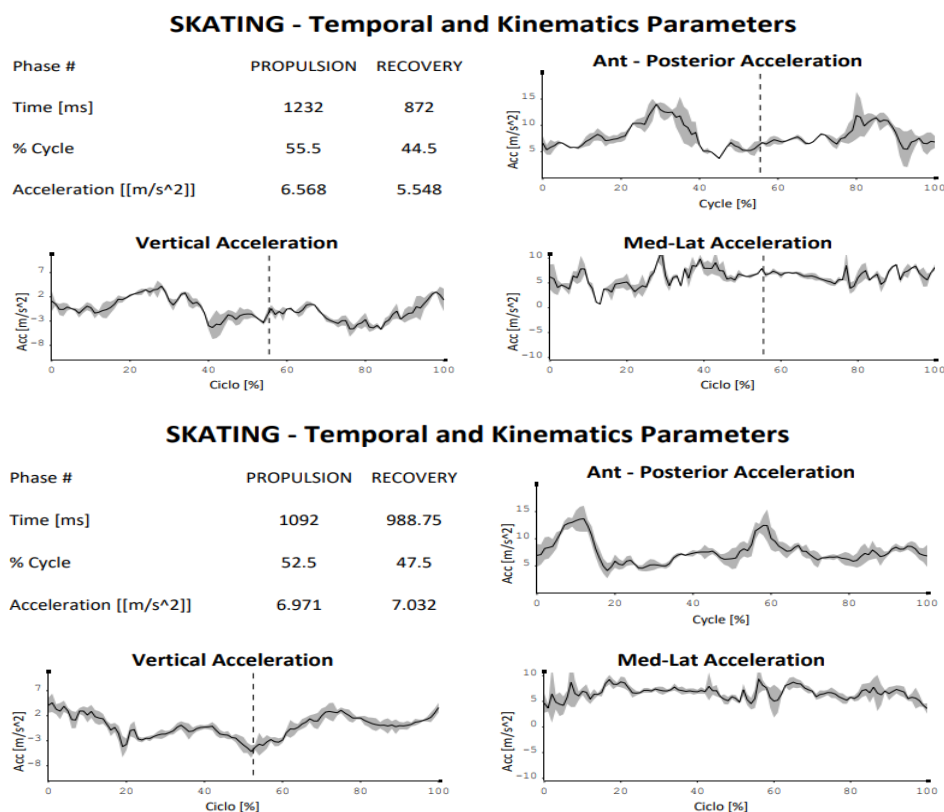


Figura 5 a-b Analisi cinematica atleta d'élite
destra 1 (a) sinistra 1 (b)

Nell'analisi si è fatto riferimento alla singola acquisizione in quanto, parlando di una campionessa del mondo nella disciplina, risultava poco sensato un follow up per il fatto che le acquisizioni sarebbero state verosimilmente simili sia nei termini cinematici che nei termini di segnalazione elettromiografica.

Questo perché nell'atleta non si sarebbero evidenziate variazioni nella cinematica, avendo lei già raggiunto la maturità tecnica oltre che condizionale anche cronologicamente adulta. A conferma di questo concetto, viene una ripetibilità nel pattern pressoché identica, data da deviazioni standard di basso valore.

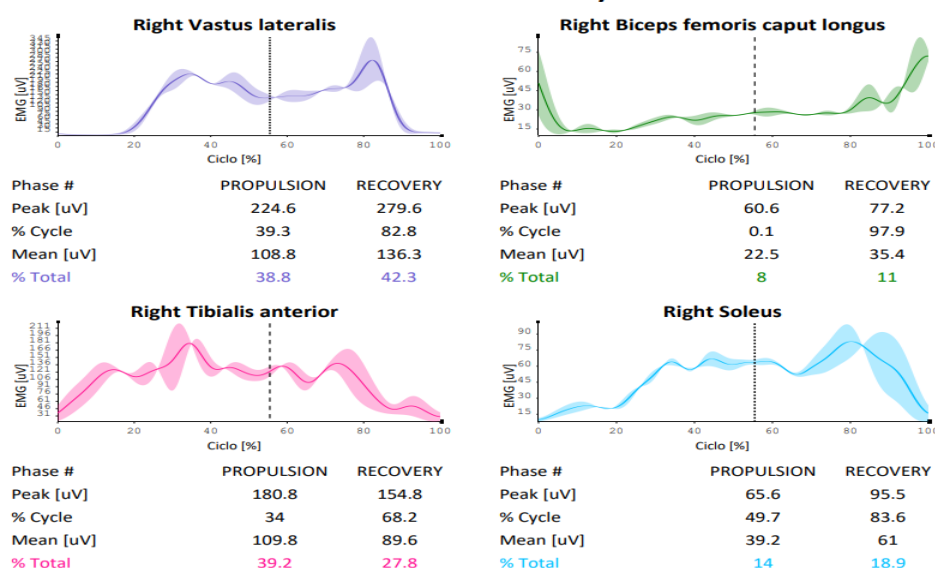
Osservando il grafico si può trarre che la fase propulsiva sia maggiore (55.5 %) rispetto alla fase di recupero (44.5 %) permettendo all'atleta di sfruttare nel migliore dei modi l'azione di spinta orizzontale senza ricreare anticipazioni o ritardi nella propulsione stessa.

Si può osservare come anche le valutazioni grafiche sui tre assi siano pressoché fluide ed omogenee presentando picchi ben visibili e andamenti lineari con medie accelerative non troppo marcate in particolare per l'asse medio – laterale.

Da considerare le differenze in termini cinematici tra l'analisi compiuta nel monitoraggio dell'emisoma di destra e quello di sinistra. Si può evidenziare come nel lato sinistro si tenda maggiormente ad anticipare la fase di recupero (47.5 % sx contro il 44.5 % dx) rispetto al controlaterale, mutandone a seguito tutti i valori accelerativi sia in propulsione (1232 ms dx contro 1092 ms sx) che in recupero (872 ms dx contro 988,75 ms sx). Questo rilievo ci mette in evidenza come l'atleta presenti una maggiore fluidità tecnica sull'emilato di destra permettendone una maggiore azione di spinta.

Analisi EMG:

SKATING - sEMG Analysis



SKATING - sEMG Analysis

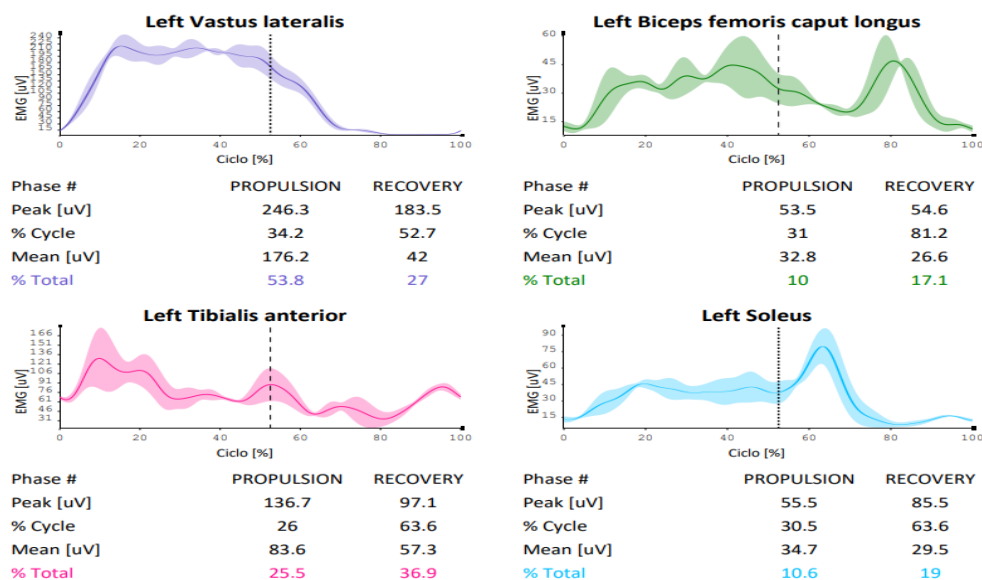


Figura 6 a-b Analisi EMG atleta d'élite
destra 1 (a) e sinistra 1 (b)

Presentando e analizzando i primi rilievi emersi, si può determinare che ogni singolo distretto presenta delle disuguaglianze fisiologiche dal controlaterale. Si può notare come gli andamenti grafici siano differenti nei singoli distretti tra l'arto di destra e di sinistra, in particolare per il vasto laterale in cui l'andamento dell'emisoma di sinistra sembra essere più esteso rispetto al controlaterale durante la propulsione. Cade l'interesse sulla percentuale di interessamento muscolare, in cui tra il destro (38.8 % - 42.3 %) e il sinistro (53.8 % - 27 %) si notano sostanziali differenze ad indicarci come il sinistro attivi e recluti maggiormente il vasto laterale, durante la propulsione, aspetto contrario durante la fase di recupero. Questa indicazione ci permette di trarre la conclusione che tale distretto presenti delle asimmetrie in termini non solo di spinta ma anche di sovraccarico. Per quanto concerne il distretto antagonista, bicipite femorale, sono presenti leggere differenze ma comunque equilibrate tra i due arti. La differenza viene posta nei punti del ciclo in cui si presenta il picco massimo di attivazione, guardandolo graficamente si osserva come nel lato di destra l'attivazione sia iniziale per poi permettere il rilasciamento durante tutta la propulsione, riattivandosi durante la fase di recupero. Nel sinistro emerge che il picco si protrae durante la fase di propulsione, non rispecchiando la coerente attivazione muscolare. Questa indicazione risulta utile in quanto possiamo affermare come il maggior controllo nella capacità di contrazione e rilassamento muscolare, in termini co-attivazionali, sia maggiormente fine nell'emisoma di destra, questo emerso durante la sola fase propulsiva. Infine, parlando del tibiale anteriore e del soleo possiamo affermare come non siano presenti alterazioni marcate tra i due lati, da segnalare l'andamento grafico del tibiale anteriore che sembra nel distretto di destro predominare in termini di reclutamento durante la propulsione, coerente con la flessione dorsale forzata indotta durante la fase di spinta della gamba (abduzione ed estensione coscia e gamba).

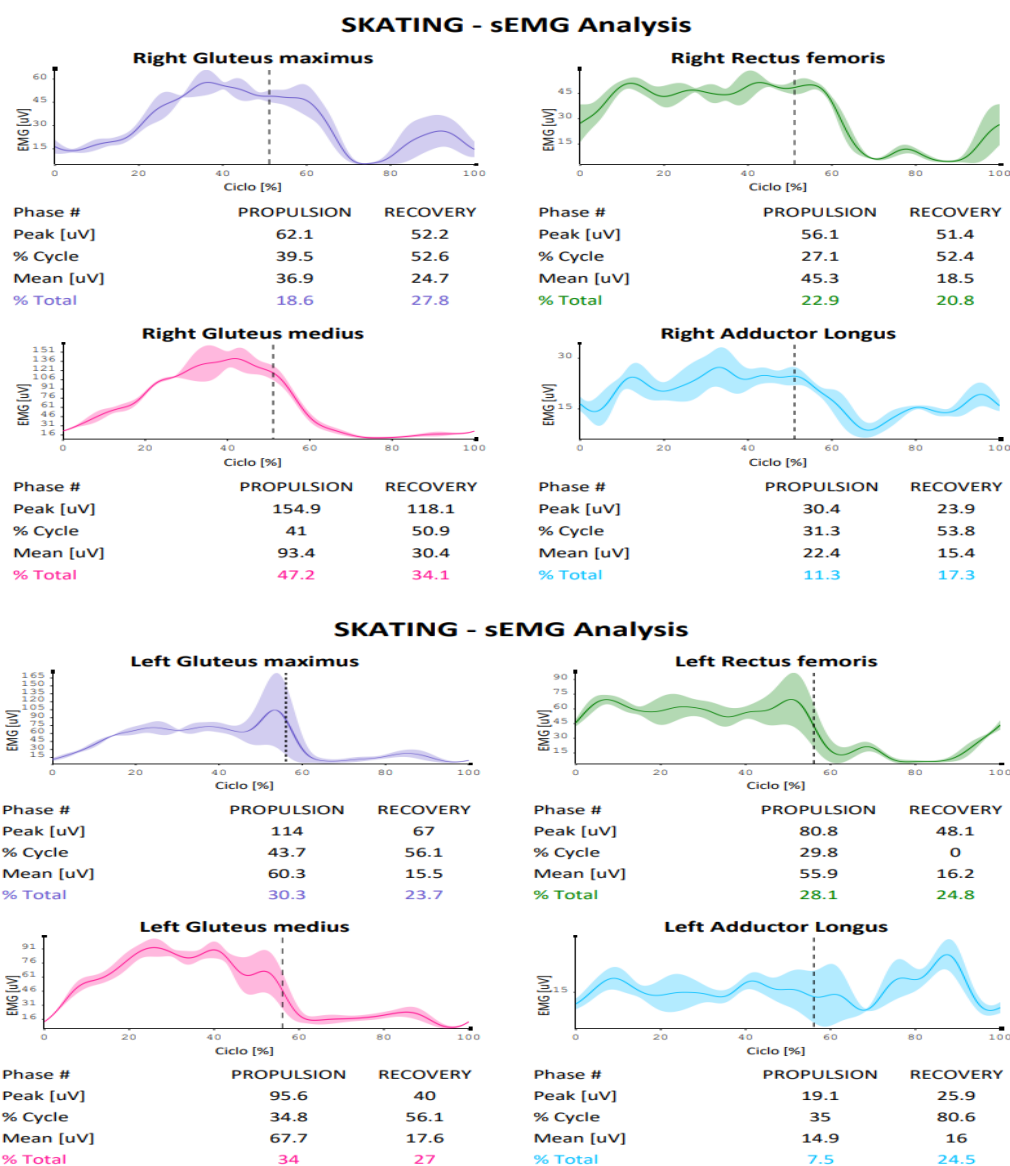


Figura 7 a-b Analisi EMG atleta d'élite
destra 2 (a) e sinistra 2 (b)

Interessante risulta l'analisi sui principali distretti motori all'avanzamento orizzontale della pattinata. Possiamo soffermarci in prima istanza sul medio gluteo e sull'adduttore, in quanto muscoli fondamentali sia nei termini prestazionali che preventivi e riabilitativi. Notiamo come nella fase propulsiva nel distretto di destra (154.9 uV – 47.2 % di interessamento) l'atleta presenti picchi ma anche interessamenti muscolari maggiori rispetto al controlaterale (95.6 uV – 34 % di interessamento) presentando un valore asimmetrico. Tale acquisizione ci permette di indicare come l'emisoma di destra sia presumibilmente più condizionato nella fase di spinta permettendo una maggiore azione di abduzione della coscia (movimento fondamentale per la pattinata). Questi rilievi valgono in egual modo anche per la fase di recupero: nel grafico (figura 7b e 8b) si può vedere come nell'arto di destra la fase di recupero porti ad una discesa di segnale relativamente istantanea, fenomeno meno evidente

sul sinistro che tende a presentare un leggero rialzo in fase terminale di recupero. Punto importante da considerare è che, osservando sempre l'analisi grafica, l'arto di destra riesce a mantenere una tensione alta nel medio gluteo fino quasi al cambio di azione del ciclo, ovvero il recupero, contrariamente alla sinistra che ancora prima di iniziare il richiamo della gamba perde attivazione muscolare. Ennesimo riscontro positivo sulla più alta efficienza di tale distretto nell'emisoma di destra (considerato valore asimmetrico).

L'analisi ci permette di indicare che il lato destro presenti una maggiore attivazione dell'adduttore rispetto al sinistro in fase propulsiva (dx: 30.4 uV – 11.3 % contro sx: 19.1 uV contro 7.5 %), indice di un pre-tensionamento favorevole poi alla fase di recupero, ma non esente da possibili rischi lesivi da sovraccarico (poco riscontrabile in tale soggetto): questo è un dato importante vista la grossa sensibilità riconosciuta in letteratura a lesioni da stress a carico di questo muscolo. L'andamento grafico conferma tale ipotesi in quanto si può osservare come la curva tende ad essere meno marcata nel lato di sinistra rispetto al destro (figura 7b e 8b). Valori contrari invece per quanto concerne la fase di recupero, in quanto sono presenti delle similitudini nelle acquisizioni ad eccezione dell'interessamento muscolare di sinistra (24.5 %) che sembra presentare un leggero rialzo rispetto al controlaterale (17.3 %). Concetto sovrapponibile a quanto detto precedentemente, anche se trascurabile viste le minime differenze tra i due lati.

Concludendo possiamo affermare che il modello prestazionale presenti buone simmetrie, non visibili per tutti i distretti, ma comunque ottimali vista la richiesta imposta dalla competizione di svolgere l'attività sempre nel senso di giro antiorario, causa di incrementi nello stato asimmetrico.

Analisi MVIC % e co-attivazione:

SKATING - sEMG Analysis (% MVC)

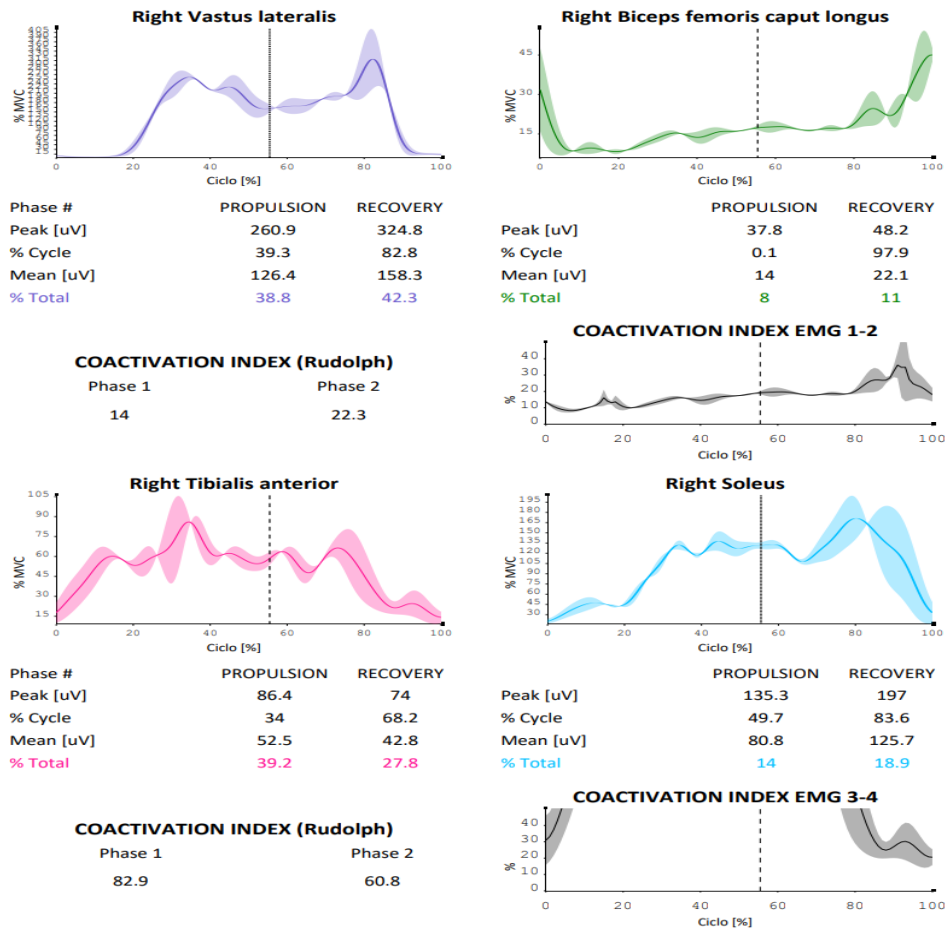


Figura 8 Analisi MVIC % e co-attivazione atleta d'élite

destra 1

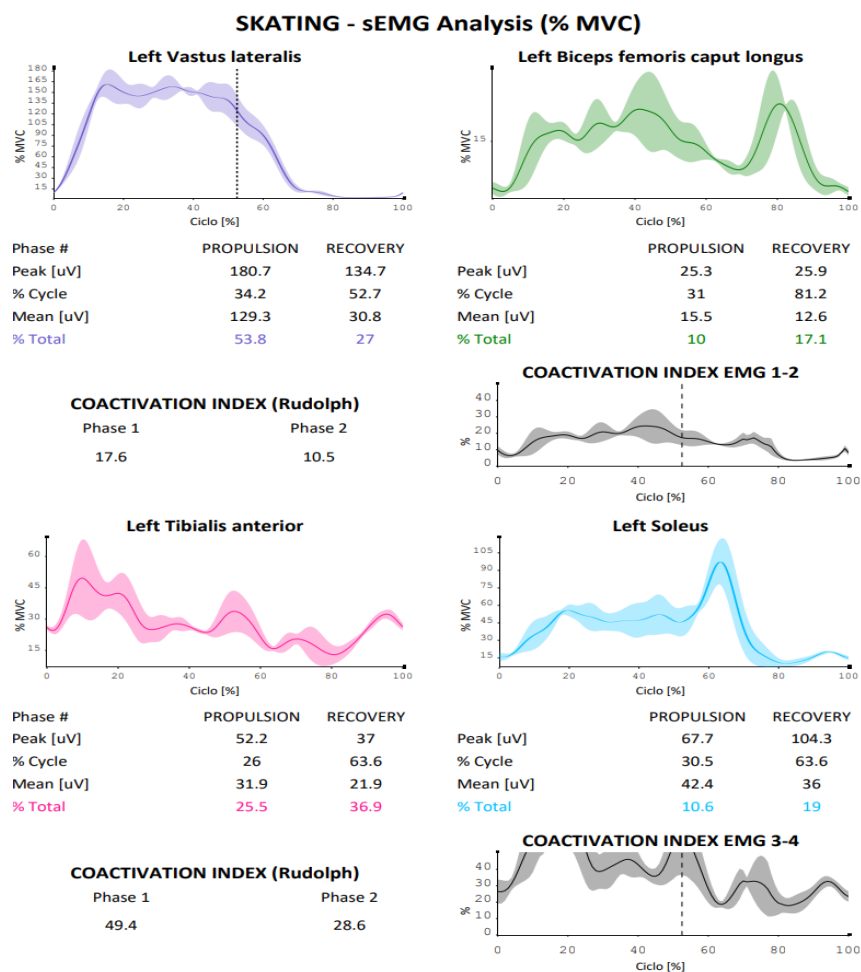


Figura 9 Analisi MVIC % e co-attivazione atleta d'élite

sinistra 1

Come confermato dalla letteratura scientifica, la co-attivazione muscolare agonista-antagonista ci dà dei riferimenti sullo stato di contrazione e rilasciamento muscolare. Nell'articolo del gruppo di ricerca di Latash, ML. 2018, viene indicato come alti livelli di co-attivazione rappresentano un vantaggio e uno svantaggio in relazione al tipo di movimento a cui l'atleta si sottopone.

Riproponendo tale concetto, nelle gestualità che richiedono un'esecuzione il più rapida possibile, gli alti livelli di co-attivazione possono porre un vantaggio nel movimento specifico sportivo. Viceversa, alla richiesta di stabilità, alti livelli co-attivanti risultano efficienti se il movimento deriva da un punto fisso (catena cinetica chiusa), contrariamente si presenta uno svantaggio all'azione motoria.

Nelle acquisizioni del modello prestazionale osserviamo come tutte i valori di picco relativi all'arto di destra presentano un netto rialzo in rapporto al controlaterale. Dando una risposta si conferma l'idea che l'emilato di destra viene sfruttato in maniera più marcata dall'atleta ai fini prestazionali, sempre però da sottolineare quanto questa eccessiva stimolazione possa presentare un rischio di possibile lesione. Questa differenza tra i due lati è indotta dal fatto che le caratteristiche disciplinari forzano gli atleti a sfruttare maggiormente l'emisoma di destra per l'avanzamento, visto il raggio di

curvatura sempre in senso antiorario. Da considerare che l'atleta presenta per condizionamenti intrinseci una riduzione del deficit di forza esprimibile, che gli permette di ridurre il segnale afferente che dai recettori propriocettivi (fusi neuromuscolari, organi tendinei del Golgi, recettori articolari cinestesici) viene trasmesso al SNC come indicatore preventivo all'eccessiva tensione e movimento muscolo-tendineo. Da tenere in considerazione, in particolare per il vasto laterale, come le percentuali di interessamento muscolare siano differenti: il dato più indicativo è quello relativo alla fase di propulsione e recupero del vasto laterale, dove sono presenti rilievi disomogenei tra le due valutazioni (dx propulsion: 38.8 % contro sx propulsion: 53.8 %, dx recovery: 42.3 % contro sx recovery: 27 %). Questo dato incide in maniera evidente anche sui picchi e sull'andamento grafico di tale distretto (figura 9-10). Medesimo discorso viene posto a livello del tibiale anteriore dove le percentuali sembrano essere soggette ad asimmetrie tra i due lati (dx propulsion: 39.2 % contro sx propulsion: 25.5 %, dx recovery: 27.8 % contro sx recovery: 36.9 %). Alla conferma di quanto è stato accennato relativo al maggior carico sul lato destro, viene valutata e analizzata la co-attivazione, che ci permette di osservare come il lato destro per quasi tutte le fasi presenti valori più marcati, a conferma del fatto che rappresenta il lato su cui l'atleta pone il predominio della spinta. Tale riferimento è di notevole importanza per i professionisti del settore educati alla prevenzione e alla riabilitazione.

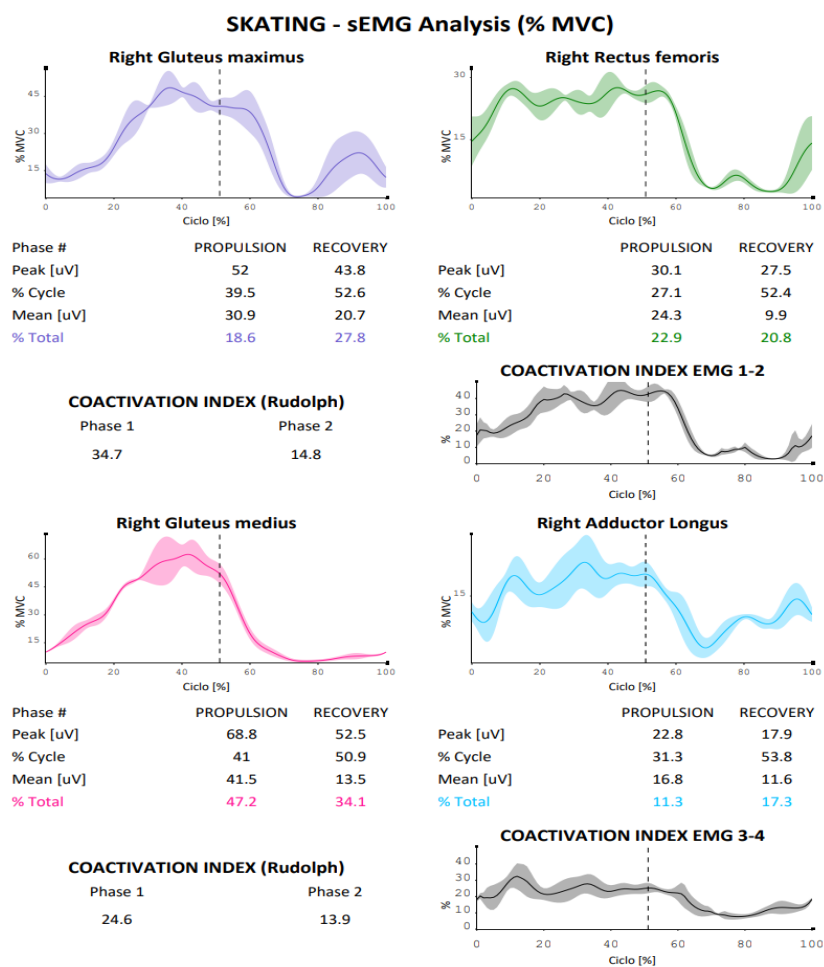


Figura 10 Analisi MVIC % e co-attivazioni atleta d'élite

destra 2

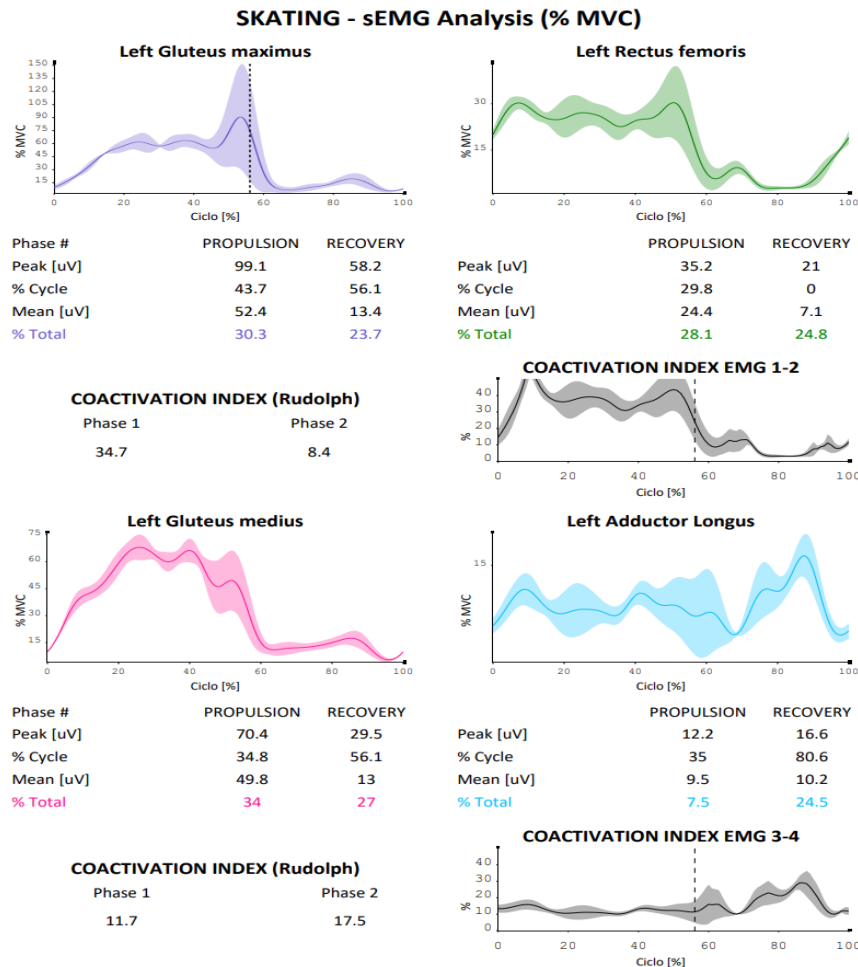


Figura 11 Analisi MVIC % e co-attivazioni atleta d'élite

sinistra 2

Il confronto finale si orienta ad analizzare i principali distretti motori all'azione di abduzione e adduzione dell'arto inferiore oltre che di flesso-estensione. Si può concludere come i livelli di MVIC % per questi distretti presenta graficamente, quasi per tutti, un andamento abbastanza simmetrico tra i due lati. Le differenze principali vengono poste a carico del grande gluteo e del medio gluteo, in quanto gli antagonisti sembrano presentare valori di leggero rialzo nell'arto di destra ma per lo più omogenei tra i due lati. Considerando i muscoli glutei si evince come i picchi di MVIC % del medio gluteo in fase propulsiva e recupero siano inferiori nell'emilato di destra (dx propulsion: 52 uV contro sx propulsion: 99.1 Uv, dx recovery: 43.8 uV contro sx recovery: 58.2). Questi rilievi in associazione agli andamenti grafici a favore, vista l'azione biomeccanica del grande gluteo, dell'emilato di sinistra in quanto presenti un picco di rialzo in fase terminale della propulsione utile all'azione di estensione della coscia in sincrono all'abduzione. Considerando l'ultimo distretto preso in considerazione, il medio gluteo, ci si aspetta un andamento più marcato sul lato di destra, date le analisi precedentemente elaborate. In effetti nonostante la fase propulsiva presenti picchi pressoché simili, quello che interessa non è soltanto la percentuale di interessamento muscolare più marcata nel destro sia nella propulsione

(dx: 47.2 contro sx: 34) che nel recupero (dx: 34.1 contro sx: 27), ma è come il muscolo si comporta durante l'azione propulsiva. La visione grafica, infatti, mette in evidenza come il destro presenti un incremento nel tempo costante con un picco quasi a ridosso del cambio ciclo, per poi decrescere durante la fase terminale della propulsione. Il sinistro invece presenta segnali di ascesa e discesa già durante la propulsione, questo in termini prestazionali funge da limite funzionale in cui il distretto non mantiene o addirittura incrementa il reclutamento in termini di impulso esprimibile, ma anzi tende a ridurlo già a metà della fase propulsiva (figura 11 e 12). Questa valutazione risulta di fondamentale importanza per il monitoraggio e l'andamento muscolare durante le due fasi del ciclo permettendo di dare feedback oggettivi sulla funzionalità muscolare.

Una considerazione deve essere fatta anche sugli indici di co-attivazione. Possiamo notare come nella propulsione il rapporto destro-sinistro relativo al grande gluteo e l'antagonista retto femorale ci porti a rilievi esattamente identici (dx: 34.7 contro sx: 34.7). Diverso però il confronto durante la fase di recupero, con un rialzo a livello del distretto di destra (dx: 14.8 contro sx: 8.4), data dal protrarsi del segnale di attivazione del grande gluteo anche durante la fase iniziale del recupero (visione grafico grande gluteo, figura 11), non visibile nel sinistro.

Ponendo l'interesse sul confronto medio gluteo-adduttore lungo, la fase propulsiva segnala un indice più marcato nell'emisoma di destra (dx: 24.6 contro sx: 11.7) in risposta allo spiccato reclutamento del medio gluteo rilevabile in questo lato. La seconda fase fa emergere il rilievo opposto in cui l'indice di maggior evidenza è registrato sul lato sinistro (dx: 13.9 contro sx: 17.5) in risposta del fatto che l'azione dell'adduttore lungo risulta essere più marcata in termini di interessamento muscolare rispetto al destro (dx: 17.3 % contro sx: 24.5).

6.1.1.b Valutazione cadetta 1 basale e follow up

I risultati di rilievo riguardano le modificazioni singole tra i distretti, in quanto non per tutte le analisi fatte sono presenti delle alterazioni indicative e oggettive. Questo è dato dal fatto che durante la pattinata i distretti muscolari analizzati presentano delle disomogeneità in quanto alcuni muscoli vengono sollecitati in maniera più marcata rispetto ad altri.

Analisi cinematica:

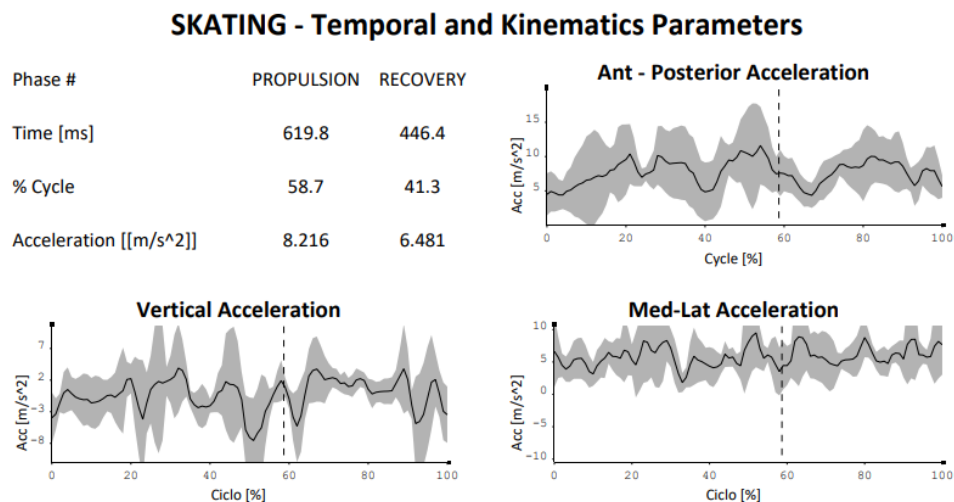


Figura 12 Analisi cinematica cadetta 1 tempo 0
di destra

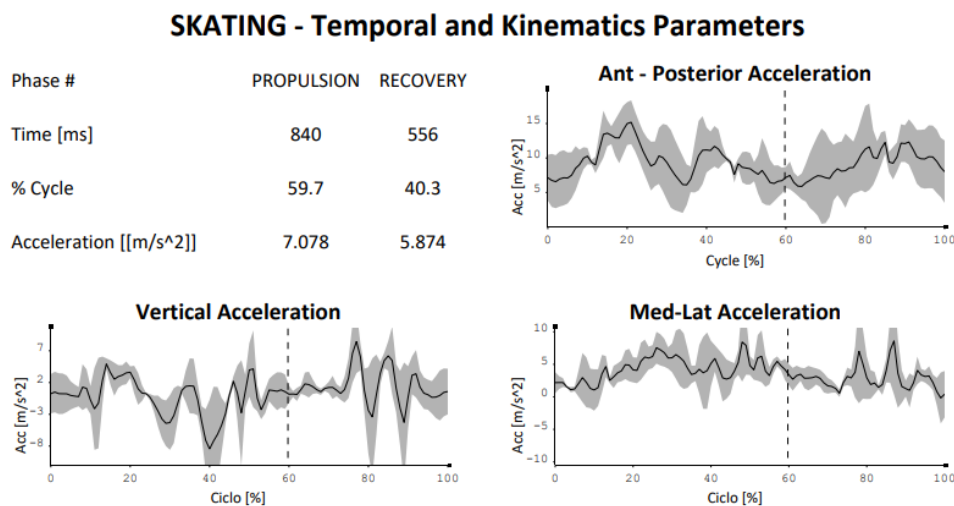


Figura 13 Analisi cinematica cadetta 1 follow up
di destra

Nell’analisi cinematica si è osservato come la cadetta (giovane adolescente) presenti delle differenze tra l’acquisizione basale e il follow up, questo indicatore ci permette di trarre un risultato utile a comprendere la gestualità tecnica della giovane atleta. Il primo rilievo differente viene rappresentato dalla percentuale del ciclo del passo, al tempo 0 nella fase propulsiva (58.7 %) presenta una percentuale leggermente minore rispetto al follow up (59.7 %). Questo valore, seppur minimo, ci indica come l’atleta abbia aumentato la fase di propulsione riducendone la fase di recupero, permettendo di ricreare assetti accelerativi sui 3 assi meno marcati rispetto al basale (propulsione: 8.216 pre contro 7.078 post – recupero: 6.481 pre contro 5.874 post, unità di misura m/s2). Da tenere in considerazione a livello statistico come le deviazioni standard siano differenti tra le due acquisizioni temporali, meno marcate nel follow up.

Analisi EMG:

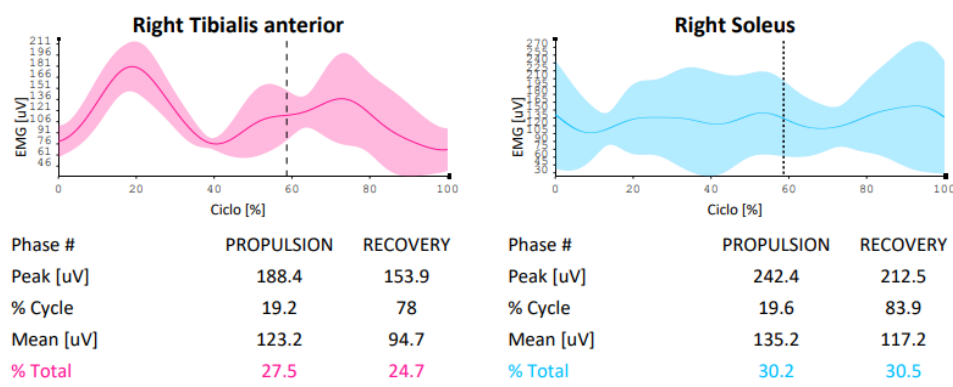


Figura 14 Analisi EMG cadetta 1 tempo 0

destra 1

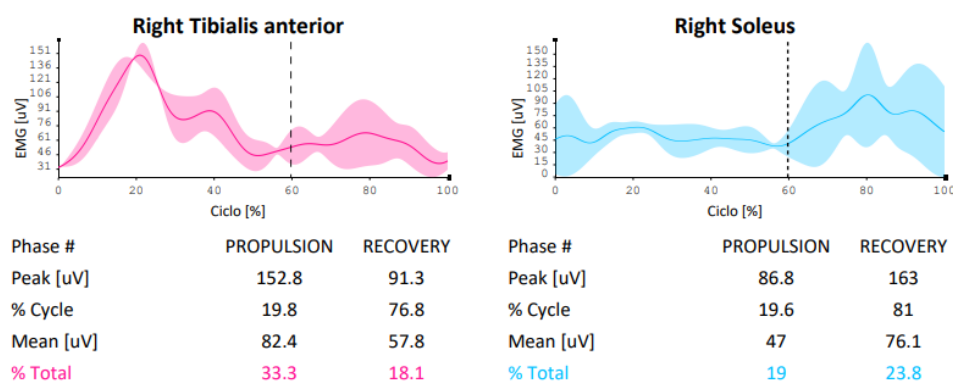


Figura 15 Analisi EMG cadetta 1 follow up

destra 1

L'analisi elettromiografica mette in evidenza come il tibiale anteriore durante la prima parte del ciclo presenti valori più marcati nell'acquisizione basale (188.4 uV contro 152.8 uV) ma con percentuali maggiori in rapporto agli altri 3 distretti più marcata nel follow up (27.5 % pre contro 33.3 % post). Ricordiamo come durante la propulsione il tibiale anteriore, per azione forzata di flessione dorsale della caviglia che deve assecondare l'abduzione dell'arto inferiore presenta un'attività elettromiografica molto spiccata, contrariamente alla fase di recupero in cui tale distretto risulta essere meno sollecitato in concentrico. Prendendo in esame la valutazione del follow up, emerge infatti come nella fase di propulsione il tibiale anteriore sia maggiormente interessato (152.8 uV con 33.3 % di attivazione) rispetto al soleo (86.8 uV con 19 % di attivazione) presentando picchi inversi durante la fase di recupero (91.3 uV tibiale anteriore al 18.1 % contro 163 uV soleo al 23.8 %). Questi valori sono nettamente evidenti nelle acquisizioni relative al follow up, in quanto al tempo 0 i valori non risultano coerenti di quanto appena visto, presentando un'attività muscolare del soleo nettamente fuori i valori di confronto avvenuti nel post (sileo pre: 242.4 uV nella propulsione e 215.5 nel recupero contro soleo post: 86.8 uV nella propulsione 163 uV nel recupero). In questo caso l'attività fisica è servita all'atleta e al preparatore fisico per indagare e confermare l'eccessiva attività di un singolo distretto (sileo), potendo impostare un lavoro mirato di condizionamento motorio.

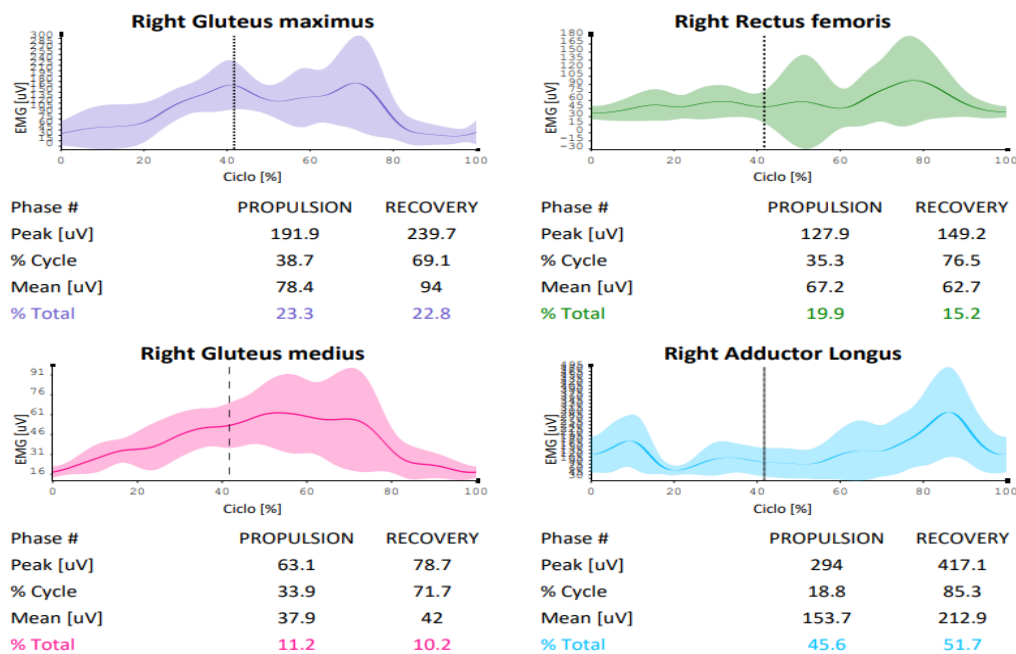


Figura 16 Analisi EMG cadetta 1 tempo 0

destra 2

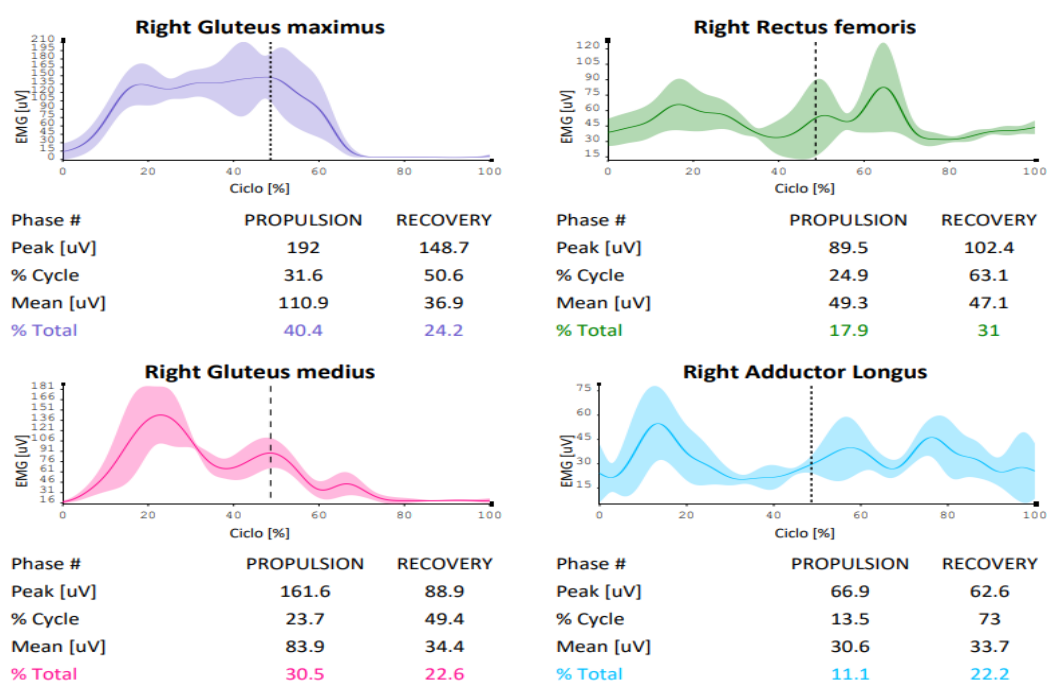


Figura 17 Analisi EMG cadetta 1 follow up
destra 2

L'analisi relativa ai distretti della seconda acquisizione considerata, si può evidenziare da subito come l'attività del grande gluteo tra il pre e il post, nella fase propulsiva, sia nettamente diversa in particolare nella percentuale di utilizzo muscolare rispetto agli altri distretti (23.3 % pre contro 40.4 % post) nonostante il segnale di picco elettromiografico sia simile (191.9 uV pre contro 192 uV post). Diverso il confronto relativo alla fase di recupero, sempre considerando il grande gluteo, che presenta un segnale alla valutazione basale (239.7 uV al 22.8 %) molto più marcato rispetto al controllo (148.7 uV al 24.2 %). L'azione anatomica del grande gluteo, che in letteratura viene preso in esame in maniera costante nelle acquisizioni relative ai pattern di movimento ciclico dell'arto inferiore, risulta favorire l'azione concentrica durante la fase di estensione della coscia, viceversa un segnale meno marcato dovrebbe essere riscontrato durante l'azione di richiamo della gamba in cui avviene l'adduzione e la flessione della coscia sull'anca. Come visto dalle valutazioni però l'analisi al tempo 0 presenta picchi molto maggiori rispetto al follow up, mettendo in evidenza come tale distretto dopo un condizionamento mirato alla disciplina presenti meno sovraccarico nel gesto tecnico permettendo una funzionalità maggiore durante la pattinata.

Altro da considerare viene posto sul principale distretto agonista al movimento orizzontale, il medio gluteo in sinergia all'antagonista l'adduttore lungo, che presenta durante l'azione propulsiva (abduzione dell'arto inferiore) un segnale nettamente maggiore nel post (161.6 uV al 30.5 % di attivazione) rispetto al pre (63.1 uV al 11.2 %) questo ci permette di indicare come l'atleta riesca ad esprimere maggiore segnale e impulso che ricade poi sulla spinta propulsiva ma con un possibile

aumento del sovraccarico e maggior rischio di infortunio. Monitorando la fase di recupero possiamo osservare come i picchi siano molto simili (pre: 78.7 uV al 10.2 % di attivazione contro post: 88.9 uV al 22.6 % di attivazione). Quello da sottolineare è l'andamento grafico del segnale, che nel post, il picco risulta esattamente nella fase di cambio fase ciclica, tra la propulsione e il recupero (49.4 % ciclo), mentre nell'analisi basale risulta evidenziato nella piena azione di recupero (71.7 %) quanto tale distretto non dovrebbe presentare grossa attivazione. Questo ci conferma come anche per il medio gluteo l'attivazione muscolare sia, sì, più marcata nel post, con possibile rischio di eccessivo carico ma con una funzionalità ed efficienza muscolare nello stato di attivazione e rilasciamento muscolare (co-attivazione) più coordinato a livello periferico muscolare. Concludendo poniamo l'attenzione sull'antagonista del medio gluteo, l'adduttore lungo il cui segnale sia nella propulsione (pre: 294 uV al 45.6 % contro il post: 66.9 uV al 11.1 %) che nel recupero (pre: 417.1 uV al 51.7 % contro il post: 62.6 uV al 22.2 %) risulta nettamente più spiccato nella valutazione basale. Questi valori ci danno l'indicazione di come l'attività dell'adduttore lungo nelle acquisizioni basali siano tanto più marcate rispetto al post, con indicazioni anche sulla percentuale di utilizzo muscolare nettamente superiori. Questo dato risulta fondamentale al preparatore fisico e al fisioterapista per monitorare lo stato di carico dell'adduttore, a cui la letteratura ha già dato conferma essere il distretto muscolare maggiormente a rischio di lesione da sovraccarico. In questi termini l'alto picco rilevato nel basale poteva essere interpretato come un eccessivo carico distrettuale ed una ridotta capacità di controllo neuro-muscolare nella capacità di contrazione e rilassamento ad opera dei distretti agonisti ed antagonisti legati alla pattinata.

Analisi MVIC % e co-attivazioni:

Distretto analizzato:	Picco MVIC % (uV) Tempo 0 (propulsion- recovery)	Picco MVIC % (uV) Follow up	% intervento muscolare (%) Tempo 0 (propulsion- recovery)	% intervento muscolare (%) Follow up
Gluteo massimo	<u>108.6 – 135.7</u>	<u>142.5 - 110.4</u>	23.3 - 22.8	<u>40.4- 24.2</u>
Retto femorale	22.5 - 26.2	36.1 - 41.3	19.9 - 15.2	<u>17.9 - 31</u>
Gluteo medio	<u>40.9 - 51</u>	<u>106.7 - 58.7</u>	<u>11.2 - 10.2</u>	<u>30.5 - 22.6</u>
Adduttore lungo	<u>46.8 - 66</u>	<u>19.9 - 18</u>	<u>45.6 - 51.7</u>	<u>11.1 - 22.2</u>

Tabella 1 Analisi MVIC % cadetta 1 tempo 0 - follow up

destra 2

L'MVIC % rappresentato graficamente e riportato in tabella 1 pone l'attenzione tra l'acquisizione basale e il follow up sui distretti più interessati alla spinta orizzontale e al più alto rischio di lesione da sovraccarico. Questa valutazione ha permesso di riscontrare che il grande gluteo, nel follow up, presenta un picco percentuale di MVIC aumentato durante la fase di propulsione, contrariamente alla

fase di recupero dove si nota un decremento (riga 2, tabella 1). Questo ci dà l'informazione che l'atleta cadetta abbia aumentato la richiesta muscolare a carico del grande gluteo in propulsione permettendo durante la fase di richiamo della gamba un minore intervento muscolare preservandolo per la successiva spinta. Questo incremento ricade poi anche sulle percentuali di utilizzo muscolare, in cui si sono osservati degli incrementi nell'acquisizione di controllo (riga 2, tabella 1). Questo indica come tale distretto dopo mesi di attività specifica abbia aumentato il coinvolgimento muscolare, in particolare durante la fase di propulsione, mantenendo una quasi stabilità durante la fase di recupero. Il medio gluteo ha portato rilievi interessanti sui picchi ottenuti, nettamente aumentati nel follow up sia nella "propulsion" che nel "recovery" (riga 4, tabella 1). Ci dà dei riferimenti importanti in termini prestazionali in quanto permette di indirizzarci verso un aumento condizionale di tale distretto durante l'azione di abduzione della coscia (movimento fondamentale nella pattinata). Questo però in termini preventivi potrebbe essere un più alto indicatore di sovraccarico muscolare, in quanto il valore registrato durante la propulsione è pressoché il doppio rispetto al basale (40.9 uV contro 106.7 uV) e anche le percentuali di attivazione muscolare hanno subito un incremento. Per il preparatore fisico questo rappresenta un valore ottimale nel condizionamento motorio, ma con un occhio di riguardo da parte sia del chinesologo che del fisioterapista per evitare l'eccessivo carico e il rischio di lesione. Il valore più importante ricade sull'attività dell'adduttore, in particolare per la prevenzione, in quanto si osserva come i valori di picco nel post siano nettamente inferiori rispetto al basale (riga 5, tabella 1), con valori ancora più importanti per la percentuale di utilizzo muscolare. Questi dati ci danno l'importanza pratica di affermare come il sovraccarico a livello dell'adduttore, che da quanto emerge dalla letteratura rappresenta il distretto più colpito da lesioni, si sia notevolmente ridotto, permettendo di co-attivarlo in maniera coerente al pattern senza che presenti valori di attivazione troppo spiccati sia durante la fase di propulsione che durante la fase di recupero (a cui è richiesta la maggiore attività muscolare).

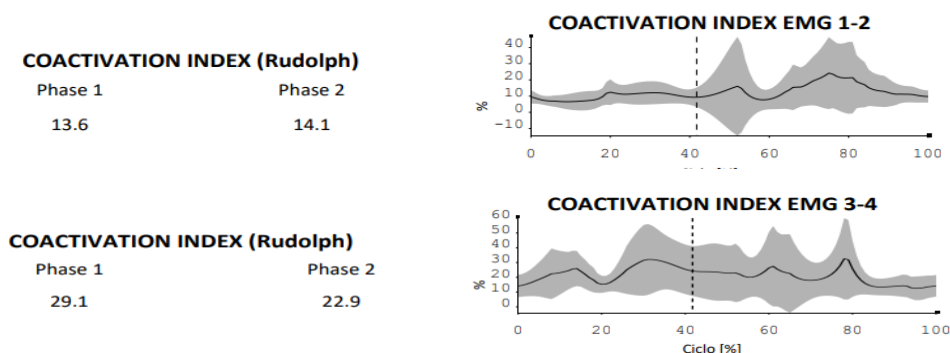


Figura 18 a-b Analisi co-attivazione cadetta 1 tempo 0 grande gluteo-retto femorale (a) gluteo medio-adduttore lungo (b) destra 2

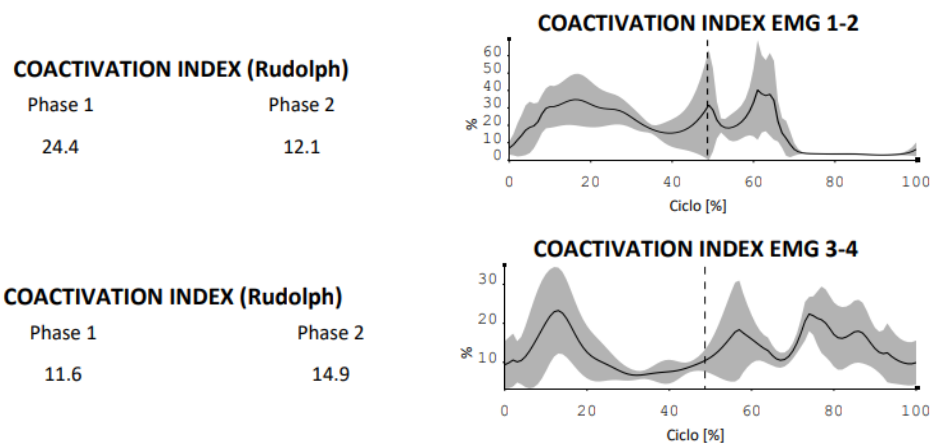


Figura 19 a-b Analisi co-attivazione cadetta 1 follow up grande gluteo-retto femorale (a) gluteo medio-adduttore lungo (b) destra 2

Monitorando i dati (Figura 19-20) rilevati dalle acquisizioni e considerando il pattern a cui è richiesto un andamento rapido di esecuzione motoria, possiamo evidenziare come le co-attivazioni tra pre e post presentino un andamento abbastanza differenti. Cade subito l'occhio ai parametri relativi alle co-attivazioni tra il medio gluteo e l'adduttore, in quanto nel follow up tale indice risulta nettamente inferiore sia nella fase di "propulsion" (pre: 29.1 contro post: 11.6) che di "recovery" (pre: 22.9 contro post: 14.9). Differenza simile per quanto riguarda l'analisi del grande gluteo e del retto femorale nella fase recovery (pre: 14.1 contro post: 12.1). Contrariamente al valore di propulsione per i medesimi distretti che sono in rialzo dal basale al follow up (pre: 13.6 contro post: 24.4).

Queste indagini ci permettono di confermare come l'abbassamento dell'indice di co-attivazione muscolare tra la valutazione pre e post, si concretizzi con una migliore capacità dell'atleta di coordinare lo stato di contrazione e rilasciamento muscolare, soprattutto come indicatore preventivo. Ma ponendo un limite sulla capacità di efficienza condizionale indotta da una maggiore rigidità muscolo-tendinea (in letteratura stiffness) che permette di "preparare" il distretto agonista all'azione, attraverso un pre-tensionamento, ancora prima che l'antagonista finisca la fase di contrazione concentrica favorendo così un effetto propulsivo "a molla". Concetto molto esplorato in letteratura nei velocisti su strada ma traslabile anche in discipline sui pattini. Questo limite condizionale riscontrato ricade dal fatto che essendo una disciplina di velocità alti livelli di co-attivazione, tra basale e follow up, possono essere coerenti con una maggiore rigidità muscolo-tendinea (stiffness) funzionale all'avanzamento e alla prestazione.

Indice di asimmetria:

ANALISI MVIC % E CO-ATTIVAZIONI (Rudolph index)				
Distretti	Analisi dx 1 (propulsion- recovery) tempo 0	Analisi sx 1 tempo 0	Analisi dx 1 follow up	Analisi sx 1 follow up
Vasto laterale	229.1 - 152.4 uV	<u>310.1 - 267.2 uV</u>	162.2 - <u>195.7 uV</u>	<u>235.8 - 186.3 uV</u>
Bicipite femorale	21.9 - 30.3 uV	<u>29.1 - 43.7 uV</u>	19.4 - 29 uV	<u>30 - 46.4 uV</u>
Co-attivazione	14.4 - 18.7	<u>20.8 - 28.4</u>	11.5 - 22.4	<u>17.3 - 30</u>

Tabella 2 Analisi indice asimmetrico cadetta 1 basale e follow up

ANALISI MVIC % E CO-ATTIVAZIONI (Rudolph index)				
Distretti	Analisi dx 2 tempo 0	Analisi sx 2 tempo 0	Analisi dx 2 follow up	Analisi sx 2 follow up
Medio gluteo	<u>40.9 - 51 uV</u>	35.1 - 22.2 uV	106.7 - 58.7 uV	<u>117 - 80.2</u>
Adduttore lungo	46.8 - 66.4 uV	<u>85 - 106 uV</u>	19.9 - 18.6	<u>56.9 - 23 uV</u>
Co-attivazione	29.1 - <u>22.9</u>	<u>29.6 - 19.1</u>	11.6 - 14.9	<u>30.5 - 20.2</u>

Tabella 3 Analisi indice asimmetrico cadetta 1 basale e follow up

Interessanti sono le asimmetrie tra arto destro e sinistro che si presentano sia nella valutazione basale che nel follow up. Si può notare come nel vasto laterale il maggiore utilizzo di carico muscolare ricada sul distretto sinistro (nonostante l'atleta presenti l'emisoma destro come primario), questo accorgimento è valido sia nel basale che nel follow up (in propulsione) con la differenza che dopo sei mesi di preparazione fisica specifica tale asimmetria sembra essersi leggermente assottigliata presentando anche valori di attivazioni e di co-attivazioni meno marcate (tabella 2). La medesima osservazione viene fatta anche per il bicipite femorale in cui i valori registrati sull'emisoma sinistro risaltano maggiormente. Da notare attentamente come le differenze di co-attivazione tra destra (14.4 contro 18.7) e sinistra (20.8 contro 28.4) nel basale, durante il recupero, siano meno marcate rispetto a quelle presenti nell'analisi di controllo (dx: 11.5 - 22.4 contro sx: 17.3 - 30). Questa differenza è dovuta dal maggiore pre-tensionamento muscolare che si viene a creare durante la seconda fase del ciclo, in cui il distretto antagonista appunto si pre-tensiona favorendo il maggior recupero della gamba nel minor tempo possibile. A conferma di ciò si può osservare infatti come i valori di rialzo nell'analisi co-attivazionale siano maggiori durante la seconda fase del ciclo (dx: 18.7 contro 22.4, sx: 28.4 contro 30). Per quanto concerne l'analisi del medio gluteo si può osservare come il rialzo in termini di MVIC % ricada maggiormente sul sinistro, a seguito del condizionamento di 6 mesi. Questo permette di evidenziare come il carico maggiore sia stato più evidente nel distretto di sinistra per tale atleta cadetta (tabella 3). Si riconferma tale teoria anche prendendo in considerazione l'adduttore lungo in cui i valori tra basale e follow up risultano presentare maggiore rialzo nella valutazione dell'emisoma di sinistra. Per quanto riguarda le co-attivazioni si registra come nel lato sx

la valutazione pre (29.6 contro 19.1) presenti una maggiore differenza rispetto al controlaterale (29.1 contro 22.9) in particolare sulla seconda fase del ciclo in cui il valore sx presenti rilievi meno marcati, ma più evidenti nella prima fase. Nelle acquisizioni di controllo, l'emisoma sinistro presenta dei rialzi nettamente più marcati rispetto al controlaterale (dx: 11.6 - 14.9 contro sx: 30.5 - 20.2), particolarità molto evidente durante la prima fase del ciclo. Questi valori permettono di indicarci che l'emisoma sinistro sembra aver incrementato il condizionamento motorio tra pre e post valutazione, ma ci danno anche l'idea che l'atleta lo sfrutti in maniera molto più marcata rispetto al basale non essendo esente da un possibile quadro di eccessivo carico e lesione (vista anche la giovane età della cadetta). Questa valutazione permette di dare un'indicazione teorica sulle possibili asimmetrie che si possono riscontrare tra i due emisomi corporei permettendo agli addetti ai lavori (chinesiologi e fisioterapisti) di compensare senza andare a incrementare tale stato asimmetrico. Per cui risulta uno strumento utile da tenere in considerazione durante una preparazione fisica iniziale e in piena stagione gara oltre che come monitoraggio preventivo e in caso di rientro in gara (post riabilitazione).

6.1.1.c Valutazione cadetta 2 basale e follow up

Analisi cinematica:

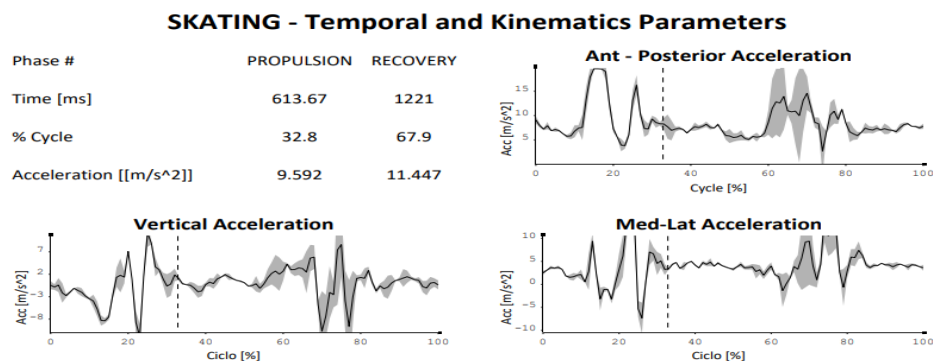


Figura 20 Analisi cinematica cadetta 2 tempo 0

destra

SKATING - Temporal and Kinematics Parameters

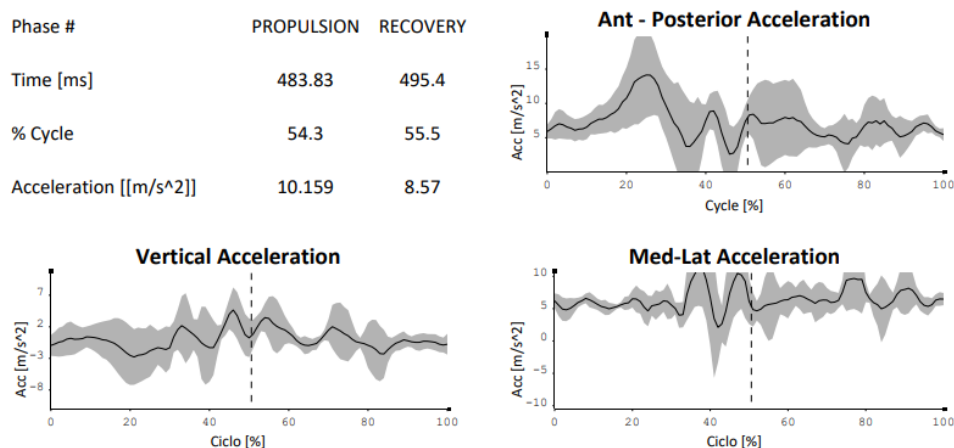


Figura 21 Analisi cinematica cadetta 2 follow up
destra

Ponendo l'attenzione sulla cinematica della seconda cadetta si osserva nettamente come tra il basale e il follow up siano presenti delle differenze nella pattinata in termini di percentuale di esecuzione del ciclo (basale propulsion: 32.8 contro follow up propulsion: 54.3, basale recovery: 67.9 contro follow up recovery: 55.5). Questa prima indicazione ci dà conferma che la cadetta ha migliorato la capacità tecnica senza anticipare troppo l'azione di recupero della gamba. Con questo risultato si può mettere in evidenza come anche i valori accelerativi medi abbiano subito delle modifiche, presentando un leggero rialzo durante la prima fase di pattinata ma un abbassamento durante la seconda.

Analisi EMG:

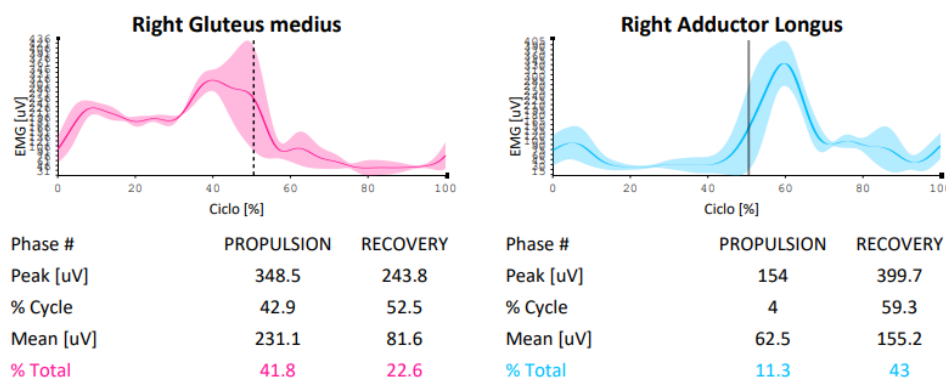


Figura 22 Analisi EMG cadetta 2 tempo 0

destra 2

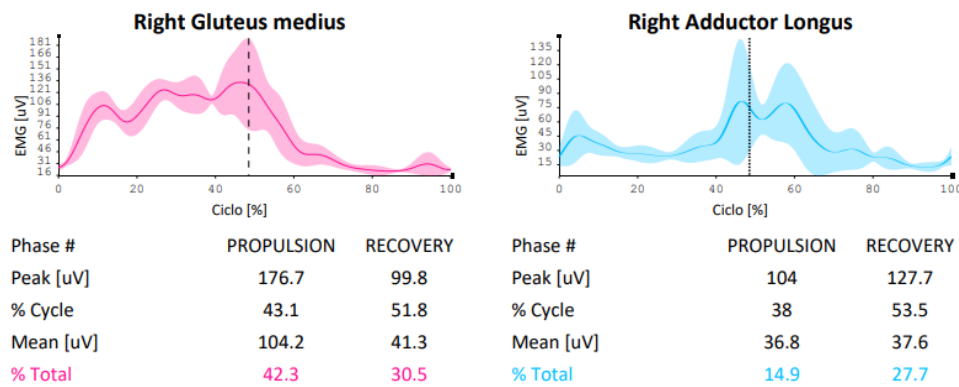


Figura 23 Analisi EMG cadetta 2 follow up

destra 2

Quando parliamo di segnale elettromiografico l'attenzione viene posta sui distretti che vengono maggiormente sollecitati durante l'intero ciclo di pattinata. Nelle prime acquisizioni della cadetta 1 erano stati presi in esame altri due distretti muscolari (tibiale anteriore e soleo) per la spiccata differenza che si era riscontrata, contrariamente a questa valutazione in cui tale cadetta presenta delle differenze in altri distretti. Questo ci permette di confermare come nonostante si parli di giovani atlete, il corpo umano agisca in maniera totalmente soggettiva, inducendo dei cambiamenti specifici su distretti muscolari che per altri soggetti non sono evidenti o in egual misura.

Il medio gluteo durante l'azione propulsiva, nell'analisi basale (348.5 uV), presenta dei valori nettamente superiori rispetto all'analisi di controllo (176.7 uV), evidenti anche nella fase di recupero in cui il distretto sembra presentare un alto livello di attivazione (pre: 243.8 uV contro post: 99.8 uV). Questo ad indicarci come la cadetta prima del condizionamento motorio caricasse in maniera importante tale distretto muscolare, magari con alte prestazioni ma assolutamente non esente da un rischio di lesione muscolare, considerando anche una tecnica non perfettamente controllata, a conferma degli spiccati rilievi basali.

Similitudine viene posta anche per l'adduttore in cui i ragionamenti risultano sovrapponibili a quanto detto poco fa: l'azione basale risulta nettamente superiore rispetto a quella del follow up sia in fase di "propulsion" (pre: 154 uV contro post: 104 uV) che di "recovery" (pre: 399.7 uV contro post: 127.7 uV). Vista la possibilità di tali atleti di andare in contro a lesioni da sovraccarico all'adduttore lungo l'analisi basale della fase di "recovery" dovrebbe essere interpretata sia dal chinesiologo che dal fisioterapista come un grosso indice di lesione muscolare da trattare e prevenire.

Analisi MVIC % e co-attivazioni:

Distretto analizzato:	Picco MVIC % (uV) Tempo 0 (propulsion- recovery)	Picco MVIC % (uV) Follow up	% intervento muscolare (%) Tempo 0 (propulsion- recovery)	% intervento muscolare (%) Follow up
Tibiale anteriore	<u>91.9 - 66.1</u>	52.3 - 32.5	<u>27.7 - 27</u>	27.3 - 25.4
Soleo	<u>113.8 - 173</u>	109.8 - 84.1	18.3 - <u>22.9</u>	<u>19.3</u> - 20.7
Gluteo massimo	96.2 - 61.6	<u>112.5 - 67.7</u>	<u>31.7 - 12.3</u>	26 - 11.4
Retto femorale	<u>89.9 - 104.8</u>	42.2 - 47.6	15.2 - 22	<u>16.8 - 30.4</u>

Tabella 4 Analisi MVIC % cadetta 2 tempo 0 - follow up

destra 1 e 2

Nella tabella seguente (tabella 4) non sono stati presi in considerazione i rilievi del medio gluteo e dell'adduttore lungo, precedentemente considerati nella valutazione della cadetta 1, dato dal fatto che tra il pre e post valutazione non erano presenti evidenti cambi di segnale sia per l'MVIC % che per la percentuale di intervento muscolare. Analizzando la tabella appena citata possiamo evidenziare come sia il tibiale anteriore che il soleo presentano segnali di picco di MVIC % più marcati nel basale (tabella 4) con un interessamento percentuale muscolare che presenta delle similitudini. Come visto e ripetuto precedentemente l'abbassamento di segnale evidenziata tra l'analisi al tempo 0 contro quella del follow up danno indicazione sul fatto che il movimento e l'attività compiuta prima del condizionamento fosse troppo marcata e la cadetta utilizzasse in maniera troppo eccessiva i singoli distretti senza una coerente attivazione anche di altri distretti agonisti al movimento. Medesimo accorgimento per quanto concerne il retto del femore in cui i valori basali sono nettamente più alti rispetto al follow up. Quadro di valutazione contraria per il grande gluteo, in cui il post valutazione ha messo in luce un leggero rialzo del segnale, con percentuali di intervento muscolare pressoché simili, probabilmente per una miglior capacità di stabilizzazione e controllo del movimento di pattinata. Con questo pensiero ci si accorge come l'incremento post condizionamento a livello del gluteo massimo e il contrario aspetto rilevato per il retto femorale, ci portano a concludere che si sono acquisite ascese e discese nel livello di MVIC % proporzionale alle richieste del movimento svolto. A tal proposito all'aumentare di un distretto (gluteo massimo) decresce l'antagonista (retto del femore), questo però a discapito di creare delle importanti asimmetrie tra i segnali agonisti e antagonisti della coscia in particolare durante la fase propulsiva alterandone anche le co-attivazioni (Figura 25 b e 26 b).

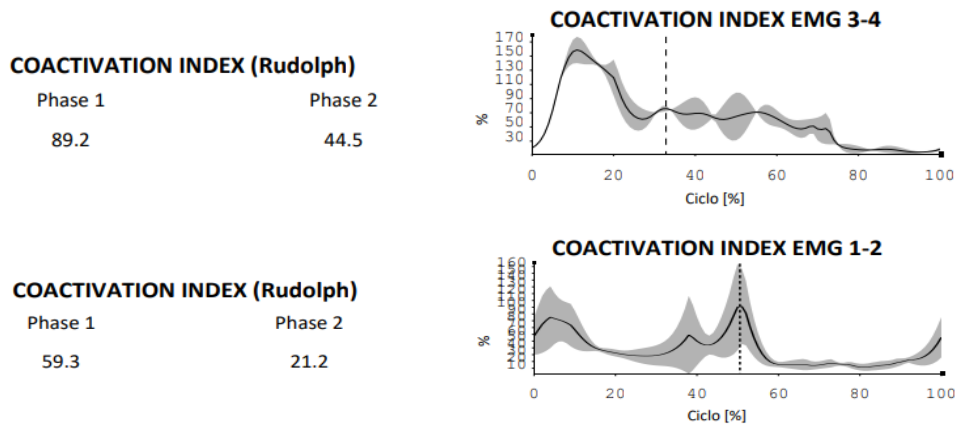


Figura 24 a-b Analisi co-attivazione cadetta 2 tempo 0
 tibiale anteriore-soleo (a) grande gluteo-retto femorale (b)
 destra 1-2

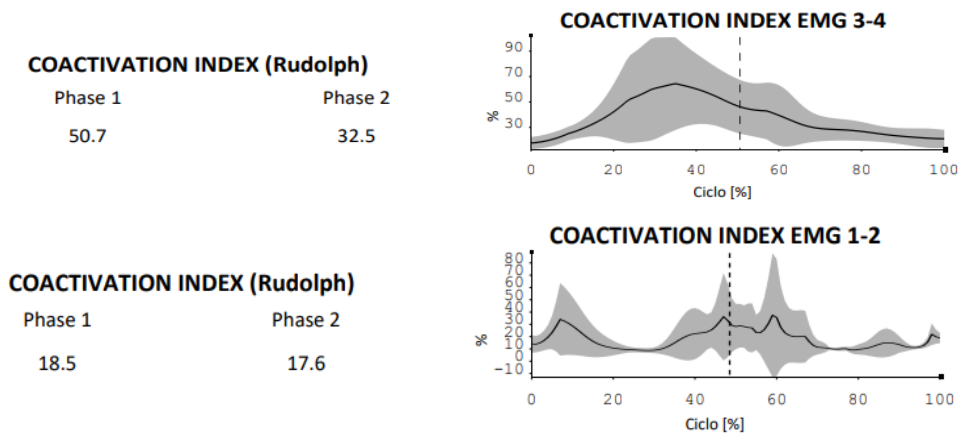


Figura 25 a-b Analisi co-attivazione cadetta 2 follow up
 tibiale anteriore-soleo (a) grande gluteo-retto femorale (b)
 destra 1-2

I livelli di co-attivazione ci indicano come nell'analisi relativa ai distretti di destra 2 (grande gluteo e retto femorale) l'indice sia nettamente più basso durante la valutazione di controllo nella fase propulsiva (pre: 59.3 contro post: 18.5). Questo, per quanto emerso precedentemente dal segnale di MVIC % per tali distretti, deve richiamare l'attenzione in quanto l'eccessivo calo in termini di indice co-attivante, in particolare nelle discipline che richiede di gestualità veloci, indica una non perfetta coordinazione tra agonista e antagonista portando nel tempo a creare disequilibri anche in termini di capacità contrattile a spese in seguito del distretto meno prestante.

Guardando i restanti distretti di analisi (tibiale anteriore e soleo) possiamo notare come anche in questo caso i valori di indice siano calati sia nella fase propulsiva (pre: 89.2 contro post: 50.7) che di recupero (pre: 44.5 contro post: 32.5). In letteratura, ad oggi, non sono rappresentati come distretti ad alto rischio di lesione da sovraccarico, ma presentando indici mediamente alti rispetto ad altre valutazioni prese in esame l'addetto al lavoro deve porre attenzione a questa tipologia di analisi.

Indice di asimmetria:

ANALISI MVIC % E CO-ATTIVAZIONI (Rudolph index)				
Distretti	Analisi dx 1 (propulsion- recovery) tempo 0	Analisi sx1 tempo 0	Analisi dx 1 follow up	Analisi sx 1 follow up
Vasto laterale	90.4 - 128.1	<u>194 - 212.9</u>	52.6 - 27.7	<u>118.6 - 106.4</u>
Bicipite femorale	<u>36.6 - 33</u>	30.8 - 32.3	<u>24 - 28</u>	19.4 - <u>29.6</u>
Co-attivazione	<u>33.9</u> - 17.5	26.4 - <u>20.6</u>	<u>23.8 - 24</u>	17.7 - 11.9

Tabella 5 Analisi indice asimmetrico cadetta 2 basale e follow up

ANALISI MVIC % E CO-ATTIVAZIONI (Rudolph index)				
Distretti	Analisi dx 2 (propulsion- recovery) tempo 0	Analisi sx 2 tempo 0	Analisi dx 2 follow up	Analisi sx 2 follow up
Medio gluteo	80.1 - 56.1	<u>108 - 86.5</u>	<u>81.4</u> - 46	75.8 - <u>56.3</u>
Adduttore lungo	42.8 - 111.2	<u>49.8 - 125.8</u>	<u>53.5 - 65.7</u>	32.3 - 32.8
Co-attivazione	24.2 - <u>27.1</u>	<u>33.3</u> - 25.4	<u>25.4 - 22.9</u>	22.3 - 14.9

Tabella 6 Analisi indice asimmetrico cadetta 2 basale e follow up

L'asimmetria riscontrata dalle analisi mette in evidenza in maniera marcata i rilievi tra l'emisoma destro e sinistro al tempo 0 e al controllo del vasto laterale, in cui si nota una netta predominanza dell'emisoma sinistro (arto debole). Nonostante un calo nelle valutazioni del follow up questa ascesa nel picco MVIC % del lato sinistro fa pensare al fatto che la cadetta sfrutta in maniera molto più marcata tale lato, nonostante non sia il piede forte, presumibilmente dato da un compenso dell'arto debole rispetto a quello primario che funge da principale motore nel movimento sia nella linearità che nella curva. Contrariamente viene posta l'analisi per il bicipite femorale, con valori più marcati nell'emisoma di destra ma con delle differenze non significative che possano incidere su un'asimmetria evidente e quantificabile.

Di fondamentale importanza risulta la valutazione del medio gluteo e dell'adduttore in quanto si può notare come tra il basale e il follow up si sia invertito il predominio in termini di picco. Nel basale l'emisoma con segnali di maggior rilievo era rappresentato dal sinistro, nel follow up tale primato risulta ricadere sul controlaterale presentando comunque picchi meno spiccati rispetto ai propri basali (tabella 6). In questo caso l'emisoma di destra presenta una maggior capacità di reclutamento motorio rispetto al sinistro (in rapporto al confronto basale e follow up), a vantaggio della fase di spinta, in quanto entrambi i distretti citati sono fondamentali per il completamento corretto e funzionale della pattinata.

6.1.1.d Valutazione neofita basale e follow up

L'analisi del neofita ha portato dei valori di difficile interpretazione, soprattutto nei confronti del follow up in quanto nei mesi di valutazione ha subito un infortunio (frattura di clavicola) che non gli ha permesso di completare il periodo di allenamento stabilito. Questa battuta d'arresto però ci dà nuovamente la conferma dell'importanza di queste valutazioni dimostrando che il neofita, contrariamente agli altri soggetti di studio, presenta in maniera più marcata quadri di incremento, di plateau e di decremento condizionale e funzionale.

Analisi cinematica:

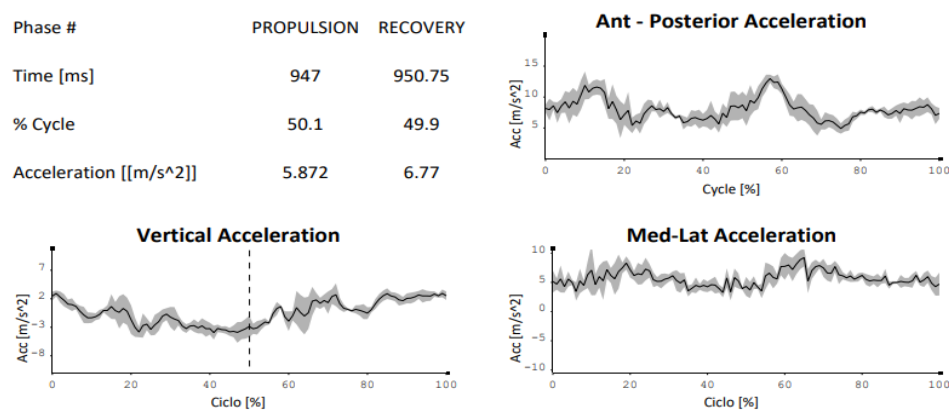


Figura 26 Analisi cinematica neofita 1 tempo 0

sinistra

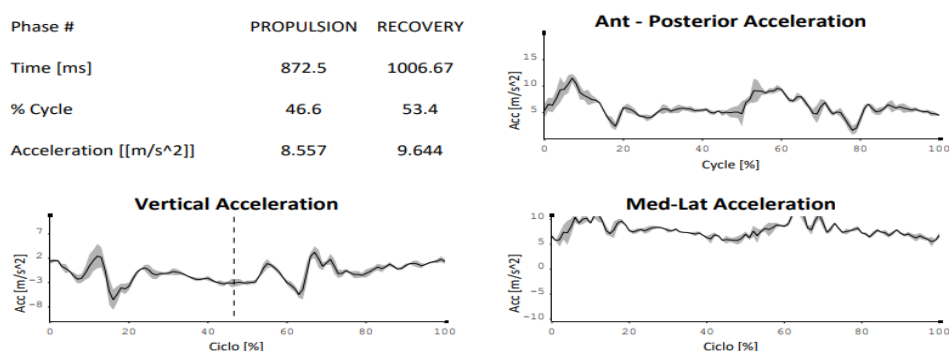


Figura 27 Analisi cinematica neofita follow up

sinistra

L'analisi cinematica relativa al neofita mette in rilievo l'andamento dell'emisoma di sinistra (distretto forte del soggetto), ponendo alla luce come i valori di accelerazione tra pre e post siano maggiormente marcati nella valutazione di controllo inducendo l'idea che il neofita presenti maggiori oscillazioni lungo i tre assi in particolare su quello medio-laterale. Mentre per le percentuali cicliche della pattinata si notano leggere discordanze sempre a favore della valutazione basale in cui riesce a sfruttare in maniera più marcata la fase propulsiva senza anticiparla in maniera importante.

Analisi EMG:

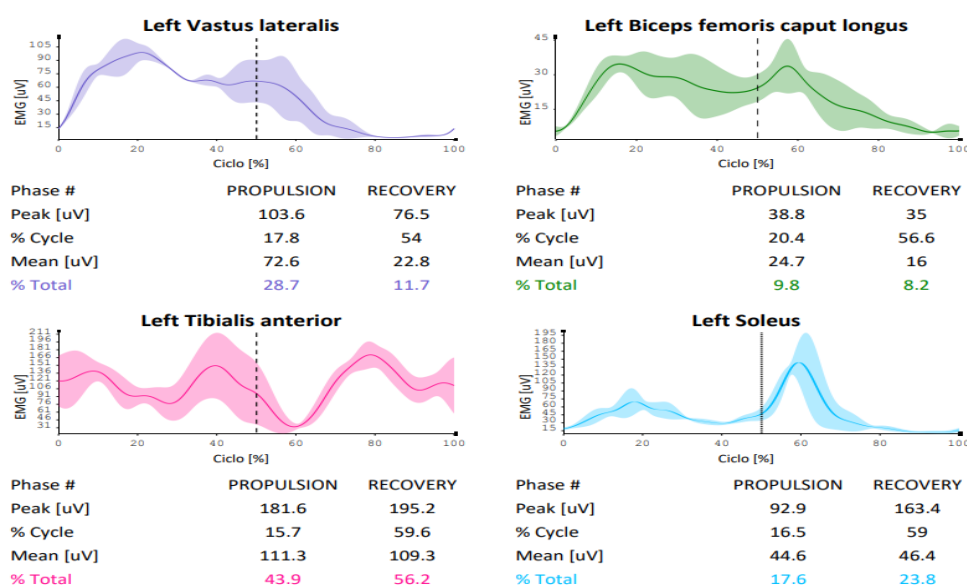


Figura 28 Analisi EMG neofita tempo 0

sinistra 1

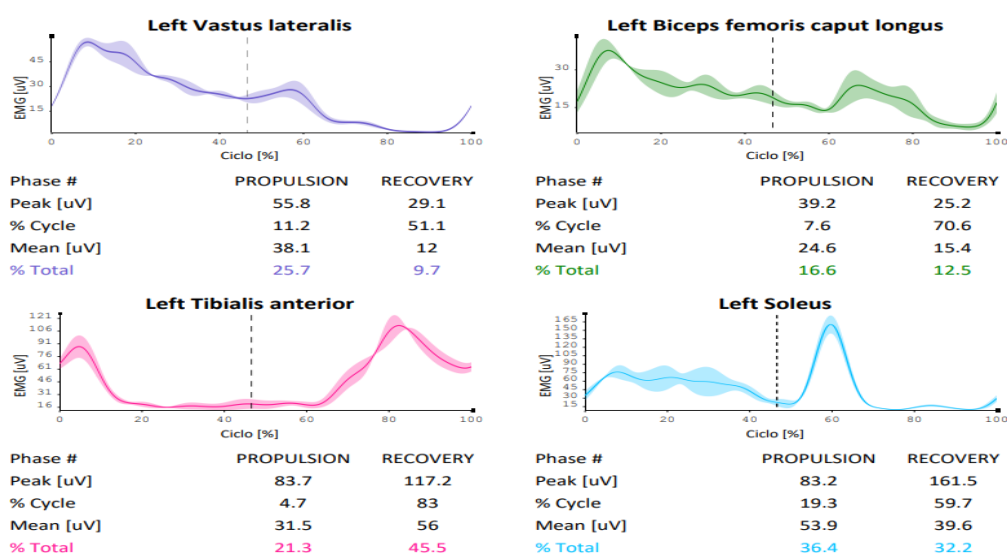


Figura 29 Analisi EMG neofita follow up

sinistra 1

Le prime impressioni sull'analisi elettromiografica registrate sul neofita ci indicano che analizzando i singoli distretti sono presenti delle differenze in termini di registrazione del picco e percentuale di interessamento muscolare.

Prendendoli in maniera settoriale, il vasto laterale e il tibiale anteriore sembrano essere i due distretti più indicati da questa affermazione. Fornendo qualche dato, per il vasto laterale abbiamo un decremento nella fase di controllo sia nella propulsione che nel recupero (basale: propulsione 103.6 e recupero 76.5 contro follow up: propulsione 55.8 e recupero 29.1). Il suo antagonista, il bicipite

femorale, presenta invece delle similitudini tra i due periodi di controllo, evidenziata anche per il soleo. L'eccezione per il soleo viene posta sulla percentuale di utilizzo muscolare nella pattinata della valutazione di controllo, con un incremento in entrambe le fasi del ciclo. Questo dato deve essere sempre tenuto in considerazione, soprattutto quando si pone l'attenzione su neofiti in quanto ci permette di indicare quanto quel singolo distretto a livello percentuale viene interessato rispetto agli altri distretti analizzati. Osservando il tibiale anteriore si può vedere come i cambiamenti drastici colpiscano non solo il picco rilevato nelle due fasi del ciclo (nettamente superiore nel basale 181.6 uV e 195.2 uV contro 83.7 uV e 117.2 uV nel follow up) ma anche sulle percentuali di interessamento muscolare che si sono ampiamente abbassate (pre: 43.9 % e 56.2 % contro post: 21.3 % e 45.5 %) interessando rialzi su altri distretti (esempio sul soleo e sul bicipite femorale).

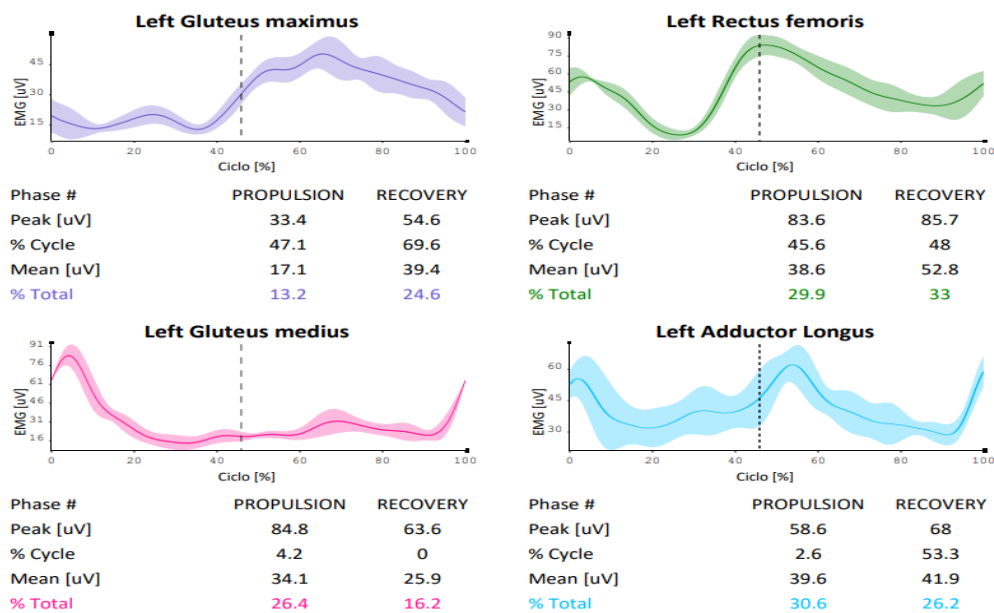


Figura 30 Analisi EMG neofita tempo 0

sinistra 2

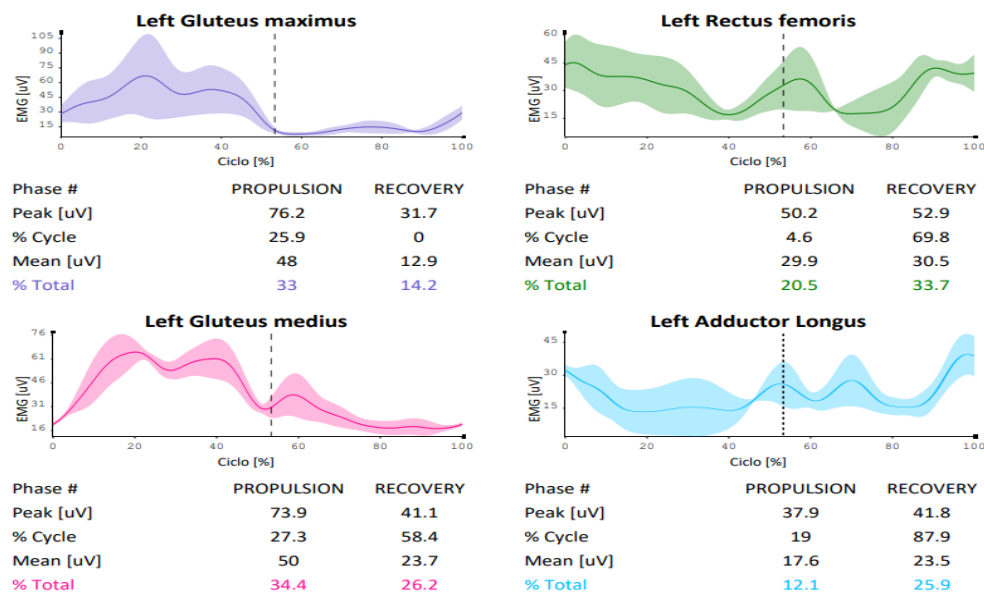


Figura 31 Analisi EMG neofita follow up

sinistra 2

In aggiunta alle prime considerazioni fatte, il quadro di valutazione dei distretti di seconda analisi ci permette di affermare come il grande gluteo abbia trovato una coerenza nel gesto nella valutazione di controllo: non solo come picco, ma osservando il grafico (figura 32) si può osservare come presenti un segnale di picco attivo durante la propulsione, contrario all'andamento nell'analisi al tempo 0. Questo dato risulta importante perché trova coerente l'attivazione con il movimento funzionale del grande gluteo, estensore della coscia, presente appunto durante la parte propulsiva. Il retto femorale presenta le medesime differenze in termini di picco (maggiori nel basale) in quanto nelle acquisizioni basali esso si presenta a ridosso del cambio del ciclo di pattinata (propulsione e recupero), contrariamente al follow up in cui sono presenti andamenti meno uniformi.

Ponendoci sui principali distretti motori del movimento di pattinata, il medio gluteo sempre graficamente presenta un punto interessante riguardante l'analisi basale con una forte attivazione iniziale, coerente con l'azione propulsiva, mentre più picchi con ascese e discese nel follow up ad indicare come l'attività muscolare di tale distretto non sia costante nel gesto. Si può osservare come l'attività muscolare interessata nella valutazione di controllo ricada maggiormente a livello dei distretti del gluteo (percentuali totali di attivazione), diversamente dal basale in cui molta richiesta è data dal retto femorale e dall'adduttore lungo. Questo ci dà l'idea che l'attività condizionale svolta dal neofita abbia permesso di sincronizzare in maniera mirata lo stimolo verso i distretti che più risultano essere funzionali per il gesto, riducendo il carico su quelli che possono presentare un maggior rischio lesivo (es: adduttore lungo). A conferma di ciò si può osservare l'analisi posta sull'adduttore lungo in cui sia le percentuali di interessamento muscolare sia i picchi, siano più coerenti nella valutazione del follow up in termini puramente preventivi. Con, comunque,

l'accortezza che deve essere posta relativa all'andamento grafico, in cui la fase di recupero (arto inferiore in adduzione) risulta maggiormente funzionale e omogenea durante la valutazione basale.

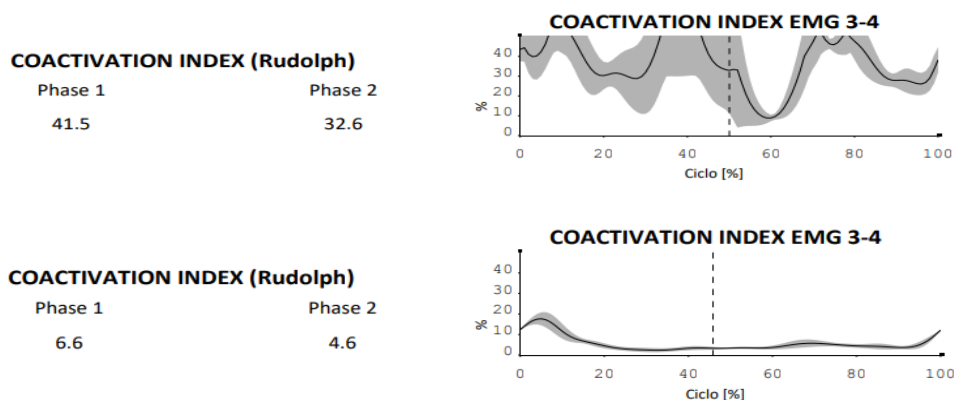
Analisi MVIC % e co-attivazioni:

Distretto analizzato:	Picco MVIC % (uV) Tempo 0 (propulsion- recovery)	Picco MVIC % (uV) Follow up	% intervento muscolare (%) Tempo 0 (propulsion- recovery)	% intervento muscolare (%) Follow up
Tibiale anteriore	<u>46.6</u> - 50.2	38 - <u>53.3</u>	<u>43.9</u> - 56.2	21.3 - 45.5
Soleo	126.3 - 222	<u>136.8</u> - 265.7	17.6 - 23.8	<u>36.4</u> - 32.2
Medio gluteo	13.2 - 9.9	<u>38.4</u> - 21.3	26.4 - 16.2	<u>34.4</u> - 26.2
Adduttore lungo	<u>45.8</u> - 53.2	17.2 - 18.9	<u>30.6</u> - 26.2	12.1 - 25.9

Tabella 7 Analisi MVIC % neofita tempo 0 - follow up

sinistra 1 e 2

Come mostrato dalla tabella 7 i rilievi del neofita sono soggette a variazioni non indifferenti nell'azione temporale dello studio. Il tibiale anteriore e l'adduttore lungo presentano segnali di MVIC % e di interessamento muscolare più marcati nella fase basale dello studio. Indicando come tali distretti fossero maggiormente condizionati durante la fase di inizio studio piuttosto che durante il controllo. La valutazione potrebbe indicare in termini preventivi un vantaggio, ma l'eccessivo calo, soprattutto rilevato nell'adduttore lungo, potrebbe segnalare un condizionamento muscolare represso rispetto al tempo 0, punto focale per il chinesologo ma anche per il fisioterapista in maniera tale da reiterare il piano di strutturazione condizionale a valori di funzionalità più marcati. Il discorso opposto viene emesso analizzando i restanti due distretti soleo e medio gluteo. In particolare, si segnala l'incremento del medio gluteo a indici di attivazione più alti, utili alla dinamica del pattern. Ponendo dei riguardi sulla valutazione del soleo possiamo evidenziare attività muscolari più marcate che possano incidere su un eccessivo carico distrettuale (considerando anche il muscolo stesso) ma comunque in vicinanza ai livelli basali di picco.



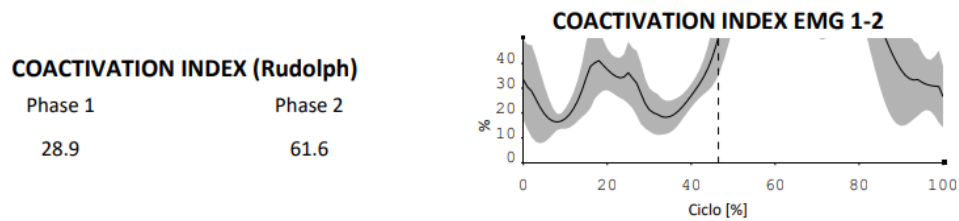


Figura 32 a-b-c Analisi co-attivazione neofita tempo 0
 tibiale anteriore-soleo (a) medio gluteo-adduttore lungo (b) grande gluteo-retto femorale (c)
 destra 1-2

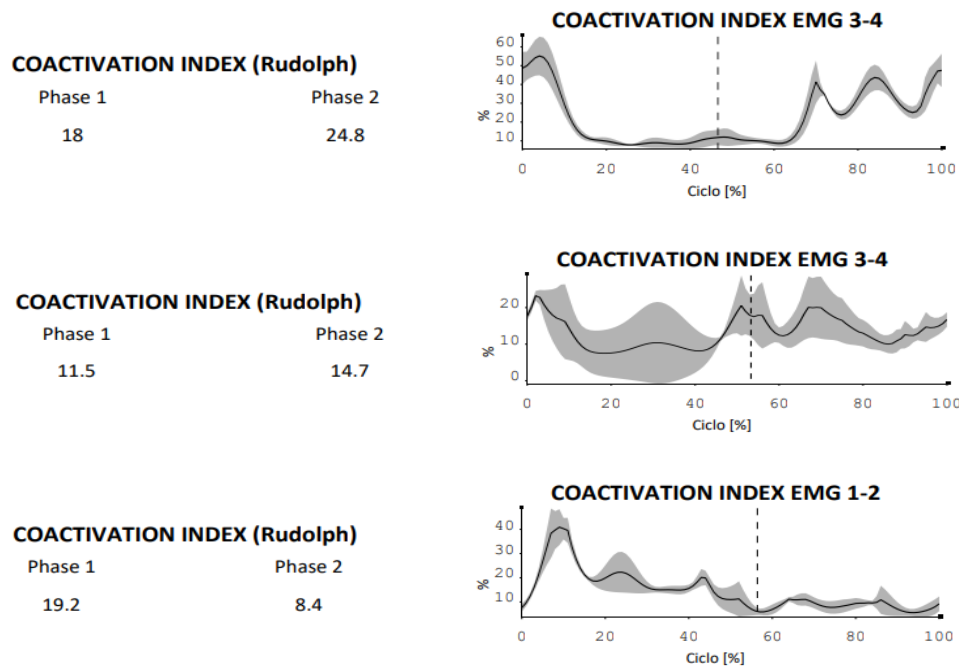


Figura 33 a-b-c Analisi co-attivazione neofita follow up
 tibiale anteriore-soleo (a) medio gluteo-adduttore lungo (b) grande gluteo-retto femorale (c)
 destra 1-2

Gli indici co-attivazionali permettono di darci riferimenti sulle capacità di contrazione e rilasciamento muscolare. La valutazione sul neofita ci permette di indicare come tali rilievi presentino dei cambiamenti nelle due valutazioni. I più evidenti riguardano in primis il confronto tibiale anteriore-soleo tra basale (41.5 e 32.6) e follow up (18 e 24.8) il cui decrescente valore prospetta utilità nella prevenzione e nel contrasto al sovraccarico ma non sopportate dal contesto prestazionale. Contrariamente il leggero incremento tra il medio gluteo e l'adduttore lungo permette di affermare un aumento della capacità pre-tensoria agonista-antagonista usufruibile prestazionalmente. Ipotesi supportata anche dagli incrementi osservati precedentemente in termini di MVIC % sul medio gluteo. Il confronto tra il grande gluteo e il retto femorale permette di evidenziare come i valori siano nettamente decrementati tra la valutazione basale (28.9 e 61.6) e il follow up (19.2 e 8.4). Di

fondamentale interesse è la seconda fase, il recupero, in cui il valore di co-attivazione subisce una notevole flessione, utile ad indicare come l'attività specifica abbia incrementato la coordinazione nello stato di accorciamento e rilasciamento di questi due distretti, sia in propulsione che in recupero. Come si è potuto concordare con la letteratura [23] un abbassamento del valore di co-attivazione durante la fase di recupero tra il grande gluteo e il retto femorale, rappresenta un indicatore funzionale di incremento prestazionale. Importante acquisizione per l'analisi di questo studio di tesi sperimentale.

Indice di asimmetria:

ANALISI MVIC % E CO-ATTIVAZIONI (Rudolph index)				
Distretti	Analisi dx 1 (propulsion- recovery) tempo 0	Analisi sx1 tempo 0	Analisi dx 1 follow up	Analisi sx 1 follow up
Vasto laterale	<u>378.3 - 398.7</u>	74.3 - 54.9	<u>37.3 - 69.8</u>	30.3 - 15.8
Bicipite femorale	19.7 - <u>28.4</u>	<u>19.8</u> - 17.8	<u>13.8 - 17</u>	11.2 - 7.2
Co-attivazione	13 - <u>17.7</u>	<u>16.2</u> - 12	<u>12.7 - 11.2</u>	9.6 - 5.6

Tabella 8 Analisi indice asimmetrico neofita basale e follow up

L'asimmetria che possiamo maggiormente tenere in considerazione è data dai distretti del vasto laterale, con valori decisamente in rialzo nel destro, presente sia nel basale che nel follow up (tabella 8). L'altissimo picco rilevato nell'emisoma di destra permette di evidenziare come tale distretto sia sollecitato in maniera eccessiva rispetto al controlaterale, presumibilmente dalla precaria coordinazione da parte del neofita nell'avanzare con l'emisoma "debole". Questo induce a movimenti e interventi muscolari nettamente superiori alla normalità portando a possibili quadri lesivi. Per quanto riguarda il bicipite femorale le asimmetrie sono meno marcate rispetto all'antagonista appena citato, si osserva un rialzo nella fase di recupero nell'analisi basale di destra (dx: 28.4 contro sx: 17.8), riconfermata ma con rilievi meno marcati nel follow up sempre di destra (13.8 uV - 17 uV).

Sembrerebbe che l'arto di destra venga maggiormente sfruttato durante l'intero ciclo, nonostante sia l'emisoma "debole", questo indizio risulta importante da considerare durante la preparazione fisica in maniera tale da assottigliare tali differenze. In quanto in termini di apprendimento e condizionamento motorio il neofita può presentare valori di incremento, più marcati rispetto all'atleta professionista per il fatto che quest'ultima ha già raggiunto il limite genetico e ridotto ai minimi il deficit di forza.

ANALISI MVIC % E CO-ATTIVAZIONI (Rudolph index)				
Distretti	Analisi dx 2 (propulsion- recovery) tempo 0	Analisi sx 2 tempo 0	Analisi dx 2 follow up	Analisi sx 2 follow up
Medio gluteo	<u>27.3 - 10.2</u>	13.2 - 9.9	35.2 - 13.5	<u>38.4 - 21.3</u>
Adduttore lungo	41.7 - 38.8	<u>45.8 - 53.2</u>	<u>29.7 - 21.5</u>	17.2 - 18.9
Co-attivazione	<u>23.8 - 8</u>	6.6 - 4.6	<u>19.1 - 15.5</u>	11.5 - 14.7

Tabella 9 Analisi indice asimmetrico neofita basale e follow up

Il medio gluteo presentando le caratteristiche di precursore all'avanzamento risulta essere il dato da tenere in grande considerazione per l'analisi di studio. Emerge da ciò come tra il basale e il follow up i picchi presentino variazioni, precisamente al basale l'emilato di destra sembrava essere il distretto con maggior interessamento muscolare (tabella 9). A seguito del periodo di condizionamento fisico, sembrerebbe essersi incrementato nel distretto di sinistra presentando rilievi più marcati sia rispetto al basale sullo stesso lato (pre sx: 13.2 - 9.9 contro post sx: 38.4 - 21.3) sia a conferma della differenza simmetrica tra gli emilati (dx: 35.2 - 13.5 contro 38.4 - 21.3). Questo per l'ennesima conferma che il medio gluteo in maniera oggettiva ha subito degli incrementi positivi alla funzionalità prestativa sia nell'emilato di destra che di sinistra. Per quanto emerso dall'adduttore lungo, la valutazione viene posta in maniera contraria, con rilievi spiccati a sinistra nel basale (45.8 - 53.2), ma con forte decrementi nel follow up sia nell'emilato di destra (pre: 41.7 - 38.8 contro post: 29.7 - 21.5) che di sinistra (17.2 - 18.9). Questi valori a ribasso, vista l'ampia ricerca in letteratura sul possibile carico e rischio lesione all'adduttore, in termini preventivi funge da parametro positivo e focale, associato a valori di co-attivazione non troppo marcati ma coerenti con l'incremento della MVIC % (es: pre sx: 6.6 - 4.6 contro post sx: 11.5 - 14.7 associato all'incremento del medio gluteo e decremento adduttore lungo). In quanto un eccessivo sovraccarico a tale distretto in particolare durante l'azione di recupero, dove il reclutamento è massimo, a lungo termine porterebbe il preparatore atletico e il fisioterapista a riscontri negativi di valutazione. Nel riscontro terminale si può evidenziare una leggera asimmetria iniziale, assolutamente non marcata, alla quale il periodo di condizionamento, a cui è stato sottoposto il neofita, ha permesso di assottigliare in maniera oggettivamente positiva.

6.1.2 Confronto modello prestazionale con popolazione campionaria

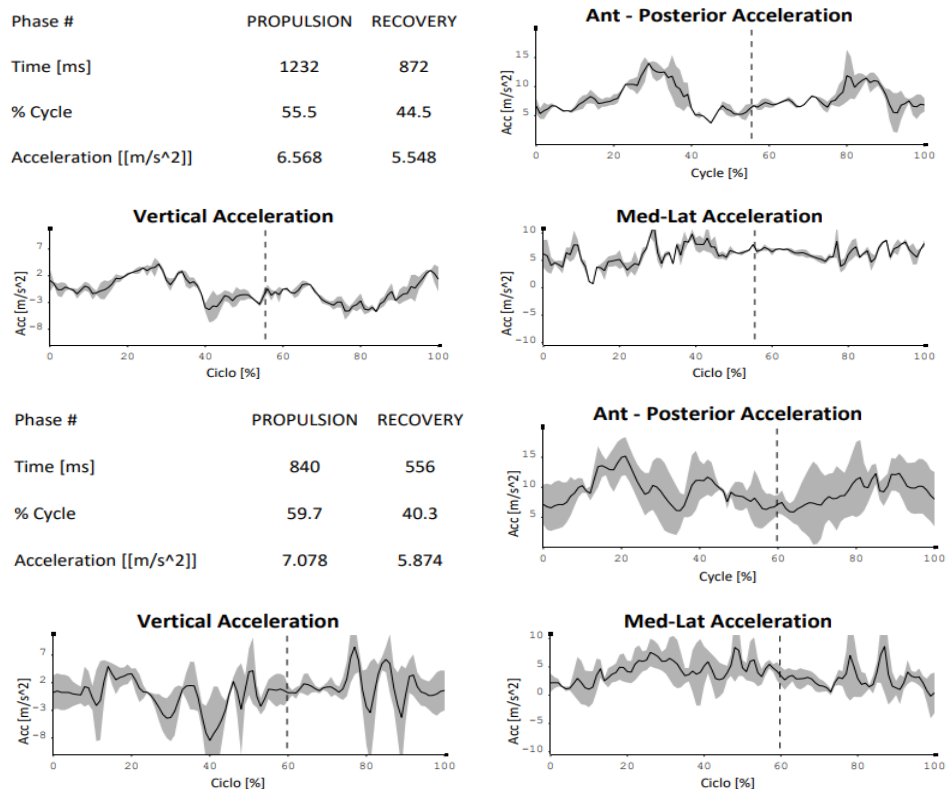
L'analisi posta per lo studio oltre ad analizzare le valutazioni basali e i follow up di tutti i soggetti che sono stati reclutati per le valutazioni, inserisce e considera di grossa rilevanza anche i confronti fatti tra tutti i campionamenti considerati.

Punto focale del capitolo e della tesi è permettere di osservare se i soggetti reclutati si avvicinano o meno al modello prestazionale preso come riferimento, in particolare dopo i 6 mesi di condizionamento specifico alla disciplina.

Questo per mettere in evidenza non solo la condizione prestazionale dei singoli, rapportati con una campionessa del mondo, ma anche come riferimento oggettivo per le caratteristiche intrinseche dei soggetti.

6.1.2.a Atleta d'élite - cadette 1-2

Analisi cinematica:



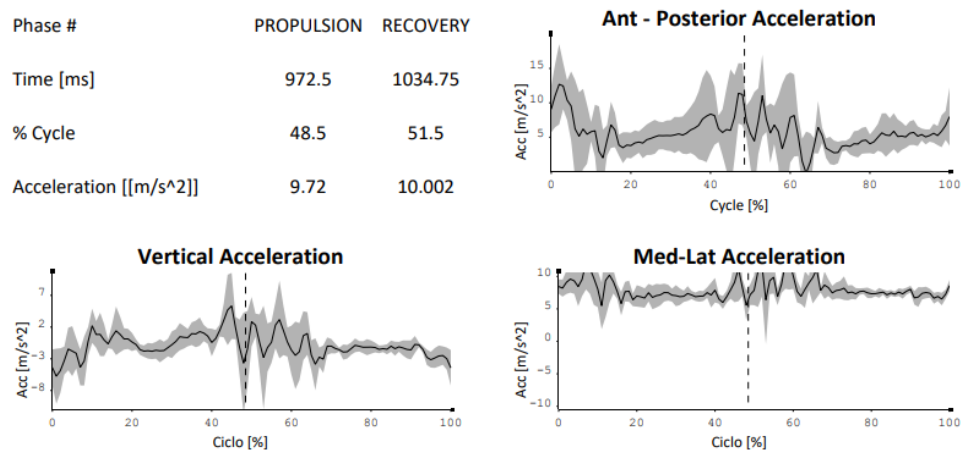
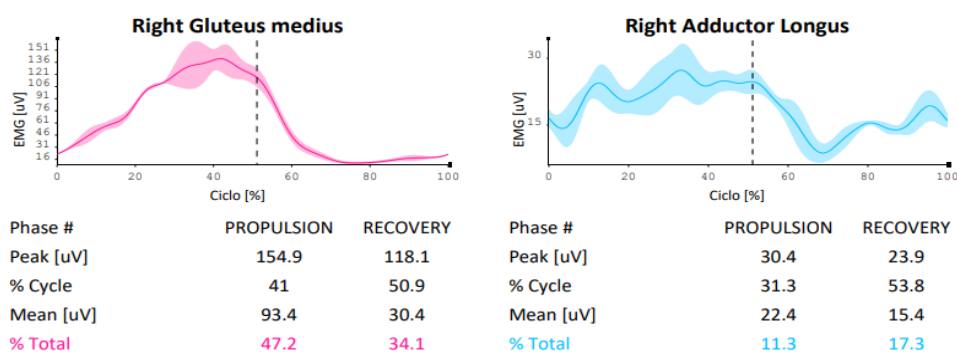


Figura 34 a-b-c Confronto cinematico emisoma di destra atleta d'élite (a) - cadetta 1 (b) - cadetta 2 (c)

Il confronto cinematico rappresenta il punto su cui si basa il controllo tecnico della pattinata. Come possiamo vedere dalle immagini (figura 36 a-b-c) i valori di riferimento ricadono sulle percentuali del ciclo di pattinata e sulle medie accelerative sui tre assi. Si mette alla luce che l'andamento tecnico più vicino al modello prestazionale ricade sulla cadetta 1 (figura 36 b) in quanto sia in termini percentuali che a livello accelerativo si sovrappone a quello dell'atleta d'élite. Cosa meno evidente con la cadetta 2 in quanto la fase sia di "propulsion" che di "recovery" risultano essere nettamente dislocate rispetto al modello, per non parlare dei valori accelerativi e delle indicazioni grafiche. Soffermandoci su tali risultati si può affermare che a seguito del condizionamento fisico la cadetta 1 si avvicina tecnicamente di più al modello prestazionale.

Analisi EMG:



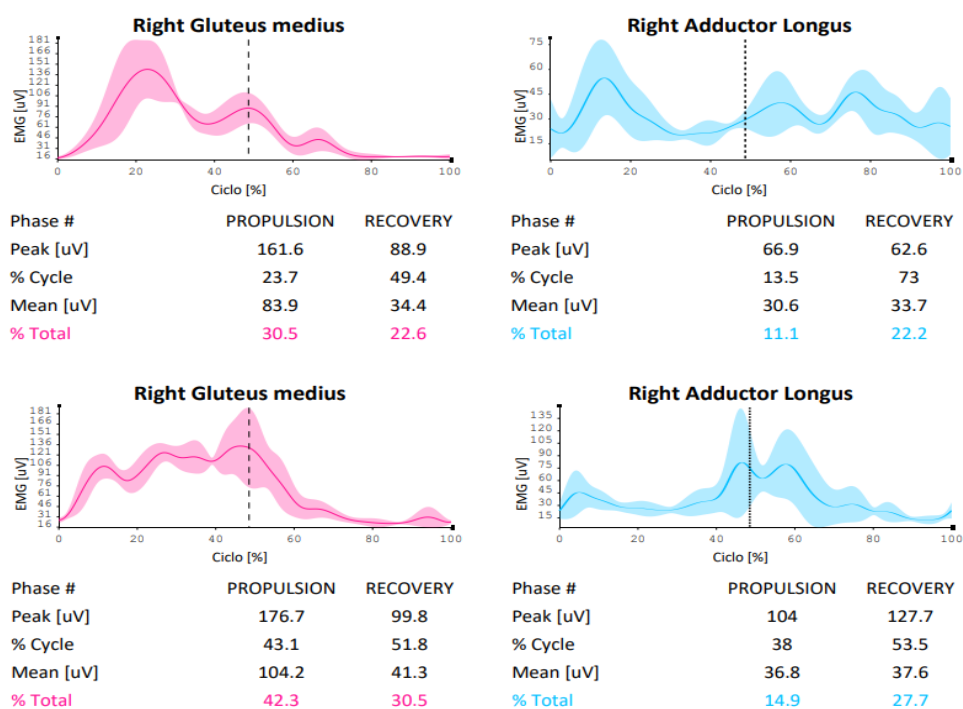


Figura 35 a-b-c Confronto EMG emisoma di destra 2 atleta d'élite (a) - cadetta 1 (b) - cadetta 2 (c)

Nel confronto elettromiografico sui principali distretti di interesse per l'avanzamento e maggiormente sovraccaricati durante la pattinata, ci permette di osservare come la cadetta 1 presenti delle diversità rispetto al modello, sia nei termini di percentuale di interessamento muscolare che di andamento grafico, in cui sembra non sfruttare al meglio l'azione del distretto muscolare per l'intera azione propulsiva. Diversamente dalla cadetta 2 che invece presenta maggiori somiglianze grafiche e rilievi numerici in confronto con l'atleta d'élite.

L'analisi condotta sull'adduttore conduce rilievi differenti da quanto appena enunciato per entrambe le cadette in quanto si osservano eccessivi picchi di reclutamento motorio durante la fase propulsiva in rapporto al modello, con ulteriori eccessi durante l'azione di recupero, rafforzando l'idea che tale risultato possa indurre a sovraccarichi eccessivi le atlete. Tale considerazione risulta essere nettamente più marcata nella cadetta 2, per cui da questi rilievi risulta fondamentale l'intervento del chinesiologo e del fisioterapista per contrastare non solo la lesione acuta in sé, ma ridurre la cronicità del sovraccarico per contrastare le ripercussioni su un possibile quadro epidemiologico delle giovani atlete.

Analisi co-attivazioni:

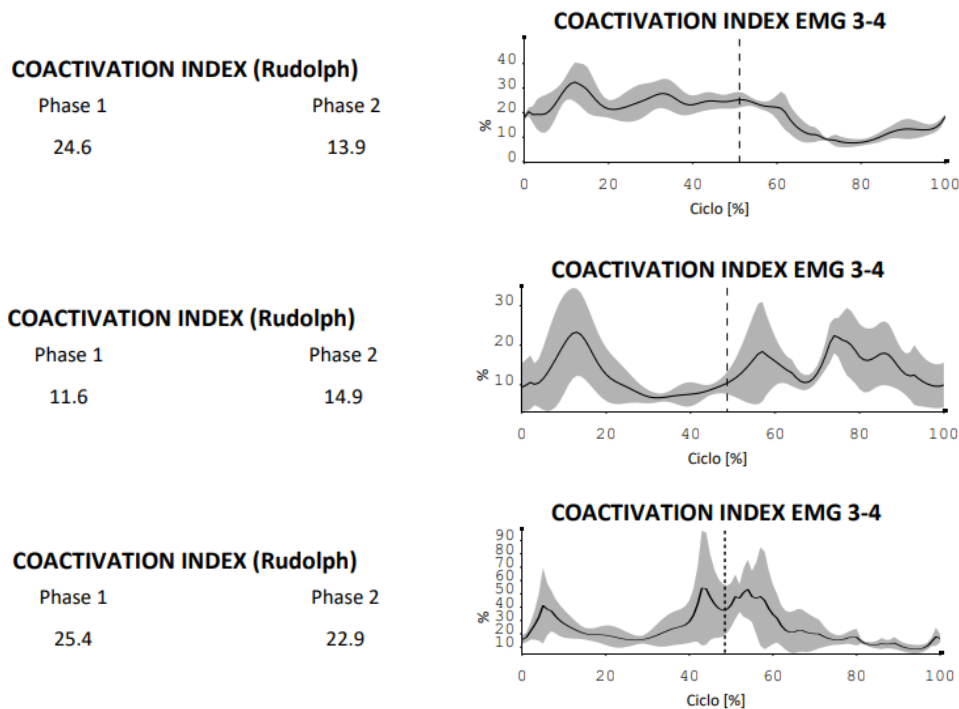


Figura 36 a-b-c Confronto co-attivazione emisoma di destra 2 (gluteo medio-adduttore) atleta d'élite (a) - cadetta 1 (b) - cadetta 2 (c)

Provvedendo all'analisi delle rispettive co-attivazioni, la figura 38 ci mette di fronte a valori differenti e con riscontri interessanti. La prima fase della pattinata mette in ottima relazione il confronto atleta d'élite con la cadetta 2, considerando la cadetta 1 distante dal valore prestazionale. Mentre si inverte la considerazione parlando della fase due in cui la cadetta 1 si associa maggiormente al valore del modello. Con queste considerazioni si vuole ottenere un'indicazione più standardizzata possibile, in quanto i livelli di co-attivazione dipendono molto da soggettività intrinseche del soggetto e il condizionamento atletico presente. Per tale motivo sfruttiamo il modello prestazionale come indicazione soggettiva di riferimento considerando che le differenze intrinseche possano dislocare tali similitudini numeriche. L'indicazione grafica, però, rappresenta un'oggettività sulla differenza appena riscontrata tra i campionamenti, nonostante il valore numerico presenti delle similitudini.

6.1.2.b Atleta d'élite - neofita

Un confronto di notevole interesse viene posto tra il modello prestativo e il neofita. Studi recenti hanno permesso di evidenziare come l'analisi cinematica ed elettromiografica su atleti d'élite e neofiti abbia portato a riscontri utili da sfruttare nel condizionamento delle popolazioni che si vogliono inserire nella disciplina del pattinaggio (Bongiorno, G. et al. 2023). Ma non solo, in quanto tale studio permette di monitorare le differenze tra i campioni scelti oltre che il possibile quadro di lesione a cui entrambi i soggetti possono andare incontro.

Analisi cinematica:

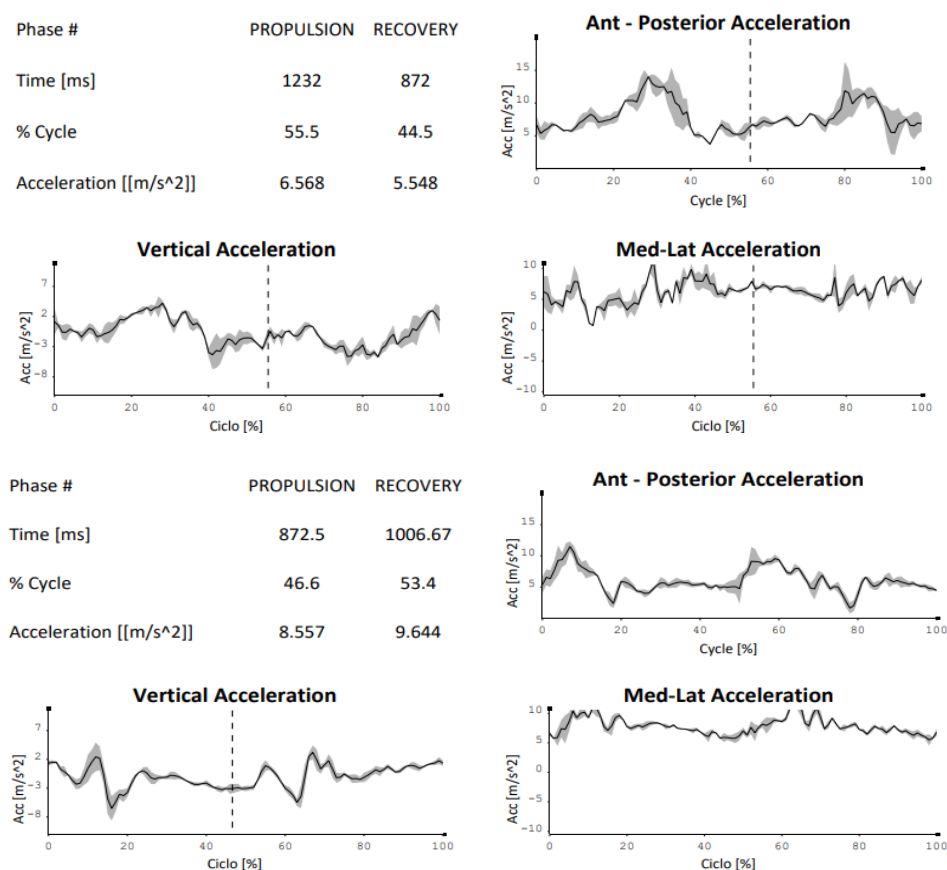


Figura 37 a-b Confronto cinematico emisoma destro atleta (a) e sinistro neofita (b)

La cinematica messa a disposizione ci permette di far emergere il limite nel gesto tecnico dell'atleta in rapporto al modello prestativo. Si nota subito come i valori percentuali del ciclo siano nettamente differenti, in cui il neofita tende ad anticipare l'azione di propulsione aumentando di conseguenza l'azione di recupero.

Altra considerazione deve essere posta a livello delle accelerazioni medie in cui il neofita tende a presentare maggiori oscillazioni lungo i tre assi alterando così la funzionalità della pattinata.

Nonostante questi accorgimenti e diverse discordanze per alcuni aspetti, i rilievi grafici sembrano presentare una buona omogeneità in particolare per l'andamento latero-mediale.

Analisi EMG:

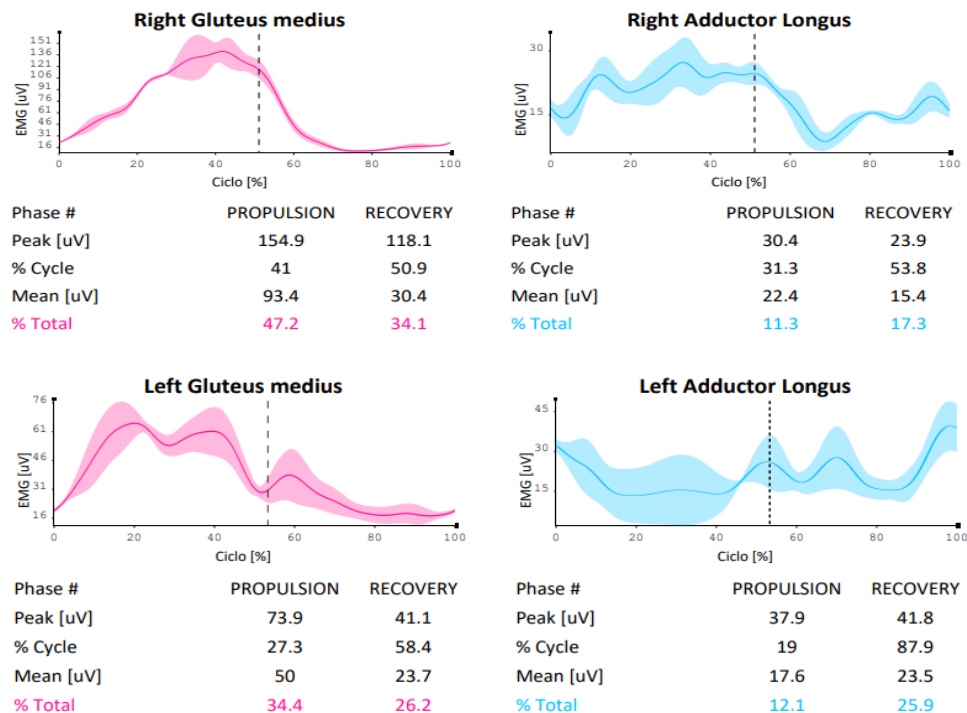


Figura 38 a-b Confronto EMG emisoma destro atleta (a) e sinistro neofita (b)

L'acquisizione posta sul medio gluteo del neofita fa emergere come i segnali di attivazione muscolare siano nettamente inferiori rispetto a quelli dell'atleta sia in fase di propulsione che di recupero. Questo dato risulta un rilievo scontato ma permette agli operatori tecnici nella preparazione atletica e nella prevenzione di sfruttare dati concreti su cui impostare la propedeutica e il condizionamento di qualsiasi popolazione presa in carico. L'attivazione a carico dell'adduttore sembra presentare riscontri simili in fase propulsiva, importante in quanto un'eccessiva attivazione poteva già dare segnali di eccessivo carico con conseguente alterazione nelle co-attivazioni. Mentre la fase di recupero riscontra valori quasi raddoppiati rispetto al modello prestativo, considerando questo dato come fisiologico vista la mancata tecnica e la condizione atletica per prevenire una sollecitazione eccessiva al distretto.

Analisi co-attivazione:

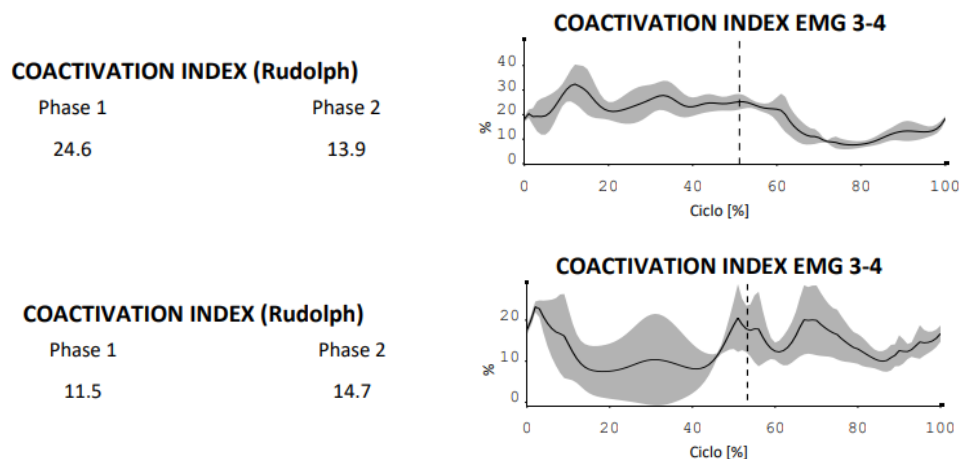


Figura 39 a-b Confronto co-attivazioni emisoma destro atleta (a) e sinistro neofita (b)

In merito all'indice co-attivazionale, nonostante la similitudine nel dato numerico in fase di recupero (fase 2) e nella ridotta co-attivazione durante la fase di propulsione, l'andamento grafico rispecchia un'eccessiva ascesa e discesa di valori (considerando anche le deviazioni standard). Mentre l'atleta presenta una quasi omogeneità nella fase propulsiva, il neofita presenta andamenti opposti con picchi e decrementi durante l'intera fase. Questo permette di indicare come nonostante il dato numerico sia vicino a quello dell'atleta d'élite, la dinamica grafica presenti stati di coordinazione agonista-antagonista molto discontinui.

6.1.3 Acquisizioni basali (tempo 0) e follow up (6 mesi) fatica

Parlando di disciplina sportiva ad alto impatto motorio e con richieste condizionali di alto livello, si sono volute esaminare anche acquisizioni in termini di fatica. Come è già stato anticipato non rappresenta una fatica metabolica, indotta da componenti fisiologici del corpo, ma una trasmissione nervosa a livello delle unità motorie (decadenza frequenza di scarica nel tempo e impegno % elettrico in mantenimento isometrico).

Concentrandosi su queste acquisizioni che in letteratura hanno trovato ampio margine di studio, teniamo in considerazione i valori basali e relativi follow up in termini di fatica muscolare di trasmissione nervosa. Anche in questa valutazione presentiamo il modello prestativo, sempre proveniente dall'atleta d'élite, permettendo poi di monitorare l'andamento basale e post condizionamento negli altri campioni di studio. In letteratura si discute in maniera marcata il concetto di fatica, non metabolica, nel campo sia clinico che sportivo agonistico. L'analisi di studio del gruppo

di ricerca di Bongiorno et al. (2023) permette di indicare lo stato di asimmetria muscolare tra i due arti inferiori, principalmente a carico del grande gluteo e del vasto laterale, in termini di fatica muscolare, con il fine di mettere a disposizione alla platea scientifica e ai professionisti del settore indicazioni utili su una futura linea guida condizionale, preventiva e possibile riabilitativa.

A partire da questo protocollo di studio vengono poste le analisi svolte sui nostri campioni di analisi soffermandoci sui valori basali e follow up permettendo di darci feedback oggettivi su eventuali asimmetrie (centralizzato sul modello prestazionale) e miglioramenti condizionali in termini di resistenza muscolare utili in ambito atletico e in ambito riabilitativo.

6.1.3.a Analisi modello prestazionale

L'analisi mette in relazione lo stato di asimmetria nel modello prestazionale tra i due lati di spinta, considerando i principali distretti agonisti del movimento di pattinata e quelli che subiscono un sovraccarico maggiore durante l'intero ciclo (gluteo medio, adduttore, grande gluteo, retto femorale, vasto laterale, bicipite femorale, tibiale anteriore, soleo e retto addominale).

Da considerare di notevole importanza, è il confronto per il retto addominale in cui tale distretto visto l'assetto forzato flessorio del busto durante l'intera pattinata, rappresenta un distretto che in condizione isometrica viene fortemente sollecitato in quanto la sua azione statica permette all'intero corpo di coordinare in maniera funzionale ogni singolo movimento. La letteratura ha confermato come nel retto addominale ci possa essere un'asimmetria tra i due emisomi, nonostante l'anatomia muscolare, considerato suscettibile alle sindromi retto adduttorie in caso di spiccata differenza tra i due ventri muscolari [17]. Queste indicazioni risultano essere fondamentali per prevenire una sintomatologia che può portare all'atleta esiti cronici e arrestare l'attività sportiva. A tal punto l'analisi delle differenze tra i lati a partire dalla valutazione dello stato di affaticamento risulta essere un dato fondamentale per contrastare esiti cronici di stress muscolo-scheletrici.

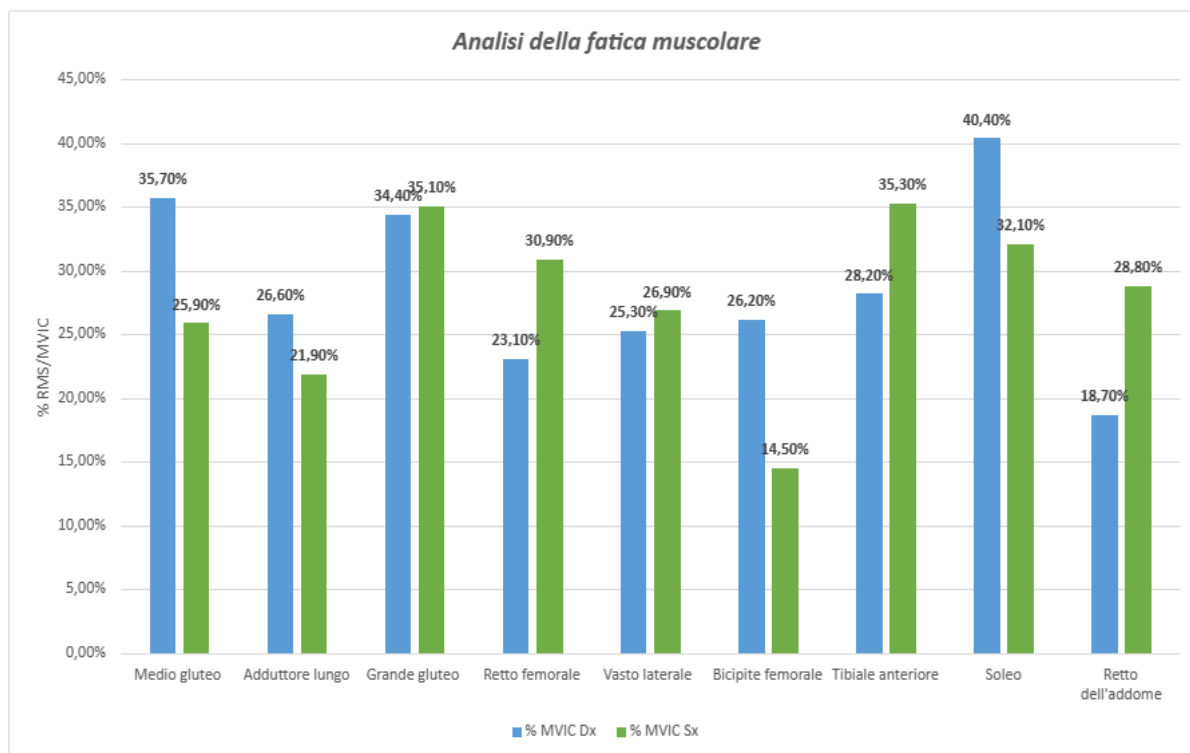


Grafico 1 Confronto analisi della fatica atleta d'élite emisoma destro e sinistro

L'analisi grafica mette in rapporto la percentuale di RMS media (radice quadratica media) necessaria per mantenere una contrazione muscolare isometrica per un minuto con la MVIC (massima contrazione isometrica volontaria): sono stati analizzati i valori relativi sia all'arto di destra che sinistra, cercando di riscontrare eventuali asimmetrie sul modello prestativo che possano essere utili agli addetti ai lavori nel contesto di prestazione atletica e preventivo. Come già sottolineato per l'interpretazione grafica dei risultati, un valore di percentuale più basso indica che il distretto muscolare presenta una maggiore capacità di resistenza muscolare allo sforzo e questa analisi è stata ampiamente confermato dalla letteratura [1, 25, 33].

Dati alla mano si afferma come il medio gluteo (principale agonista del movimento in fase propulsiva) di destra sia nettamente superiore rispetto al sinistro, indicando come l'emisoma di sinistra sembri essere quello con maggiore capacità di resistenza. Questo dato dal fatto che predominando l'azione di spinta a carico del destro, il sinistro funge maggiormente da stabilizzatore, dovute anche dalle richieste motorie durante le curve, in tal modo anche le stimolazioni muscolari, a sinistra, si adattano a carichi di resistenza maggiori (che non vuol dire più forti). Concetto sovrapponibile anche per l'adduttore lungo, il bicipite femorale e il soleo che presentano i medesimi accorgimenti. Con questi dati si può confermare come tali distretti presentino degli indici asimmetrici non indifferenti, percentualmente parlando il medio gluteo presenta una differenza del 27,50 %, per l'adduttore del 17,66 %, per il bicipite femorale del 44,66 % e del soleo pari al 20,54 %, valori di differenze asimmetriche molto rilevanti e da tenere in considerazione durante la preparazione fisica, poiché in

letteratura valori di asimmetria sono già considerati quelli dal 12,5 % al 26,5 %, dato di notevole rilievo per lo studio [25]. Considerando il grande gluteo e il vasto laterale primeggia in termini di picco l'arto di sinistra, nonostante le differenze siano minimali dandoci conferma di come non siano presenti quadri di asimmetria tra questi distretti. Percentualmente le differenze presenti sono del 1,99 % nel grande gluteo e del 5,95% nel vasto laterale, valori non rientranti in un'asimmetria.

Ultime considerazioni vengono poste sul retto femorale, sul tibiale anteriore e sul retto addominale in cui i dati dimostrano come l'arto di destra presenti una maggiore capacità di resistenza muscolare, in quanto il valore di sinistra risulta essere per tutti più marcato. Precisamente lo stato asimmetrico presenta valori del 25,24 % per il retto femorale, del 20,11 % per il tibiale anteriore e del 35,07 % per il retto addominale.

Come confermato tutti i valori al di sopra delle percentuali di riferimento rappresentano un punto importante da considerare per un piano condizionale e preventivo al fine di non creare danni al sistema locomotorio sia attivo che passivo.

6.1.3.b Cadetta 1 basale e follow up

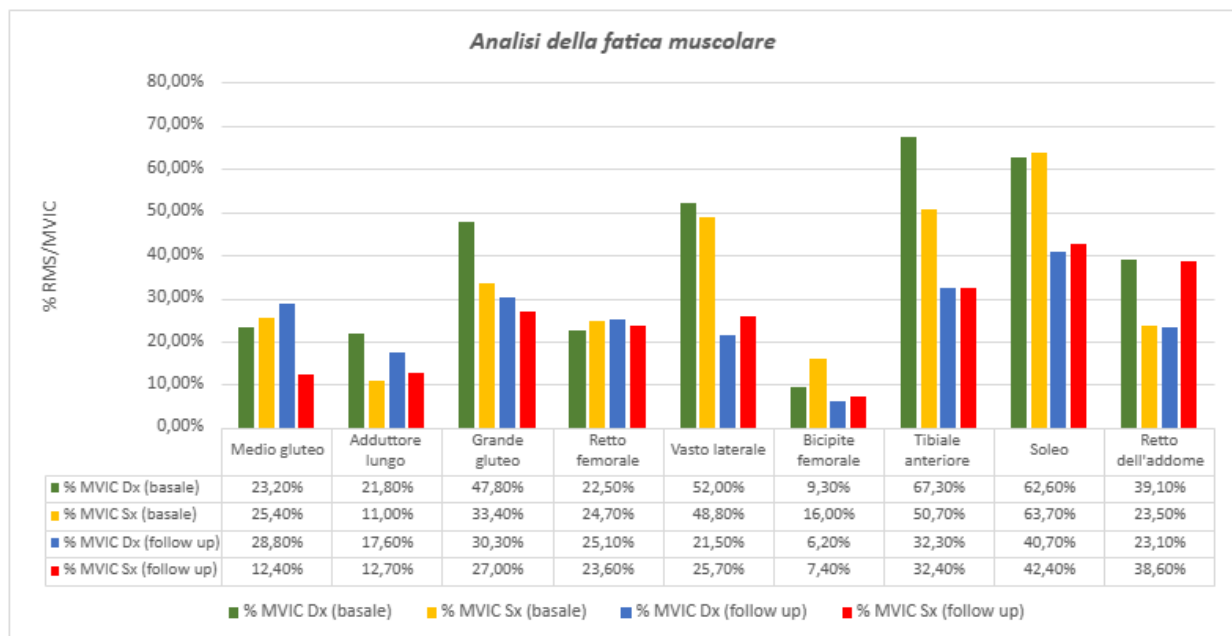


Grafico 2 Confronto analisi della fatica cadetta 1 emisoma destro e sinistro

Dall'analisi emersa nella cadetta 1 le prime riflessioni vengono poste sullo stato di asimmetria muscolare. Considerando la cadetta ancora non nello stato di maturità sia morfologica che fisiologica-condizionale, ma nelle fasi sensibili di crescita (proceritas secunda – turgor tertius), risulta

fondamentale intercettare lo stato asimmetrico, per mettere in atto accorgimenti motori che non causino l'incremento di questa differenza.

Questo permette di evidenziare come le principali asimmetrie in termini di differenza percentuale ricadano sui distretti dell'adduttore lungo (differenza percentuale 49,54 %), grande gluteo (30,13 %), bicipite femorale (41,88 %), tibiale anteriore (24,67%) e retto dell'addome (39,90 %). Questo valore risulta essere di notevole rilievo per quanto già affermato precedentemente sullo stato di asimmetria e il possibile rischio di lesione, in particolare su giovani atlete il cui valore asimmetrico potrebbe essere fisiologico per immaturità morfo-strutturali. Da notare come dei distretti appena citati le differenze siano molto marcate, in quanto per l'adduttore lungo, il grande gluteo, il tibiale anteriore e il retto addominale la minor capacità di resistenza muscolare ricada sul lato di destra, contrariamente al bicipite femorale che presenta il dato opposto, con maggior resistenza sull'emisoma di destra. Come visto precedentemente nell'analisi del modello prestazionale si conferma che molti distretti presentino una maggior capacità di resistenza nel lato di sinistra, dove tra i due campioni si possono presentare delle similitudini nei sincronismi dei distretti maggiormente resistenti (medio gluteo, adduttore lungo, vasto laterale e retto addominale). Questo ad affermarci quanto enunciato nel modello prestazionale, in cui la differenza asimmetrica indotta dalla disciplina per l'andamento in senso antiorario, determina una maggior capacità di stabilizzazione, nel lato sinistro, quindi di una più marcata capacità resistiva muscolare, permettendo al destro di ottimizzare la fase di spinta propulsiva.

Fissando l'attenzione sulle minime asimmetrie che i dati ci presentano, il medio gluteo (differenza percentuale 8,66 %), il retto femorale (8,9 %), il vasto laterale (6,15 %) e il soleo (1,73 %) presentano valori di differenza percentuali non significativi, ma di importanza rilevante in termini preventivi.

Considerando ora le differenze tra i valori basali e i follow up, sullo stesso lato, possiamo notare come l'adduttore lungo, il grande gluteo, il vasto laterale, il bicipite femorale, il tibiale anteriore e il soleo presentino valori di incremento della capacità di resistenza sia nel lato di sinistra che di destra (grafico 2), mentre per il retto addominale l'incremento della resistenza avviene solamente nel lato di destra, presentando nel sinistro un decremento condizionale in termini di resistenza. Questo è dovuto presumibilmente dal fatto che il coinvolgimento mirato sul lato di destra degli arti inferiori durante la spinta induca una maggiore capacità di resistenza (di risposta alla forza vettoriale) sull'emisoma di destra. Questo concetto è stato osservato anche nella valutazione dei dati presenti nel modello prestazionale (grafico 1).

Per il medio gluteo il valore di destra risulta più marcato nel follow up, contrariamente al sinistro che presenta un decremento del valore percentuale e quindi un incremento dello stato di resistenza muscolare. Il retto femorale presenta nei propri valori una linearità e omogeneità quasi perfetta, con leggero rialzo nella percentuale di fatica sul lato di destra e un leggero abbassamento sul lato di

sinistra. Terminando l'analisi, possiamo osservare come nei valori di follow up le percentuali di asimmetria presentino delle differenze, in quanto, per il medio gluteo si ottiene una percentuale del 56,94 %, per l'adduttore lungo del 27,84 %, per il grande gluteo del 10,89 %, per il retto femorale del 5,98 % (tutti e quattro i distretti a favore del sinistro), per il vasto laterale del 16,34 %, per il bicipite femorale del 16,21 %, per il soleo del 4,01 % e per il retto addominale del 40,16 % (tutti e quattro i distretti a favore del destro), per il tibiale anteriore del 0,6 % (simmetrico).

Il confronto diretto con il modello prestazionale permette di evidenziare come vi siano delle similitudini nei distretti con un maggiore livello di resistenza muscolare. In particolare, si trovano coerenze per quanto riguarda il medio gluteo. Sembra infatti che per entrambi i soggetti, il sinistro sia l'emisoma con maggiori capacità di resistenza muscolare. Altra considerazione viene posta sull'adduttore in quanto anche in questo caso il sinistro presenta le stesse potenzialità espresse precedentemente. Per l'adduttore lungo si pone qualche attenzione in più, in quanto essendo il principale distretto suscettibile a rischi lesivi un'eccessiva asimmetria può incrementare tale rischio portando l'atleta all'arresto forzato. Nel confronto tra il modello e la cadetta 1 si può osservare come per entrambe ci sia una differenza tra i due lati non eccessivamente marcata. Ma quello che risulta di fondamentale importanza è come il valore tra il tempo 0 e la valutazione di controllo, nella cadetta 1, faccia emergere un abbassamento drastico del valore percentuale di asimmetria. Altre similitudini si possono riscontrare nel vasto laterale e nel retto addominale dove per entrambi i muscoli il distretto di maggiore resistenza viene registrato sul lato di destra.

Delle discordanze, però, si possono osservare in un altro distretto fondamentale all'avanzamento, il grande gluteo, in quanto mentre l'atleta d'élite presenta una quasi perfetta simmetria (più a favore del destro che risulta maggiormente resistente), la cadetta 1 registra valori più spiccati nell'emisoma di destra, dando la conferma come nel sinistro sia meno resistente per cui contrario al modello prestazionale. Questa discordanza è utile in quanto tale distretto è fondamentale nell'avanzamento in sinergia con il medio gluteo, ma anche nella stabilità durante la pattinata. Questa discordanza tra l'atleta d'élite e la cadetta 1 ci indica come, quest'ultima, dovrebbe incrementare il condizionamento muscolare sull'emisoma di sinistra in maniera tale da riequilibrare questa asimmetria, favorendo in entrambi i lati uno stato condizionale più omogeneo e funzionale, senza l'eccessivo carico su uno dei due distretti.

Tutti questi valori risultano fondamentali per monitorare come la fase di condizionamento motorio specifico abbia influenzato i singoli distretti sia in ascesa che in discesa percentuale e di conseguenza sulla capacità di resistenza muscolare.

6.1.3.c Cadetta 2 basale e follow up

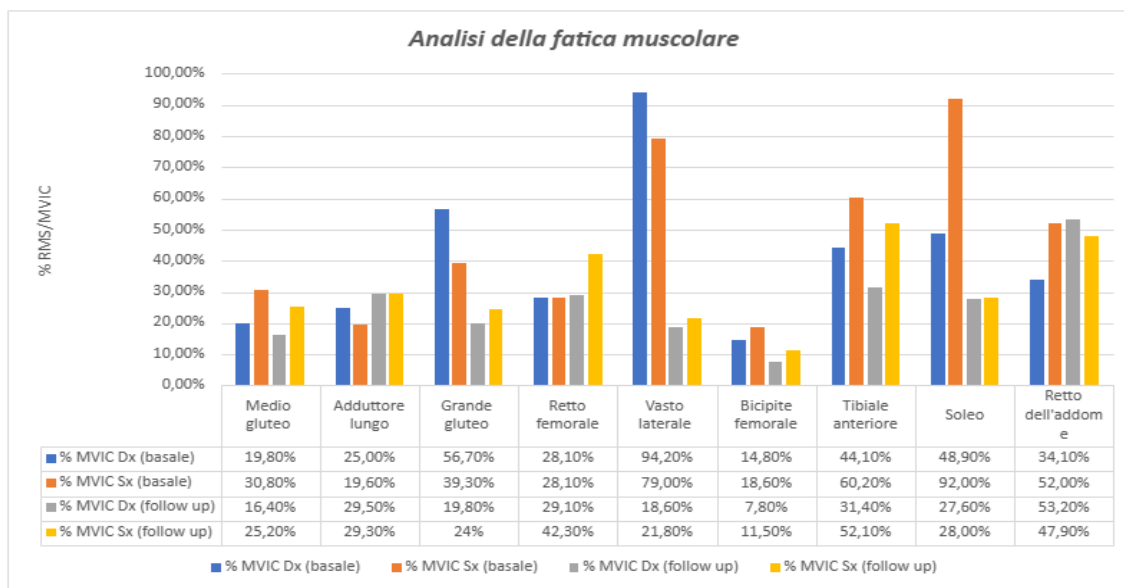


Grafico 3 Confronto analisi della fatica cadetta 2 emisoma destro e sinistro

Analizzando i valori della cadetta 2, notiamo immediatamente come per l'adduttore lungo (percentuale asimmetrica 21,6 %), il grande gluteo (30,69 %) e il vasto laterale (16,14 %) nelle acquisizioni basali ci sia una maggiore capacità resistiva nell'emisoma di sinistra. L'analisi sul medio gluteo (35,71 %), bicipite femorale (20,43 %), tibiale anteriore (26,74 %), soleo (46,85 %) e retto addominale (34,43 %) mostrano come l'emisoma di destra presenti la maggiore capacità di resistenza mentre il retto femorale presenta un perfetto sincronismo.

Facendo subito il confronto nelle valutazioni basali con quelle di follow up, unilaterali, si può notare che il medio gluteo, il grande gluteo, il vasto laterale, il bicipite femorale, il tibiale anteriore e il soleo presentano notevoli valori di decremento tra pre e post riguardanti sia il lato di destra che di sinistra, coerente anche con quanto presentato per la cadetta 1, permettendo a tali distretti di presentare maggiori efficienze in termini di resistenza muscolari. Questo confronto permette di stabilire come l'attività specifica alla disciplina aiuti entrambi i distretti ad incrementare il proprio condizionamento in termini di resistenza. Per l'adduttore lungo, per il retto femorale il distretto di destra presenta valori di incremento, determinando su di esso indici di minore resistenza muscolare.

Concludendo il confronto, nell'analisi del retto addominale possiamo evidenziare come il lato di destra presenti un abbassamento del condizionamento, contrariamente al dato di sinistra in cui il distretto sembra evidenziare resistenze muscolari più marcate. Confrontando i grafici tra le due cadette nei confronti di destra e di sinistra tra valori al tempo 0 e follow up possiamo evidenziare come ci siano delle similitudini non nelle percentuali ma nello stato di capacità di resistenza muscolare (esempio per il grande gluteo, retto femorale, vasto laterale, bicipite femorale, tibiale anteriore, soleo).

L'analisi si conclude mettendo in rapporto le percentuali di asimmetria nelle valutazioni relative al follow up. I dati mettono in evidenza che il medio gluteo (differenza percentuale 34,92 %), il grande gluteo (17,5 %), il retto femorale (31,21 %), il vasto laterale (14,68 %), il bicipite femorale (32,17 %) e il tibiale anteriore (39,63 %) presentano degli incrementi in termini condizionali a favore del lato di destra. Contrariamente per il retto dell'addome che presenta il valore opposto con un'asimmetria del 9,96 %

Mentre per l'adduttore e il soleo le differenze sono minimali in termini asimmetrici, a favore comunque destro per il soleo (1,43 %) e sinistro per l'adduttore (0,68 %).

Confronto diretto con il modello prestazionale possiamo evidenziare come il retto femorale, il vasto laterale e il tibiale anteriore siano i distretti con le principali congruenze in termini di distretto reattivo all'incremento condizionale della resistenza muscolare.

6.1.3.d Neofita basale e follow up

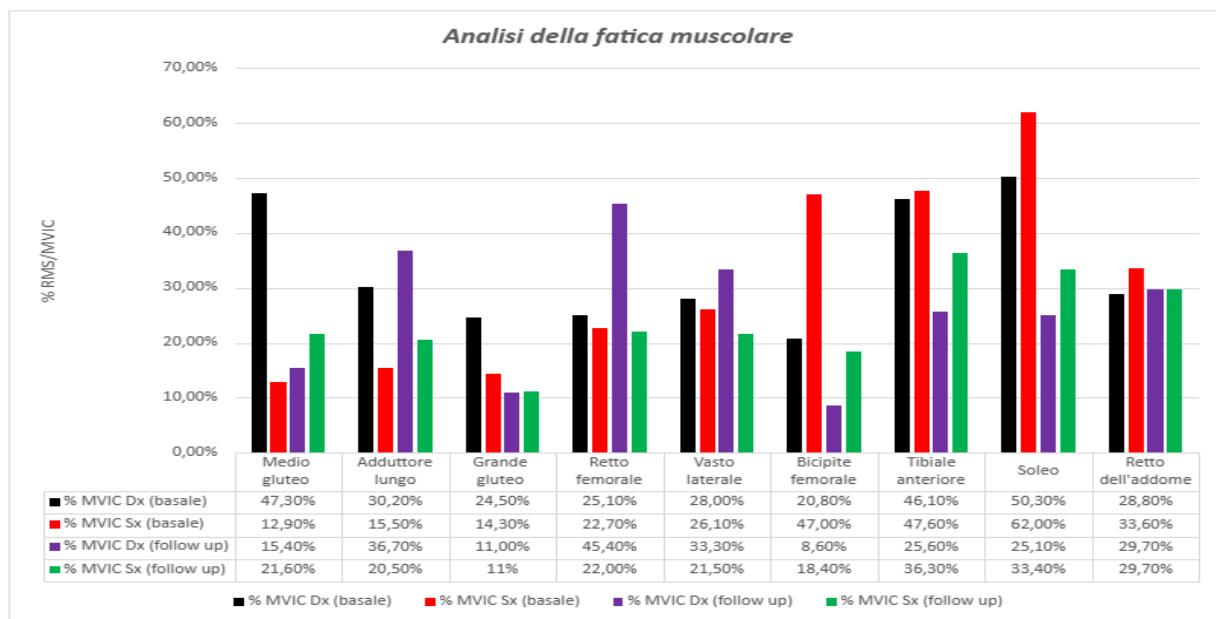


Grafico 4 Confronto analisi della fatica neofita emisoma destro e sinistro

Infine, possiamo mettere a confronto i dati relativi all'analisi della fatica muscolare del neofita.

I primi valori analizzati ricadono sul confronto tra i valori di destra e sinistra nelle acquisizioni basali considerando le relative percentuali di asimmetria. Questo permette di mettere alla luce il fatto che il medio gluteo (percentuale asimmetrica 72,73 %), l'adduttore lungo (48,68 %), il grande gluteo (41,63 %), il retto femorale (9,56 %) e il vasto laterale (6,79 %) presentano rilievi più marcati sul lato di

destra considerando il sinistro come maggiormente resistente. Considerazione opposta per il bicipite femorale (55,74%), per il tibiale anteriore (3,15 %), per il soleo (18,87 %) e per il retto addominale (14,29 %), in cui la maggior capacità resistiva muscolare ricade sul lato di destra.

Confrontando ora i valori tra basale e follow up relative alle unilateralità (dx contro dx e sinistro contro sinistro) si osserva come per il grande gluteo, per il bicipite femorale per il tibiale anteriore e per il soleo i valori di confronto presentino delle decrescenze nelle percentuali sia nell'emilato di destra che di sinistra, mettendo in luce come le resistenze a seguito del condizionamento in questi distretti sia incrementato rispetto al basale. Importante considerazione in quanto presenti distretti fondamentali alla fase di spinta (es: grande gluteo). Per il medio gluteo si osserva un decremento nel lato di destra (incremento della resistenza), visione opposta per il sinistro (decremento della resistenza). Per il retto femorale risulta essere esattamente il contrario in cui si presenta un forte incremento nei valori di destra e un leggero abbassamento in quelli di sinistra. Il medio gluteo presenta un rialzo nel lato di sinistra mentre un ribasso in quello di destra. L'adduttore lungo presenta rialzi in entrambi i lati, evidenziando come i valori di resistenza in tale distretto siano assenti. Per il vasto laterale è presente un incremento percentuale nel destro (minor resistenza), mentre nel sinistro si ha l'evidenza opposta. Terminando il retto addominale presenta un rialzo nel destro ed un abbassamento nel sinistro contrario rispetto al modello prestazionale, ma simile alla cadetta 2 dove si è potuto osservare già nelle acquisizioni cinematiche alterazioni biomeccaniche nella pattinata con valori di accelerazioni assiali molto marcate. Considerando, appunto, come tale distretto sia molto suscettibile alle variazioni sui tre assi in quanto stabilizzatore e coordinatore principale di tutto il corpo.

È importante considerare come tra il basale e il follow up i maggiori incrementi in termini di resistenza ricadano sul distretto di sinistra (7 su 9 per il sinistro e 5 su 9 per il destro). Questo può essere dato dal fatto che nel neofita contrariamente agli altri soggetti dello studio predomina l'arto di sinistro, essendo mancino, incrementando lo stato di condizionamento dato dal fatto che essendo neofita l'incremento condizionale muscolare può essere soggettivamente maggiore durante le prime fasi di allenamento.

Ultima analisi relativa ai risultati viene fatta considerando i valori percentuali e se sono presenti variazioni nei livelli di resistenza muscolare tra il tempo 0 e l'analisi di controllo dei singoli distretti, monitorandone anche le eventuali asimmetrie.

Prendendo in considerazione l'incremento delle resistenze sul lato di destra (valore percentuale meno marcato) possiamo evidenziare il distretto del medio gluteo (percentuale asimmetrica al 28,70 %), del bicipite femorale (53,26 %), del tibiale anteriore (29,48 %) e del soleo (24,85 %). Dati contrari riguardano invece l'adduttore lungo (44,14 %), il retto femorale (92,13 %), il vasto laterale (35,44 %).

Osserviamo invece parametri di simmetria sul grande gluteo e sul retto addominale.

Notiamo come il trend grafico basale-follow up tra i due lati evidenzia come per la maggior parte dei distretti sia rimasto uniforme (esempio: adduttore lungo conferma alti indici percentuali su destro e sul sinistro sia nel basale che nel controllo), senza un cambio di orientamento sul carico distrettuale, ma per alcuni distretti si possono comunque evidenziare livelli percentuali meno marcati a seguito dei mesi di preparazione atletica. Questo ad indicarci come l'attività sia servita da un punto di vista condizionale ma non sufficiente, in termini di tempo, per condizionare al massimo il neofita.

7. DISCUSSIONE

La coscienza del mondo sportivo sta facendo sempre più riferimento alla tecnologia per monitorare i propri atleti a 360°. Questa nuova frontiera di studio ha permesso di incrementare non solo tutti i parametri di riferimento condizionale degli ultimi decenni, ma anche di monitorare lo stato di salute fisica dell'atleta evidenziando quando il carico risulta essere eccessivo rispetto alle soggettività del singolo.

Questa tesi di laurea si pone proprio questo obiettivo, quello di indagare con strumentazioni all'avanguardia nel campo sportivo e clinico, non solo lo stato di condizionamento atletico partendo da un valore basale e rivalutato a seguito di sei mesi di condizionamento specifico, ma anche di dare riscontro oggettivo su quanto il carico somministrato possa incidere sullo stato di salute fisica dell'atleta. L'analisi prende in considerazione pattinatori su rotelle di velocità, le cui richieste motorie risultano essere molto impegnative in termini di stress meccanico, dati anche dalle forti asimmetrie della disciplina. Il campione studiato risulta disomogeneo nello studio in quanto le acquisizioni rilevate fanno riferimento alla pattinata di due cadette giovanili, destrimane e un neofita adulto, mancino di sesso maschile, a confronto con il modello prestazionale derivato dall'analisi di una già campionessa italiana, europea e del mondo, destrimane.

L'atleta considerata modello prestazionale vista la maturità tecnica strutturata negli anni, presenta una sola valutazione della pattinata in quanto risultava essere poco sensata un'ulteriore analisi, poiché i valori di riferimento sarebbero restati per lo più invariati. Questo perché l'atleta d'élite presenta un condizionamento atletico vicina al limite genetico, con la riduzione del deficit di forza e valori di possibile incremento pressoché nulli. L'analisi cinematica ci porta non solo ai dati di riferimento, utili nei confronti con gli altri soggetti reclutati, ma permette di dare un confronto tra l'emisoma di destra rispetto al sinistro sia nella cinematica che nei rilievi elettromiografici. L'analisi cinematica ci porta ad indicare delle differenze in termini biomeccanici.

Da questa considerazione i risultati numerici e grafici hanno fatto emergere come dal modello prestazionale i soggetti reclutati nello studio presentino fisiologicamente delle differenze in termini sia cinematici che elettromiografici. Punto da considerare è come l'analisi ci abbia portato a considerare e confermare come la cadetta 1 rispetto alla cadetta 2 presenti una tecnica di pattinata più vicina al modello prestazionale, ma, nonostante ciò, a livello condizionale dalle acquisizioni elettromiografiche si può evidenziare come la cadetta 2 abbia subito un maggiore incremento condizionale che sicuramente è distorto dal modello, ma pur sempre di maggiore rilevanza rispetto alla cadetta 1.

Per il neofita si conferma che la capacità tecnica è pressoché rimasta costante con piccole variazioni nelle accelerazioni assiali e nelle percentuali del ciclo di pattinata, con interessanti dati a livello condizionale in quanto l'imprevisto infortunio riportato durante la fase di studio, ci conferma come il breve tempo dedicato alla specificità sportiva su pattini non sia bastata a incrementare le capacità condizionali dei distretti principalmente interessati alla fase di avanzamento, ovviamente con delle eccezioni. Questo punto risulta interessante per l'utilità dello studio in quanto le acquisizioni hanno permesso in maniera immediata di determinare tali accorgimenti.

I riscontri elettromiografici indicano come il modello prestazionale presenti un incremento nell'attività muscolare sull'emisoma di destra con una maggiore capacità di abduzione della coscia registrando una coerenza anche nella fase di recupero in cui il segnale decresce istantaneamente all'iniziare del ciclo, considerando come nel controlaterale questo dato non sia coerente. Si è rilevato come il lato di destra abbia una maggiore capacità di controllo nello stato di contrazione e rilassamento muscolare, in termini di co-attivazione in particolare durante la fase propulsiva. Presentando delle coerenze con quanto pubblicato in letteratura, le co-attivazioni tra destra e sinistra relative al grande gluteo e al retto femorale evidenziano come durante la fase di recupero l'indice presenti valori meno marcati rispetto la fase propulsiva. Questa analisi mette in luce come tale valore sia fondamentale per permettere all'atleta la massima funzionalità del gesto senza causare interferenze tra i distretti agonisti e antagonisti.

Il rilievo viene registrato anche in tutti gli altri soggetti reclutati, evidente in maniera marcata nelle valutazioni del follow up, a conferma di quanto già pubblicato e confermato in letteratura [23].

Prendendo in considerazione sempre lo studio del gruppo di ricerca di Kaartinen, S. et al. (2021) si può evidenziare come l'attività del grande gluteo e del medio gluteo sia invece, nettamente più marcata nella fase propulsiva, in quanto entrambi agonisti dell'azione propulsiva. Questo coerente anche con altri lavori proposti su ghiaccio, dando favore all'applicazione del protocollo funzionale da cui questa tesi fa riferimento.

Ponendo attentamente il riferimento sui muscoli indagati nelle acquisizioni si poteva osservare come tra l'etleta d'élite e gli altri tre soggetti reclutati ci siano dei valori discordanti, nei confronti stabiliti. Questo mette in evidenza come l'utilizzo del protocollo serva a mettere in risalto queste differenze e permettere di indagare quanto questa disomogeneità tra le popolazioni di studio possa essere colmata a seguito di un periodo di specificità alla disciplina. In letteratura poco è stato indagato sui confronti elettromiografici su campioni di studio differenti, nel mondo del pattinaggio su rotelle, ma lo studio condotto dal gruppo di ricerca di Bongiorno et al (2023) ha permesso di confrontare un'atleta e un neofita riscontrando come il protocollo metta alla luce le differenze cinematiche ed elettromiografiche e di dare dei feedback non solo all'atleta avanzato ma anche al neofita che si introduce alla disciplina.

Le singole attivazioni muscolari durante il ciclo di pattinata, differenziano da un atleta professionista ad un neofita, in quanto le capacità tecniche e condizionali sono nettamente differenti. Il binomio tra il sovraccarico e il rischio lesione è stato ampiamente riconosciuto come indicatore epidemiologico di potenziale lesione, portando dati di rilievo in termini di prevenzione. La disciplina del pattinaggio è considerata uno sport ad alto impatto stressante a livello meccanico. Risulta di fondamentale importanza indagare quali siano i distretti che maggiormente possono presentare un rischio di lesione. La ricerca scinetifica ha ampiamente confermato come il distretto maggiormente a rischio di andare incontro ad una lesione dell'apparato locomotorio sia l'adduttore [32]. A tal proposito risulta indispensabile indagare il possibile carico a cui tale distretto deve far fronte durante la pattinata. Per tale motivo il presente studio sperimentale indaga l'attività elettromiografica e la relativa % MVIC in maniera tale da monitorare lo stato di carico. I risultati hanno mostrato come l'atleta d'élite sfrutti un pre-tensionamento, non eccessivo, a carico dell'adduttore durante la fase di propulsione dell'arto di destra, quando appunto dovrebbe presentare uno stato fisiologica attivazione. Questa pre-tensione risulta favorevole alla fase successiva di recupero ma con un possibile rischio di lesione da sovraccarico da tenere in considerazione. Maggiormente evidenziato il carico a livello di tale distretto nei tre soggetti presi in esame in quanto si evidenzia come tra la valutazione basale e il follow up ci siano stati dei decrementi che hanno permesso di evidenziare l'alto picco, potendo essere interpretato come un eccessivo carico distrettuale ed una ridotta capacità di controllo neuro-muscolare nella capacità di contrazione e rilassamento ad opera dei distretti agonisti ed antagonisti legati alla pattinata. Un ulteriore analisi viene posta sul diretto antagonista dell'adduttore lungo, il medio gluteo, che risulta fondamentale all'avanzamento nella pattinata, ma che non deve presentare valori di eccessiva asimmetria rispetto all'adduttore lungo. Questo perché la ricerca scientifica ha stabilito come una dismetria tra l'adduttore e il medio gluteo in termini di tensione muscolare (deficit inferiori all'80% rispetto all'antagonista) possa rendere maggiormente suscettibili l'adduttore lungo al rischio lesivo [41]. Il riscontro con il lavoro appena citato mette in relazione il fatto che l'atleta nell'emisoma di sinistra presenta una maggiore dismetria in termini di MVIC %, rispetto al destro, indicando come l'adduttore di sinistra sia maggiormente suscettibile al danno. Il rapporto con gli altri tre soggetti analizzati conferma tale evidenza, nella fase propulsiva del lato di destra, sia nella cadetta 1 (molto più marcato rispetto agli altri due soggetti) che nella cadetta 2, mentre molto meno evidente nel neofita ma data da un'attivazione del medio gluteo nettamente inferiore rispetto alle due cadette. L'analisi pone anche l'attenzione sul concetto di affaticamento muscolare e asimmetria in quanto molteplici ricerche affermano come le differenze in termine numerico possano incidere sullo stato asimmetrico, aumentando il rischio lesione, ma anche come valori di registrazione % RMS/MVIC indichino stati di deficit di resistenza al distretto [1, 25, 33].

Lo studio di Konieczny, M. et al. 2023 pone l'attenzione sulle asimmetrie e al rapporto con l'affaticamento muscolare riscontrando un maggiore stato asimmetrico e di affaticamento sul lato di sinistra, in molteplici distretti considerati, focalizzato maggiormente sul grande gluteo. Le valutazioni di confronto poste in questa tesi , trovano delle similitudini con quanto scritto in letteratura, in particolar modo sull'atleta d'élite confermando come il maggior affaticamento ricada sul lato di sinistra visto il valore numerico percentuale leggermente più alto rispetto al controlaterale. Il medesimo principio è stato riscontrato sugli altri soggetti studiati, ad eccezione della cadetta 1 che presenta valori opposti.

8. CONCLUSIONE

Lo studio sperimentale ha permesso di trarre dei risultati utili per permettere al chinesologo in equipe allo staff sanitario di presentare dei dati oggettivi sul quale condizionare o riabilitare il proprio atleta, che sia un atleta professionista o un semplice neofita che intraprende la strada del pattinaggio su rotelle. Un punto da considerare è che in letteratura non sono presenti molti protocolli funzionali sul pattinaggio di velocità su rotelle, se non gli studi condotti dal gruppo di ricerca condotto da Bongiorno, G. et al. (2022) su cui tale lavoro sperimentale associa le metodiche e le valutazioni di analisi permettendo di trovare riscontri valutazionali tra la popolazione indagata. L'analisi cinematica non è stato il solo punto di studio in quanto si è voluto valutare attraverso le acquisizioni elettromiografiche anche i picci EMG con le rispettive MVIC % e co-attivazioni dei muscoli agonisti-antagonisti. Questo non solo relativo ad una semplice valutazione basale ma anche in un controllo di follow up, permettendo di indagare se e quanto l'attività condizionale abbia portato a miglioramenti tecnici e condizionali sui soggetti analizzati, senza tralasciare la possibilità di indagare quanto questo possa incidere sulla prevenzione all'infortunio.

Un approfondimento, sempre a conferma di quanto presente in letteratura, è stato fatto sullo stato di asimmetria e affaticamento dei distretti analizzati, permettendo di riscontrare similitudini tra i soggetti analizzati ma anche discordanze che incidono sulla scelta del preparatore fisico di ristrutturare in maniera specifica il piano di lavoro da somministrare agli atleti. Come abbiamo già fatto emergere lo stato di asimmetria ricade molto su un possibile rischio di lesione dell'apparato locomotorio attivo e passivo, per cui le acquisizioni messe in risalto in questo lavoro sperimentale possono essere utili al fine di dare riscontri utili sulla prevenzione e il sinergico condizionamento atletico.

Possiamo concludere come questo sia uno strumento valido non solo per la popolazione scientifica ma anche per coloro che intraprendano per la prima volta il mondo del pattinaggio di velocità su rotelle.

9. BIBLIOGRAFIA

- 1) BONGIORNO, G.; BIANCUZZI, H.; DAL MAS, F. AND MICELI, L. (2023) “*Evaluation of muscle energy in isometric maintenance as an index of muscle fatigue in roller speed skating*”. *Front. Sports Act. Living* 5:1153946. doi: 10.3389/fspor.2023.1153946
- 2) BONGIORNO, G.; BIANCUZZI, H.; DAL MAS, F.; FASANO, G.; MICELI, L. “*Roller Speed Skating Kinematics and Electromyographic Analysis: A Methodological Approach*”. *Sports* 2022, 10, 209. [https://doi.org/ 10.3390/sports10120209](https://doi.org/10.3390/sports10120209).
- 3) BONGIORNO, G.; MICELI, L. “*EMG surface analysis in short track in line speed skating athletes: the curve after the straight*”. *J Sports Med Phys Fitness*. 2023 Aug;63(8):906-907. doi: 10.23736/S0022-4707.23.15010-9. Epub 2023 Apr 17. PMID: 37067248.
- 4) BONGIORNO, G.; SISTI, G.; DAL MAS, F.; BIANCUZZI, H.; BORTOLAN, L.; PAOLATTO, I.; ROSA, M.; MICELI, L. “*Surface electromyographic wheel speed skate protocol and its potential in athletes' performance analysis and injury prevention*”. *J Sports Med Phys Fitness*. 2023 Jun 29. doi: 10.23736/S0022-4707.23.15045-6. Epub ahead of print. PMID: 37382412.
- 5) BUCKERIDGE, E.; LEVANGIE, MC.; STETTER, B.; NIGG, SR.; NIGG, BM. “*An on-ice measurement approach to analyse the biomechanics of ice hockey skating*”. *PLoS One*. 2015 May 14;10(5):e0127324. doi: 10.1371/journal.pone.0127324. PMID: 25973775; PMCID: PMC4431820.
- 6) CHANG, R.; TURCOTTE, R.; PEARSALL, D. “*Hip adductor muscle function in forward skating*. *Sports Biomech*”. 2009 Sep;8(3):212-22. doi: 10.1080/14763140903229534. PMID: 19891199.
- 7) COETZEE, D.; COETZEE, FF.; SCHALL, R.; SINCLAIR, C. “*Gluteal muscle activation during rehabilitation exercises in female field hockey players*”. *S Afr J Physiother*. 2021 Oct 1;77(1):1578. doi: 10.4102/sajp.v77i1.1578. PMID: 34859159; PMCID: PMC8603190.

- 8) DE BOER, R.W.; CABRI, J.; VAES, W.; CLARIJS, J.P.; HOLLANDER, A.P.; DE GROOT, G.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. "*Moments of force, power, and muscle coordination in speed-skating*". Int. J. Sports Med. 1987, 8, 371–378.

- 9) DE BOER, R.W.; VOS, E.; HUTTER, W.; DE GROOT, G.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. "*Physiological and biomechanical comparison of roller skating and speed skating on ice*". Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1987;56(5):562-569.

- 10) DECORTE, N.; LAFAIX, P.A.; MILLET, GY.; WUYAM, B.; VERGES, S. "*Central and peripheral fatigue kinetics during exhaustive constant-load cycling*". Scand J Med Sci Sports. 2012;22(3):381-391.

- 11) DE MAGALHAES, F.A.; VANNOZZI, G.; GATTA, G.; FANTOZZI, S. "*Wearable inertial sensors in swimming motion analysis: a systematic review*". J Sports Sci. 2015;33(7):732-45. doi: 10.1080/02640414.2014.962574. Epub 2014 Oct 30. PMID: 25356682.

- 12) EDWARDS, R.H.; HILL, D.K.; JONES, D.A.; MERTON, P.A. "*Fatigue of long duration in human skeletal muscle after exercise*". J Physiol. 1977;272(3):769-778.

- 13) EMERY, C.A.; MEEUWISSE, W.H. "*Risk factors for groin injuries in hockey*". Med. Sci. Sports Exerc. 2001, 33, 1423–1433.

- 14) EMERY, C.A.; MEEUWISSE, W.H.; POWELL, J.W. "*Groin and abdominal strain injuries in the National Hockey League*". Clin. J. Sport Med. Off. J. Can. Acad. Sport Med. 1999, 9, 151–156.

- 15) ENOKA, R.M.; DUCHATEAU, J. "*Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function*". J Physiol. 2008;586(1):11-23.

- 16) GANDEVIA SC. “*Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue*”. *Physiol Rev.* 2001;81(4):1725-1789.
- 17) GARVEY JF, HAZARD H. “*Sports hernia or groin disruption injury? Chronic athletic groin pain: a retrospective study of 100 patients with long-term follow-up*”. *Hernia.* 2014;18(6):815-23. doi: 10.1007/s10029-013-1161-0. Epub 2013 Oct 12. PMID: 24121840.
- 18) GOUDREULT, R. “*Forward Skating in Ice Hockey: Comparison of EMG Activation Patterns of [Sic] at Three Velocities Using a Skate Treadmill*”. Master’s Thesis, McGill University, Montréal, QC, Canada, 2002.
- 19) HASAN, Z. “*Optimized movement trajectories and joint stiffness in unperturbed, inertially loaded movements*”. *Biol Cybern.* 1986;53(6):373-82. doi: 10.1007/BF00318203. PMID: 3697407
- 20) HAUGEN, T.; MCGHIE, D.; & ETTEMA, G. “*Sprint running: from fundamental mechanics to practice-a review*” *Eur J Appl Physiol* 119, 1273-1287 (2019) <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04139-0>
- 21) HERMENS, HJ.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. “*Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures*”. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000 Oct;10(5):361-74.
- 22) IRSHAD, K.; FELDMAN, LS.; LAVOIE, C.; LACROIX, VJ.; MULDER, DS.; BROWN, RA. “*Operative management of “hockey groin syndrome”: 12 years of experience in National Hockey League players*”. *Surgery.* 2001;130(4):759-766.
- 23) KAARTINEN, S.; VENOJÄRVI, M.; LESCH, KJ.; TIKKANEN, H.; VARTIAINEN, P.; STENROTH, L. “*Lower limb muscle activation patterns in ice-hockey skating and associations with skating speed*”. *Sports Biomech.* 2021;1-16. doi: 10.1080/14763141.2021.2014551. Epub ahead of print. PMID: 34930101.

- 24) KHANDAN, A.; FATHIAN, R.; CAREY, J.P.; ROUHANI, H. “*Assessment of Three-Dimensional Kinematics of High- and Low-Calibre Hockey Skaters on Synthetic Ice Using Wearable Sensors*”. *Sensors* 2023, 23, 334. <https://doi.org/10.3390/s23010334>

- 25) KONIECZNY, M., PAKOSZ, P. & WITKOWSKI, M. “*Asymmetrical fatiguing of the gluteus maximus muscles in the elite short-track female skaters*”. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 12, 48 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13102-020-00193-w>

- 26) KONIECZNY, M.; SKORUPSKA, E.; DOMASZEWSKI, P.; PAKOSZ, P.; SKULSKA, M.; HERRERO, P. “*Relationship between latent trigger points, lower limb asymmetry and muscle fatigue in elite short-track athletes*”. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2023 Sep 12;15(1):109. doi: 10.1186/s13102-023-00719-y. PMID: 37700332; PMCID: PMC10496335.

- 27) KONRAD P. “*The abc of EMG*”. *Pract. Introd. Kinesiol. Electromyogr.* 2005;1:30-35

- 28) LATASH, ML. “*Muscle coactivation: definitions, mechanisms and functions*”. *J Neurophysiol*. 2018 Jul 1;120(1):88-104. doi: 10.1152/jn.00084.2018. Epub 2018 Mar 28. PMID: 29589812; PMCID: PMC6093955

- 29) MARINO, G.W. “*Selected mechanical factors associated with acceleration in ice skating*”. *Res. Q. Exerc. Sport* 1983, 54, 234–238.

- 30) MCMANUS, L.; DE VITO, G.; LOWERY, M.M. (2020) “*Analysis and Biophysics of Surface EMG for Physiotherapists and Kinesiologists: Toward a Common Language With Rehabilitation Engineers*”. *Front. Neurol.* 11:576729. doi: 10.3389/fneur.2020.576729

- 31) MILLET, GY.; LEPERS, R. “*Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises*”. *Sports Med.* 2004;34(2):105-116.

- 32) NICHOLAS, SJ.; TYLER, TF. “*Adductor Muscle Strains in Sport*”. *Sport Med.* 2002;32(5):339-344. doi:10.2165/00007256-200232050-00005.

- 33) PAKOSZ, P., KONIECZNY, M. “*Training induced fatigability assessed by sEMG in Pre-Olympic ice-skaters*”. *Sci Rep* 10, 14199 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71052-4>
- 34) PEARSALL, D.J.; TURCOTTE, R.A.; MURPHY, S.D. “*Biomechanics of ice hockey*”. *Exerc. Sport Sci.* 2000, 675–692.
- 35) SHELL, J.R.; ROBBINS, S.M.K.; DIXON, P.C.; RENAUD, P.J.; TURCOTTE, R.A.; WU, T.; PEARSALL, D.J. “*Skating start propulsion: three-dimensional kinematic analysis of elite male and female ice hockey players*”. *Sports Biomech.* 2017 Sep;16(3):313-324. doi: 10.1080/14763141.2017.1306095. Epub 2017 May 23. PMID: 28534433.
- 36) SWART J, HOLLIDAY W. “*Cycling Biomechanics Optimization-the (R) Evolution of Bicycle Fitting*”. *Curr Sports Med Rep.* 2019 Dec;18(12):490-496. doi: 10.1249/JSR.0000000000000665. PMID: 31834181.
- 37) TAYLOR, J.L.; GANDEVIA, S.C. “*A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions*”. *J Appl Physiol* (1985). 2008;104(2):542-550.
- 38) THORPE, R.T. ATKINSON, G.; DRUST, B.; GREGSON, W. “*Monitoring Fatigue Status in Elite Team-Sport Athletes: Implications for Practice*”. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(Suppl 2):S227-S234.
- 39) TURCOTTE, R.A.; PEARSALL, D.J.; MONTGOMERY, D.L.; LEFEBVRE, R.; OFIR, D.; LOH, J.J. “*Comparison of Ice versus Treadmill Skating--Plantar Force Distribution Patterns*”. *ASTM Spec. Tech. Publ.* 2004, 265–271.
- 40) TYLER, T.F.; NICHOLAS, S.J.; CAMPBELL, R.J.; DONELLAN, S.; MCHUGH, M.P. “*The effectiveness of a preseason exercise program to prevent adductor muscle strains in professional ice hockey players*”. *Am. J. Sports Med.* 2002, 30, 680–683.

- 41) TYLER, T.F.; NICHOLAS, S.J.; CAMPBELL, R.J.; MCHUGH, M.P. “*The association of hip strength and flexibility with the incidence of adductor muscle strains in professional ice hockey players*”. Am. J. Sports Med. 2001, 29, 124–128.
- 42) VAN ITERSON, E.H.; FITZGERALD, J.S.; DIETZ, C.C.; SNYDER, E.M.; PETERSON B.J. “*Reliability of Triaxial Accelerometry for Measuring Load in Men's Collegiate Ice Hockey*”. J Strength Cond Res. 2017 May;31(5):1305-1312. doi: 10.1519/JSC.0000000000001611. PMID: 27548782.
- 43) VERGES, S.; MAFFIULETTI, NA.; KERHERVE, H.; DECORTE, N.; WUYAM, B.; MILLET, GY. “*Comparison of electrical and magnetic stimulations to assess quadriceps muscle function*”. J Appl Physiol (1985). 2009;106(2):701-710.
- 44) YEADON MR. PAIN MTG. “*Fifty years of performance-related sports biomechanics research*”. J Biomech. 2023 Jun;155:111666. doi: 10.1016/j.jbiomech.2023.111666. Epub 2023 May 27. PMID: 37263075.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il mio relatore, il Professore Stefano Lazzer, per avermi accompagnato nella stesura della tesi.

Uno speciale ringraziamento va ai miei correlatori la Dottoressa Giulia Bongiorno e il Dottor Luca Miceli per aver reso tale e concreto questo studio. Vi ringrazio per avermi dato la possibilità di affiancarvi in questo splendido lavoro sperimentale e di aver potuto assistere con voi alla sua nascita e al suo sviluppo. Il mio ringraziamento a voi va anche nell'essere un punto di riferimento nel contesto lavorativo, prendendovi come esempio in ogni singolo giorno di collaborazione. Mi avete permesso di concludere questo percorso universitario nel migliore dei modi, dandomi l'opportunità di implementare il mio bagaglio didattico e di poterlo sfruttare ogni giorno, per questo vi sarò sempre grato.

Un grande ringraziamento va ai miei genitori, siete parte imprescindibile di questo traguardo, la vostra costante presenza mi ha aiutato a superare ogni singola difficoltà presentatasi durante gli anni universitari. Senza il vostro sostegno non sarei mai riuscito a tagliare la linea di questa lunga maratona. Sono orgoglioso di poter condividere con voi questo giorno importante e festeggiarvi per i fantastici genitori che siete.

A mio fratello che mi ha sempre motivato a dare il massimo, ti considero come un modello da seguire grazie alla tenacia e forza d'animo che mi hai trasmesso nell'affrontare le situazioni di tutti i giorni.

Un pensiero anche ai miei familiari, in particolare ai nonni, avete sempre avuto parole di incoraggiamento e conforto durante questi anni.

Un ringraziamento a voi, amici miei, che nonostante la mia presenza altalenante, mi avete sempre compreso senza farmi mancare delle splendide risate in compagnia.

A te, mia Valentina, che sai sempre mettere il noi davanti a tutto, mi hai accompagnato in questo cammino dandomi tutto l'appoggio e l'amore di cui avevo bisogno e forse non sempre meritato. Nelle notti insonni e nei giorni frenetici sei sempre stata una bussola indicandomi la via.

A te, a noi questo bellissimo traguardo. Possa essere uno di tanti da vivere insieme.