

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

Gli effetti dell'allenamento Rest Pause sulla componente fasciale e muscolare

Relatore: Prof. Carla Stecco

Correlatore: Dott. Carmelo Pirri

Laureando: Marco Zulian

N° di matricola: 2010877

Anno Accademico 2023/2024

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
1.1 DOMS: fondamenti teorici sull'insorgenza del dolore muscolare post-esercizio	4
1.2 Descrizione dell'allenamento Rest Pause	7
1.3 Componente fasciale e muscolare	8
1.4 Obiettivo dello studio	9
2. MATERIALI E METODI	11
2.1 Tipologia dello studio	11
2.2 Campione dei pazienti coinvolto	11
2.3 Protocollo di allenamento	12
2.4 Strumenti di misurazione	13
2.5 Analisi statistica	15
3. RISULTATI	
3.1 Analisi dei dati raccolti	17
3.2 Effetti sulla componente miofasciale	17
3.3 Esiti sull'aspetto muscolare	19
4. DISCUSSIONE	21
4.1 Limitazioni dello studio	21
4.2 Prospettive e raccomandazioni per la ricerca futura	22

5. CONCLUSIONI

24

BIBLIOGRAFIA

25

RIASSUNTO

Introduzione: Il dolore muscolare ad insorgenza ritardata (DOMS) è un fenomeno frequente negli atleti che compare tipicamente tra le 24 e le 72 ore dopo un allenamento intenso, soprattutto se si è svolta un'attività fisica nuova o insolita. Nonostante il meccanismo preciso che ne causa l'insorgenza non sia ancora completamente chiarito, diverse teorie cercano di spiegarne le origini. Indipendentemente dalla causa specifica, è importante capire quali effetti i DOMS possono comportare sulla componente muscolare e miofasciale, e se quest'ultima ha un qualche ruolo; questo è l'obiettivo che si pone questa ricerca.

Materiali e metodi: in questo studio sono stati analizzati dati provenienti da un campione totale di 20 atleti, che hanno svolto un protocollo di allenamento standardizzato, con sovraccarico e tecniche di intensità specifiche, presso varie palestre di Padova e provincia. Sono stati analizzati i ROM articolari delle principali articolazioni coinvolte, tramite un goniometro digitale, e il tessuto muscolare, tramite delle ecografie. I dati raccolti sono stati esaminati tramite analisi statistica.

Risultati: dall'analisi è emerso che c'è stata una diminuzione statisticamente significativa dell'ecogenicità tra la fascia brachiale posteriore a T0 e la fascia brachiale posteriore a T1 ($p = 0,0152$). Inoltre, è stato visto che c'è un aumento statisticamente significativo dell'ecogenicità tra tricipite brachiale a T0 e tricipite brachiale a T1 ($p < 0,0001$).

Conclusioni: dai risultati del seguente studio è emerso che la fascia è altamente resistente ai cambiamenti. Vi è la possibilità che essa possa essere rimodellata, ma soltanto nel cronico in quanto non vi è stata una risposta immediata all'allenamento. Di conseguenza se si vuole modificare una determinata fascia, è necessario che sia sottoposta ad allenamenti con tempistiche più lunghe, ipoteticamente si potrebbe considerare un periodo di 6 mesi.

1. INTRODUZIONE

1.1 DOMS: FONDAMENTI TEORICI SULL'INSORGENZA DEL DOLORE MUSCOLARE POST-ESERCIZIO

Il dolore muscolare è un fenomeno frequente nella maggior parte degli atleti, e può essere “acuto” oppure “ad insorgenza ritardata”; l'eziologia del dolore muscolare a insorgenza ritardata (DOMS) non è così chiara, difatti, sono necessari ulteriori studi per comprendere appieno le cause e le soluzioni dei DOMS, nonostante siano state avanzate diverse ipotesi sul loro meccanismo (Gulick & Kimura, 1996). I sintomi dei DOMS, che comprendono dolore muscolare localizzato, rigidità dei tessuti molli coinvolti durante la seduta di allenamento, sensibilità al tatto e difficoltà nei movimenti, si manifestano dopo qualche ora da fine dell'attività, raggiungendo livelli maggiori dopo uno o tre giorni (Chen, Hume, & Maxwell, 2006). Vi sono varie teorie che cercano di chiarire i meccanismi che causano i DOMS, la maggior parte delle quali suggerisce un ruolo rilevante del muscolo scheletrico (ad esempio, eccessiva produzione di acido lattico, infiammazione e danni strutturali); ciò nonostante, recenti ricerche suggeriscono che il tessuto connettivo extra-muscolare fornisce un contributo meccanico e/o sensoriale significativo (Wilke & Behringer, 2021). Questo può avere importanti implicazioni per la prevenzione e il trattamento dei DOMS, in quanto lo stimolo ottimale necessario per provocare l'adattamento della fascia profonda è molto diverso da quello del muscolo scheletrico (Zügel M. , Maganaris, Wilke, Jurkat-Rott, Klingler, & Wearing, 2018).

Una delle prime teorie che illustrano il meccanismo dei DOMS riguarda l'accumulo di acido lattico. Il lattato è una sostanza prodotta durante il metabolismo glicolitico ed è stato riportato che induce dolore quando viene iniettato nel muscolo scheletrico, con o senza l'aggiunta di ATP o protoni (Pollak K. , Swenson, Vanhaitsma, Huguen, Jo, & White, 2014); dunque, quando vi è troppo lattato nei muscoli, esso può danneggiare i nervi che li circondano. Questi nervi sono responsabili di percepire il dolore nel muscolo e rispondono a stimoli meccanici e chimici (Wilke & Behringer, 2021). È stato verificato che l'attivazione dei recettori da parte dei metaboliti potrebbe contribuire all'affaticamento muscolare durante l'esercizio intenso (Amann, Wan, Thrston, Georgescu, & Weavil, 2020). Tuttavia, la teoria dell'acido lattico come causa dei DOMS è stata ampiamente respinta, anche a causa della componente temporale (Cheung, Hume, & Maxwell, 2003). È interessante notare che le concentrazioni di lattato tornano alla normalità dopo l'attività fisica, mentre i DOMS si manifestano con un certo ritardo; inoltre, non c'è una correlazione diretta tra le concentrazioni di lattato e la gravità dei DOMS. Anche se l'esercizio concentrico raramente causa DOMS, la produzione di lattato è più

elevata rispetto all'esercizio eccentrico (Durand, Castracane, Hollander, Tryniecki, Bamman, & O'Neal, 2003).

È stata ideata una teoria secondo la quale i DOMS potrebbero derivare da un danno strutturale al muscolo scheletrico: gli elevati stress meccanici potrebbero superare la capacità di carico del sarcomero, causando micro-rotture localizzate all'interno del muscolo (Fridén, Kjöll, & Thornell, 1984). Durante gli esami microscopici di biopsie prelevate dopo contrazioni eccentriche non abituali, sono stati identificati regolarmente questi cambiamenti (Lieber R. , 2018).

È stato riscontrato inoltre che il danno muscolare colpisce più spesso le fibre muscolari a contrazione rapida di tipo II rispetto alle fibre muscolari a contrazione lenta di tipo I (Cheung, Hume, & Maxwell, 2003). Le fibre muscolari a contrazione rapida possono essere più suscettibili al danno indotto da sforzo durante la contrazione eccentrica; ciò, insieme ad altri fattori, potrebbe spiegare perché i muscoli con un alto contenuto di fibre di tipo II subiscono un danno maggiore rispetto a quelli con un maggior contenuto di fibre di tipo I (Saka, Akova, Yazici, Sekir, Gür, & Ozarda, 2009).

Alcuni autori vedono i cambiamenti strutturali che si verificano dopo la contrazione eccentrica come parte normale del processo di rimodellamento muscolare anziché come segno di danno (Yu, Carlsson, & Thornell, 2004). Oltre più, la relazione tra microtraumatizzazione e dolore rimane ancora poco chiara. Anche se l'attivazione delle afferenze meccanosensibili di tipo III potrebbe spiegare la sensazione di dolore attuale, non spiega completamente l'insorgenza ritardata e la persistenza del dolore dopo l'esercizio. Inoltre, la soglia di attivazione di questi recettori è molto alta, quindi le normali contrazioni potrebbero non essere sufficienti per attivarli.

Studi recenti suggeriscono che il tessuto connettivo del collagene possa essere un substrato eziologico dei DOMS. Sulla base delle prove disponibili, sia le caratteristiche strutturali della fascia sia la sua capacità sensoriale possono essere responsabili del dolore avvertito dopo l'esercizio (Wilke & Behringer, 2021)

A livello microscopico, le fibre muscolari sono strettamente fuse all'endomysio; fino al 70% delle fibre muscolari non copre l'intera distanza tra l'inserzione e l'origine, però le membrane intramuscolari delle fibre adiacenti sono strutturalmente connesse e possono trasmettere forze attraverso tagli translaminari (Patel & Lieber, 1997). Anche il perimysio, come l'endomysio, non rappresenta solo un involucro per i fasci di fibre muscolari, ma forma una rete composta da collagene in continuità diretta del tessuto. Questo ha implicazioni pratiche, in quanto è stato dimostrato che questa rete formata dal perimysio trasmette una determinata forza in caso di carico meccanico (Passerieux, Rossignol, Letellier, & Delage, 2007) È stato dimostrato, inoltre, che la fascia profonda presenta estensioni

fibrose dirette che si fondono con il muscolo scheletrico sottostante, dunque una contrazione muscolare può metterla in tensione in maniera selettiva (Stecco, Macchi, Masiero, Porzionato, Tiengo, & Stecco, 2009). Oltre a essere strutturalmente connessa ai muscoli sottostanti, la fascia fornisce anche una connessione diretta ad altri muscoli in parallelo o in serie. Perciò, si può ritenere che qualsiasi attività o carico muscolare abbia un effetto meccanico pronunciato sul tessuto connettivo (Wilke, Vleeming, & Wearing, 2019).

I DOMS si verificano soprattutto a seguito di un carico eccentrico, e durante questo allungamento attivo si esercita una tensione elevata sui muscoli scheletrici; da un punto di vista funzionale, la continuità con i tessuti molli è considerata un ammortizzatore, la quale assorbe le forze eccessive che possono danneggiare il muscolo scheletrico (Wilke, Hespanhol, & Behrens, 2019).

Tuttavia, se la capacità di carico viene superata, possono verificarsi danni microscopici o macroscopici all'endomysio, al perimysio e alla fascia profonda. Alla luce di ciò, diversi studi hanno esaminato la morfologia e l'integrità del tessuto connettivo in seguito al carico o dopo l'induzione del DOMS (Wilke & Behringer, 2021).

Nonostante il nome, i DOMS di solito coinvolgono più del solo tessuto muscolare: nel 90% dei casi, il sito reale della lesione è situato nella giunzione muscolo-tendinea o nella fascia extra muscolare (Wilke, Hespanhol, & Behrens, 2019). Vi sono, inoltre, prove convincenti riguardanti l'esistenza di un danno strutturale della matrice extracellulare a seguito dei DOMS: uno studio, a seguito di un allenamento basato su contrazioni eccentriche, ha misurato i livelli di alcuni amminoacidi componenti il tessuto connettivo ed ha notato dei loro aumenti, dovuti probabilmente alla rottura del tessuto connettivo (Brown, Child, Day, & Donnelly, 1997). Tuttavia, sono doverosi ulteriori indagini per chiarire la relazione tra il danno strutturale al tessuto connettivo e il dolore legato ai DOMS.

Recenti studi hanno esaminato, inoltre, la morfologia e la meccanica della fascia muscolare dopo un esercizio eccentrico e concentrico estenuante; è stato visto come, a differenza del carico concentrico, che non ha indotto DOMS, lo spessore della fascia del muscolo esaminato è aumentato nei giorni dopo l'allenamento eccentrico. Il fatto che la fascia si sia ispessita è collegato al dolore che si avverte al tatto dopo l'allenamento, il che indica che questa osservazione potrebbe avere un'importanza clinica. Anche la mobilità dei tessuti è stata presa in considerazione: dopo l'esercizio eccentrico, si è notato un maggiore spostamento del muscolo durante il movimento passivo dell'articolazione, ma la mobilità della fascia è rimasta la stessa. Per capire se l'incapacità della fascia di muoversi insieme al muscolo può comportare un qualche danno, sono necessarie altre ricerche. In sostanza, le prove attuali

suggeriscono che ci siano cambiamenti strutturali nel tessuto connettivo intorno al muscolo, alcuni dei quali sono direttamente correlati al dolore provato (Tenberg, Nosaka, & Wilke, 2021).

La fascia è ricca di recettori sensoriali, che si ritiene concorrano in modo significativo alla sensazione intrinseca e alla percezione del dolore: soprattutto il corpuscolo di Ruffini, il corpuscolo di Pacini e le terminazioni nervose libere (Stecco, et al., 2006). È stato suggerito che la fascia innerva i nervi sensoriali e può generare un dolore clinicamente significativo; a seguito di alcuni studi si è visto che vi sono alcune reazioni durature della fascia (fino a due settimane) e questo potrebbe essere collegato al fatto che i DOMS possono durare diversi giorni (Chen, Hume, & Maxwell, 2006).

In conclusione, dai vari studi si è visto che il tessuto connettivo fasciale, piuttosto che il muscolo, potrebbe avere un ruolo nello sviluppo e nella sensazione del dolore dei tessuti molli (Wilke & Behringer, 2021).

1.2 DESCRIZIONE DELL'ALLENAMENTO REST PAUSE

L'allenamento in rest pause è una tecnica di intensità molto utilizzata, oltre al normale allenamento di resistenza (Korak, Paquette, Brooks, Fuller, & Coons, 1896). Questa tecnica prevede la suddivisione delle serie di allenamento di un determinato esercizio in serie più piccole con brevi pause intermedie, solitamente di 10-20 secondi, arrivando al cedimento muscolare alla fine di ogni micro-serie (Iversen, Norum, Schoenfeld, & Fimland, 2021). Per quanto riguarda il carico, rispetto al drop set, che consiste nel diminuire il carico ad ogni serie, la tecnica rest-pause prevede l'utilizzo di carichi elevati e permette di mantenerli per l'intera esecuzione dell'esercizio; dunque, l'allenamento in rest-pause potrebbe essere una metodologia efficace in termini di tempo per andare a stimolare sia la forza muscolare che l'ipertrofia (Iversen, Norum, Schoenfeld, & Fimland, 2021). Inoltre, la tecnica rest-pause può aiutare a sfruttare maggiormente lo stress meccanico prolungando il tempo sotto tensione tra le mini-serie, utilizzando carichi elevati (Marshall, Robbins, Wrightson, & Siegler, 2012). Gli alti livelli di tensione meccanica e stress metabolico prodotto da questa tecnica di intensità potrebbe portare a ipertrofia e/o forza muscolare tramite vari meccanismi come ad esempio l'aumento del reclutamento delle fibre muscolari (Marshall, Robbins, Wrightson, & Siegler, 2012). È necessario sottolineare, tuttavia, che l'allenamento con la tecnica rest-pause è molto intenso e bisognerebbe possedere una certa esperienza in termini di allenamento per svolgerlo in maniera sicura, in particolar modo quando si eseguono esercizi più complessi, multi-articolari e con pesi liberi (Iversen, Norum, Schoenfeld, & Fimland, 2021).

1.3 COMPONENTE FASCIALE E MUSCOLARE

L'unità motoria è formata da un motoneurone e dalle fibre muscolari innervate dall'assone e si occupa del controllo di ogni singolo movimento (Stecco, Giordani, Fede, De Caro, & Stecco, 2023). Ciononostante, un'unica unità motoria non funziona mai da sola, ma è sempre in sinergia, sia con le altre unità motorie dello stesso muscolo, ma anche con muscoli diversi (Liu, Brown, & Yue, 2002). Oltre a ciò, negli ultimi decenni, lo studio della fascia è stato al centro di molte discussioni, soprattutto per quanto riguarda il suo ruolo come ponte tra i diversi muscoli coinvolti nello stesso movimento; nel 2002 Luigi Stecco, fisioterapista veneto, ha coniato il nuovo termine "unità fasciale" per descrivere le relazioni anatomiche e funzionali tra elementi accessori quali la fascia, i muscoli, i vasi sanguigni, i recettori specifici dell'articolazione, i legamenti e i tendini; nel dettaglio, l'unità miofasciale è stata descritta come un'entità costituita da unità motorie coinvolte in movimenti specifici, dal tessuto connettivo associato, da nervi che forniscono input alla percezione della contrazione muscolare e da vasi, sia sanguigni che linfatici, i quali nutrono l'area interessata (Stecco L., 2002).

Andando a vedere nel dettaglio, le fibre muscolari sono interamente incorporate nel tessuto connettivo intramuscolare e che le tre componenti da cui è costituito il tessuto muscolare (endomisio, perimisio ed epimisio) e la fascia profonda formano un continuum da modelli microscopici a macroscopici. Da un punto di vista anatomico, lo strato più interno, ovvero l'endomisio è in contatto diretto con il sarcolemma e dunque è direttamente in continuità con ogni singola fibra muscolare (Purslow, 2010). Ogni volta che il muscolo si contrae, la forza generata viene trasmessa direttamente all'endomisio, grazie ad alcune proteine, come ad esempio la distrofina e l'integrina, che attraversano il sarcolemma (Sharafi & Blemker, 2011). Una volta che la forza viene trasmessa all'endomisio, vi sono due vie attraverso le quali può essere esercitata sul tendine: lateralmente (in direzione trasversale alla fibra) al tessuto muscolare circostante attraverso le forze di taglio all'interno dell'endomisio che circonda la fibra, oppure longitudinalmente attraverso la tensione all'interno dell'endomisio che si estende dall'estremità della fibra al tendine (Sharafi & Blemker, 2011). L'endomisio è in grado di resistere alla deformazione longitudinale della miofibra solo quando viene superato il 150% della sua lunghezza fisiologica, quindi al di fuori delle normali condizioni di movimento; d'altro canto, l'endomisio è più resistente se le forze di trazione hanno un andamento trasversale. Questo chiarisce come mai i cambiamenti della lunghezza delle fibre muscolari, che non vengono attivate, seguono i cambiamenti di lunghezza delle fibre adiacenti che si contraggono attivamente quando solo una

componente di unità motorie muscolari è attivato nella contrazione submassimale (Purslow, 2010). Le fibre muscolari non reclutate, grazie all'endomisio, riescono dunque ugualmente a trasmettere la forza laterale, senza dover modificare la lunghezza (Stecco, Giordani, Fede, De Caro, & Stecco, 2023).

L'endomisio si estende in modo continuo all'interno del tessuto connettivo del perimisio; quest'ultimo divide il muscolo in fascicoli di diverse dimensioni e forma una rete che si estende dall'origine all'inserzione dei fascicoli. All'interno del perimisio, ci sono fibre di collagene di diversi tipi immersi in una matrice di proteoglicani: ad esempio, il collagene di tipo I conferisce al perimisio un'importante resistenza alla trazione; infatti, è questa componente del tessuto connettivo intramuscolare che ha un ruolo cruciale nella trasmissione della forza originata nel muscolo alle leve ossee (Turrina, Martínez-González, & Stecco, 2013). Il collagene di tipo I, per di più, permette il collegamento tra fibre muscolari sinergiche di fascicoli diversi, l'attacco per le fibre muscolari che non terminano nel tendine e assicura l'indipendenza tra i fasci muscolari durante la contrazione muscolare (Passerieux, Rossignol, Letellier, & Delage, 2007).

L'ecogenicità muscolare indica la presenza di infiltrazione di tessuto adiposo o fibroso nel muscolo e, se tale tessuto è presente, la CSA del muscolo appare bianca e luminosa sull'immagine ecografica (Ong, Lee, Leow, & Puthuchery, 2017). Per questo motivo, quando il muscolo viene ingrandito e la proporzione di fibre muscolari nella CSA aumenta, appare più scura sull'immagine ecografica, segno questo di ipertrofia muscolare; quindi le misurazioni della morfologia muscolare e dell'ecogenicità possono risultare utili per valutare l'ipertrofia muscolare durante un allenamento di forza a lungo termine (Arima, et al., 2024).

1.4 OBIETTIVO DELLO STUDIO

Date le precedenti premesse, l'obiettivo dello studio è quello di porre in relazione i DOMS e più specificatamente l'allenamento con la tecnica "rest pause", che provoca l'accumulo di acido lattico nei muscoli, al cambiamento della fascia profonda e al tessuto muscolare. Lo studio in questione, rispetto alla letteratura già esistente, pone l'attenzione su un aspetto più innovativo. Il più delle volte, la fascia è stata considerata come un involucro passivo che semplicemente avvolge i muscoli. Ciò nonostante, questo studio vuole comprendere se la fascia è un elemento con un ruolo attivo, se è in grado di influenzare profondamente la componente muscolare e se essa possa subire delle modifiche nell'acuto.

2. MATERIALI E METODI

2.1 TIPOLOGIA DELLO STUDIO

La presente tesi è uno studio osservazionale sull'allenamento lattacido, l'insorgenza dei DOMS, la fascia muscolare e le loro influenze reciproche. Si tratta di una tipologia di studio caratterizzato dalla mancanza di un'azione attiva da parte degli investigatori, i quali si limitano ad esaminare gli eventi, senza agire in alcun modo (Cartabellotta, 2010). In uno studio osservazionale potrebbe non esserci il gruppo di controllo (Hess, 2023), come in questo studio, dove tutti i partecipanti allo studio hanno aderito ad un programma di esercizio fisico strutturato. Questo tipo di studio è stato utilizzato per osservare come la fascia e la componente muscolare rispondono ad uno specifico stimolo, ovvero un allenamento basato su determinate tecniche di intensità (T1), confrontato con una situazione di riposo (T0).

2.2 CAMPIONE DEI PAZIENTI COINVOLTO

La presente ricerca ha selezionato un campione di 22 maschi allenati di età compresa tra i 19 e i 32 anni. I partecipanti erano tutti sani e svolgevano regolarmente attività fisica. I soggetti presi in esame sono stati sottoposti ad un'analisi iniziale, compilando la seguente scheda anamnestica.

ANNI DI ALLENAMENTO:
ROM DEI DISTRETTI: DX -ROM GOMITO -DELT ABDUZIONE -FLESSIONE SPALLA SX -ESTENSIONE GINOCCHIO -ESTENSIONE ANCA (GLUTEO) -FLESSIONE GINOCCHIO
ALTEZZA:
PESO:

ETA':
TRAUMI PREGRESSI RILEVANTI:
SPORT PRATICATI IN PASSATO:
TIPOLOGIA DI ALLENAMENTO ESEGUITO IN PALESTRA:
SCHEDA VALUTAZIONE DOMS:
COMPONENTI MUSCOLARI NON ATTIVATE:
PROPRIOCETTIVO:
CON ECO:

2.3 PROTOCOLLO DI ALLENAMENTO

L'allenamento proposto durante lo svolgimento di questo studio è un allenamento con sovraccarico ad alta intensità, nello specifico il focus del movimento era durante la fase eccentrica, ovvero quella negativa di allungamento. Il protocollo degli esercizi è riassunto nella tabella sottostante.

ESERCIZIO	SERIE	RIPETIZIONI	TUT	RECUPERO
Superset <ul style="list-style-type: none"> • chest press orizzontale • push up a terra presa larga in statica con petto a 10cm dal terreno 	3	12RP max secondi	1-1-4-0	1'30''
Rematore singolo con manubrio a busto leggermente inclinato	2	10RP	2-1-3-1	DX,SX,1'
Pulley con triangolo (focus gran dorsale)	3	12RP	1-1-4-0	1'30''
Superset: <ul style="list-style-type: none"> • leg extension classica • sedia al muro (ginocchio a 90°) in statica 	2	15RP max secondi	1-1-4-0	1'30''
Leg curl seduto classica con piedi in flessione plantare	3	12RP	1-2-3-0	1'30''

Adductor machine con ginocchia piu' estese possibile	2	15RP	1-1-4-0	1'15''
Alzate laterali con manubri da seduto e schienale a 90°	3	12RP	2-1-4-0	1'
Curl con manubri panca 45 presa supina	2	10RP	1-1-4-0	1'30''
French press con bilanciere ez disteso su panca piana	3	10RP	1-1-4-0	1'30''

L'allenamento inoltre prevedeva l'utilizzo di alcune tecniche di intensità, come:

- La tecnica Rest Pause, che è già stata trattata nel capitolo precedente.
- Il Superset, una tecnica che prevede l'esecuzione di due esercizi senza pause di recupero tra essi. Solo al termine del secondo esercizio si eseguirà la pausa del tempo indicato in tabella.

Durante il tempo di recupero tra gli esercizi l'atleta ha segnato le ripetizioni eseguite nelle diverse microserie o i secondi di statica mantenuti. Ad esempio:

- Chest press 1° serie: 12-5-4-3 2°serie 12-4-3-2 3° serie 12-3-3-2
- Push up a terra in statica 1° serie 20'' 2° serie 15'' 3° serie 15''

L'attenzione è stata posta sull'esecuzione degli esercizi, mirati per i distretti muscolari analizzati, enfatizzando la loro fase eccentrica di movimento, andando a cedimento ad ogni micro-serie o statica proposta e recuperando al massimo 90'' tra le serie: in questo modo il lattato prodotto dal muscolo non viene del tutto smaltito, cosa che sarebbe successa se agli atleti fosse stato concesso un tempo di recupero assai prolungato (3-6 minuti), come nel caso della disciplina del powerlifting.

I carichi non sono stati presi in considerazione, poiché gli atleti si allenano in palestre diverse con macchinari differenti. Nonostante ciò, l'essenziale è che il peso utilizzato porti all'esaurimento concentrico sia in ogni micro-serie che in statica.

2.4 STRUMENTI DI MISURAZIONE

I ROM articolari delle principali articolazioni sono stati misurati mediante HALO, un goniometro digitale di nuova generazione validato scientificamente. Grazie a questo strumento è stato possibile

verificare che i range articolari rientrassero in determinati standard, non comportando, dunque, evidenti disfunzioni articolari.

In secondo luogo, è stato esaminato il tessuto muscolare, connettivo e tendineo dei soggetti, tramite delle ecografie. La valutazione ecografica è stata condotta con l'utilizzo di un ecografo ad alta risoluzione (Sonosite Edge II, FUJIFILM, Inc. 21919, Bothell, WA, USA) con sonda lineare, range di frequenza 6–15 MHz (HLF50x, Sonosite Edge II, FUJIFILM, Inc. 21919, WA, USA) e risoluzione dello schermo di 1680 x 1050 pixels. La velocità del sistema di ultrasuoni utilizzato è stata di $c=1540$ m/s, convenzionalmente utilizzata nei sistemi diagnostici ecografici. Per effettuare degli scan adeguati e ridurre la pressione sui tessuti, l'ecografista ha usato una buona quantità di gel. Tutte le immagini ecografiche ricavate per la misurazione dello spessore della fascia profonda nei vari livelli e regioni topografiche sono state ottenute dallo stesso operatore, medico fisiatra ed ecografista con 10 anni di esperienza in ecografia fasciale.

I livelli analizzati corrispondono ad alcuni dei quali corrispondenti a dei protocolli ecografici pubblicati per la valutazione degli spessori fasciali (Pirri, et al., 2020):

1. Tricipite brachiale: corrispondente al livello Post 1 della regione topografica posteriore del braccio (Pirri, Guidolin, Fede, Macchi, De Caro, & Stecco, 2021);
2. Bicipite brachiale: corrispondente al livello Ant 1 della regione topografica anteriore del braccio (Pirri, Guidolin, Fede, Macchi, De Caro, & Stecco, 2021);
3. Deltoide: corrispondente al livello della regione topografica laterale della articolazione scapolo-omerale;
4. Gran dorsale: caudale all'angolo inferiore della scapola, sia parallela che perpendicolare ai muscoli intercostali. La porzione supero-laterale del muscolo grande dorsale è mostrata sopra il muscolo grande dentato anteriore;
5. Gran Pettorale: sulla parete toracica anteriore, a livello della linea emiclaveare. La sua stretta relazione con il piccolo pettorale e i muscoli intercostali, l'arteria ascellare e la vena ascellare, e i fasci del plesso brachiale possono anche essere osservati;
6. Quadricipite femorale: corrispondente al livello Ant 2 della regione topografica anteriore della coscia (Pirri, Guidolin, Fede, Macchi, De Caro, & Stecco, 2021);
7. Grande adduttore: corrispondente al livello Med 1 della regione topografica mediale della coscia (Pirri, Guidolin, Fede, Macchi, De Caro, & Stecco, 2021);

8. Bicipite femorale: corrispondente al livello Post 1 della regione topografica posteriore della coscia (Pirri, Guidolin, Fede, Macchi, De Caro, & Stecco, 2021).

La valutazione ecografica è iniziata dal braccio per poi proseguire con il tronco e la coscia. Si è fatto stendere il paziente in posizione supina e poi prona, con gli arti inferiori distesi e rilassati in posizione neutrale. L'operatore, cercando di mantenere la sonda ecografica perpendicolarmente alla cute, senza esercitare eccessiva pressione, ha individuato i ventri muscolari con le rispettive fasce. Le valutazioni ecografiche sono state realizzate negli stati rilassato e contratto per ogni gruppo muscolare. Entrambi gli arti dei partecipanti sono stati valutati ecograficamente. Alla conclusione di ciascuna valutazione ecografica, tutte le immagini sono state interrotte e salvate, e lo spessore e l'ecogenicità della fascia profonda e del muscolo sono stati quantificati utilizzando il software di analisi Image J. Ogni immagine è stata suddivisa in tre sezioni, all'interno delle quali sono stati misurati e poi mediati tre punti offrendo una visibilità ottimale. Per mitigare il potenziale impatto delle discrepanze di spessore, sono stati misurati tre punti equidistanti all'interno di ciascuna immagine, e i valori risultanti sono stati mediati per fini analitici. L'ecogenicità esibita dalla fascia profonda e dal muscolo è stata valutata nelle scansioni trasversali. A tale scopo, la fascia profonda e il muscolo sono stati definiti interattivamente da livelli di grigio, in cui il valore per ciascun pixel poteva variare da 0 (nero) a 255 (bianco).

2.5 ANALISI STATISTICA

L'analisi statistica è stata condotta utilizzando GraphPad PRISM 8.4.2 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA), e $p < 0,05$ è sempre stato considerato il limite per la significatività statistica. L'effect size è stato calcolato mediante G Power 3.1 (Universität Düsseldorf: Psicologia) e interpretato secondo il kappa di Cohen come piccolo ($d = 0,20$), medio ($d = 0,50$) e grande ($d = 0,80$). Per lo spessore della fascia profonda a livello della coscia e del braccio, l'effetto è stato di $d = 1,2$ nel nostro studio pilota, confermato da un altro studio (Pirri, et al., 2020), errore alfa (α) prob = 0,05, potenza: errore beta ($1-\beta$) prob = 0,95, e la dimensione del campione totale era di 10. Tuttavia, abbiamo potuto includere un campione di 20 individui nel nostro gruppo.

La valutazione della normalità è stata effettuata mediante il test di Kolmogorov-Smirnov. Sono state calcolate le statistiche descrittive comprese le misure di tendenza centrale e le relative dispersioni utilizzando la media e la deviazione standard (SD) per descrivere i dati parametrici.

Infine, è stata condotta per i vari parametri un'analisi comparativa tra i vari tempi mediante analisi della varianza a una via (ANOVA) seguita dal Tukey's test per comparazioni multiple.

3. RISULTATI

3.1 ANALISI DEI DATI RACCOLTI

In questo capitolo, verranno presentati i risultati dell'analisi dati raccolti sull'ecogenicità e sugli effetti sulla componente fasciale e muscolare. I dati sono stati misurati in due momenti temporali diversi: prima di eseguire l'allenamento a riposo, indicato con T0 e dopo aver eseguito l'allenamento pianificato, indicato con T1.

Inizialmente (a T0) il campione era costituito da 22 partecipanti, ma due di essi si sono dovuti ritirare per motivi indipendenti dallo studio; un soggetto è partito per un Erasmus e l'altro ha subito un infortunio. Dunque, il campione finale di soggetti esaminati, che ha eseguito il programma di allenamento (T1), era composto da 20 soggetti.

3.2 EFFETTI SULLA COMPONENTE MIOFASCIALE

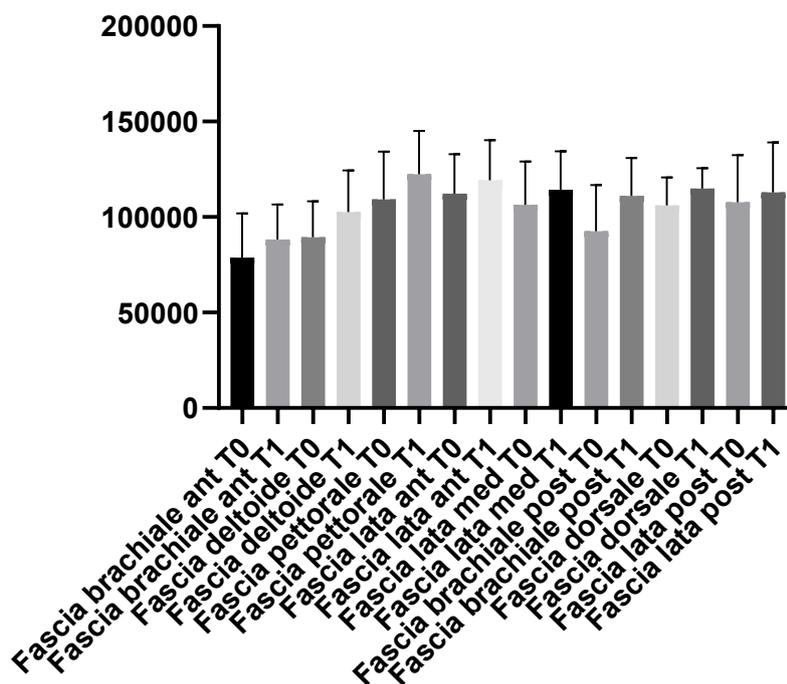


Figura 1: Ecogenicità della fascia a muscolo rilassato

La tabella riassume i risultati dei test ecografici sull'ecogenicità sulla fascia quando il muscolo era rilassato.

TUKEY'S MULTIPLE COMPARISONS TEST	Mean Diff,	95,00% CI of diff	Significant?	Summary	Adjusted P Value
Fascia brachiale ant T0 vs. Fascia brachiale ant T1	-9484	-26260 to 7293	No	ns	0.8536
Fascia deltoide T0 vs. Fascia deltoide T1	-13194	-29970 to 3582	No	ns	0.329
Fascia pettorale T0 vs. Fascia pettorale T1	-13136	-29912 to 3641	No	ns	0.3367
Fascia lata ant T0 vs. Fascia lata ant T1	-6956	-23733 to 9820	No	ns	0.9891
Fascia lata med T0 vs. Fascia lata med T1	-7908	-24684 to 8869	No	ns	0.964
Fascia brachiale post T0 vs. Fascia brachiale post T1	-18496	-35272 to -1719	Yes	*	0.0152
Fascia dorsale T0 vs. Fascia dorsale T1	-8720	-25496 to 8057	No	ns	0.9198
Fascia lata post T0 vs. Fascia lata post T1	-5185	-21962 to 11591	No	ns	0.9996

È stato utilizzato il test di Tukey per comparazioni multiple per esaminare le differenze di ecogenicità tra le misurazioni della fascia a riposo (T0) e dopo un tempo specifico (T1), ovvero dopo aver eseguito il programma di allenamento.

C'è una diminuzione statisticamente significativa dell'ecogenicità tra la fascia brachiale posteriore a T0 e la fascia brachiale posteriore a T1 ($p = 0,0152$). Ciò indica che la fascia in questa regione ha diminuito la sua ecogenicità a T1 rispetto a T0. Per tutti gli altri gruppi muscolari, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative nell'ecogenicità tra le misurazioni della fascia a T0 e T1 ($p > 0,05$).

3.3 ESITI SULL'ASPETTO MUSCOLARE

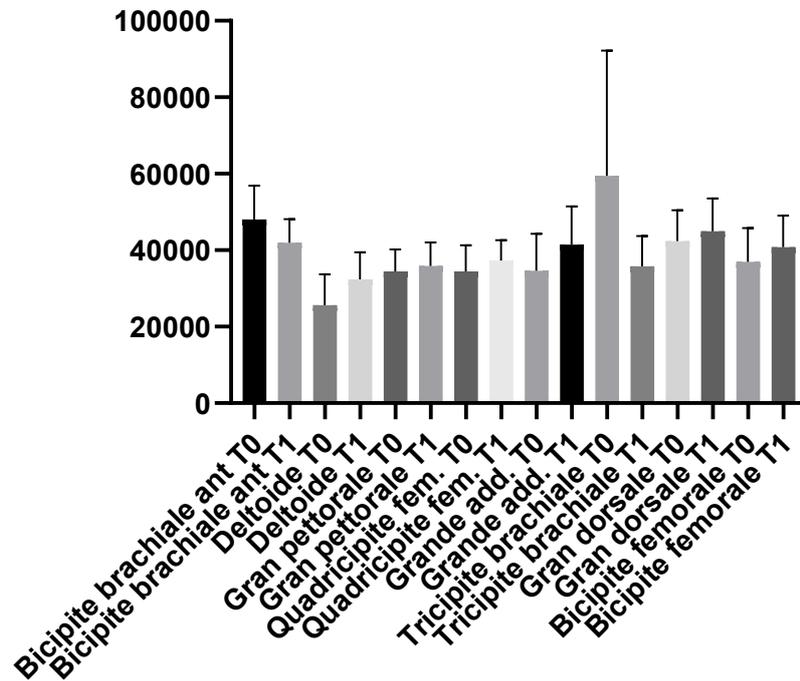


Figura 2: Ecogenicità del muscolo rilassato

La tabella riassume i risultati dei test ecografici sull'ecogenicità del muscolo quando era rilassato.

TUKEY'S MULTIPLE COMPARISONS TEST	Mean Diff.	95,00% CI of diff.	Significant?	Summary	Adjusted P Value
Bicipite brachiale ant T0 vs. Bicipite brachiale ant T1	6050	-2759 to 14858	No	ns	0.5762
Deltoide T0 vs. Deltoide T1	-6740	-15548 to 2069	No	ns	0.3777
Gran pettorale T0 vs. Gran pettorale T1	-1450	-10258 to 7359	No	ns	>0,9999
Quadricep fem. T0 vs. Quadricep fem. T1	-2894	-11702 to 5915	No	ns	0.9991
Grande add. T0 vs. Grande add. T1	-6857	-15666 to 1951	No	ns	0.3469

Tricipite brachiale T0 vs. Tricipite brachiale T1	23693	14885 to 32502	Yes	****	<0,0001
Gran dorsale T0 vs. Gran dorsale T1	-2636	-11445 to 6173	No	ns	0.9997
Bicipite femorale T0 vs. Bicipite femorale T1	-3805	-12614 to 5003	No	ns	0.9838

È stato utilizzato il test di Tukey per comparazioni multiple per esaminare le differenze di ecogenicità tra le misurazioni della fascia a riposo (T0) e dopo un tempo specifico (T1), ovvero dopo aver eseguito il programma di allenamento.

C'è un aumento statisticamente significativo dell'ecogenicità tra tricipite brachiale a T0 e tricipite brachiale a T1 ($p < 0,0001$). Ciò indica che il muscolo tricipite brachiale nel momento in cui non era in contrazione ha aumentato la sua ecogenicità a T1 rispetto a T0. Per tutti gli altri distretti muscolari, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra le misurazioni a T0 e T1 ($p > 0,05$), nonostante i valori dell'ecogenicità siano leggermente aumentati.

4. DISCUSSIONE

La presente tesi si è posta l'obiettivo di capire quali possono essere gli effetti di un allenamento con determinate tecniche di intensità, come il rest pause, ma anche il superset, sulla componente muscolare e fasciale e se quest'ultima subisce delle modifiche in acuto o meno. Inoltre, si è voluto capire se vi fosse una relazione tra l'allenamento lattacido e l'insorgenza dei DOMS.

Dalla raccolta e analisi dati sono emersi vari aspetti che possono essere oggetto di discussione:

- La fascia può avere un ruolo nel cronico, ma non nell'acuto. Dai risultati è stato riscontrato che la componente fasciale non ha subito grandi modifiche da T0 a T1, se non nella fascia brachiale posteriore, dove l'ecogenicità è diminuita in maniera statisticamente significativa. Questo perché nella fase acuta, come nel caso di questo studio, è possibile osservare modifiche piccole oppure temporanee, dovute a fattori come l'allenamento intenso o l'attivazione temporanea dei muscoli. Tuttavia, per ottenere cambiamenti a lungo termine e duraturi, è necessario un coinvolgimento costante nel tempo e per un periodo più lungo.
- Per quanto riguarda la componente muscolare non vi sono state particolari differenze tra le ecogenicità dei distretti, tranne che nel tricipite brachiale e in minor misura il bicipite brachiale.
- Non vi sono state differenze tra muscolo contratto e rilassato. I cambiamenti nell'ecogenicità muscolare possono essere influenzati da diversi fattori oltre all'allenamento, come ad esempio le condizioni di riposo iniziali: le condizioni non standardizzate sia prima che durante l'allenamento potrebbero spiegare come mai non vi siano state differenze tra muscolo contratto e rilassato. Potrebbe darsi, inoltre, che il protocollo di allenamento seguito non abbia stimolato abbastanza i muscoli per creare variazioni nell'ecogenicità, e anche la fascia è stata molto resistente ai cambiamenti, sia quando il muscolo era rilassato, sia quando era contratto.

4.1 LIMITAZIONI DELLO STUDIO

Risulta importante identificare e discutere le potenziali limitazioni di questo studio in modo da porre le basi per eventuali studi futuri riguardanti l'argomento trattato. Tra queste è possibile individuare:

- Il periodo di allenamento era troppo corto. Come già detto, il fatto che non vi siano state particolari differenze da T0 a T1 nella morfologia della fascia, lascia intendere che questo

possa essere dovuto al fatto che i risultati sono stati osservati e analizzati nell'acuto e non nel cronico

- Gli atleti si allenavano in palestre diverse e con attrezzature diverse. Un ambiente uniforme e standardizzato può favorire la comparabilità dei risultati: questo consentirebbe di limitare le variabili esterne che potrebbero influenzare le prestazioni degli atleti e permettere una maggiore coerenza nei dati raccolti durante gli allenamenti e le valutazioni.
- L'intensità dell'allenamento era soggettiva per ogni atleta. Il cedimento muscolare raggiunto da ognuno non era misurato con uno strumento validato e affidabile come potrebbero essere le varie scale di percezione dello sforzo, ma gli atleti si fermava dall'eseguire un esercizio solamente quando pensavano di essere arrivati al cedimento.
- La condizione di riposo (T0) non era la medesima per gli atleti che hanno preso parte allo studio. È preferibile che la condizione di riposo sia la stessa per tutti, in modo tale da garantire una base uniforme per misurare le prestazioni durante gli allenamenti. Assicurare che tutti gli atleti abbiano la stessa quantità di riposo aiuta a ridurre le variabili che potrebbero influenzare i risultati dell'allenamento e delle conseguenti misurazioni. In questa maniera, è possibile creare un ambiente di lavoro più controllato e confrontabile, consentendo una valutazione più accurata degli effetti dell'allenamento e delle prestazioni degli atleti.

4.2 PROSPETTIVE E RACCOMANDAZIONI PER LA RICERCA FUTURA

Viste le limitazioni di questo studio osservazione è necessario che ulteriori studi vengano fatti in futuro per riuscire a superarle. Infatti, sarebbe auspicabile che:

- Venga preso in considerazione un periodo di allenamento più lungo. Un periodo minore di 6 mesi potrebbe non avere effetto sulle modifiche della fascia muscolare perché può non essere abbastanza lungo per osservare cambiamenti significativi a livello strutturale della muscolatura. Le modifiche a livello muscolare richiedono tempo per produrre degli adattamenti che durino nel tempo. Se l'allenamento o la stimolazione muscolare non sono sufficienti o incostanti durante i 6 mesi o meno, potrebbe non essere possibile individuare dei cambiamenti significativi nella fascia muscolare. È importante mantenere un coinvolgimento costante e adeguato nel tempo per favorire modifiche durature e significative nella muscolatura.

- Gli atleti presi in considerazione si allenino tutti nello stesso ambiente e con i medesimi macchinari per cercare di eliminare tutte le possibili variabili che possano provocare differenze dovute a palestre diverse; in questo modo si vanno anche a standardizzare il più possibile tutte le misurazioni.
- L'intensità degli allenamenti e l'arrivo al reale cedimento muscolare siano misurati con degli strumenti validati ed affidabili, come la scala Scala di Borg, oppure le scale OMNI, un insieme di scale di categoria utilizzate per la valutazione dello sforzo percepito (RPE) con le quali gli atleti indicano un numero da 6-20 (Borg) o da 0 a 10 (OMNI) che meglio corrisponde all'intensità percepita dello sforzo fisico (OMNI Exertion Scale, OMNI Picture System of Perceived Exertion (Adult OMNI Versions), 2022).
- La condizione di riposo da cui partono gli atleti presi in considerazione per lo studio sia lo stesso per tutti. È importante che la condizione di partenza sia uguale per tutti gli atleti partecipanti allo studio perché eventuali differenze potrebbero influenzare i risultati dell'allenamento e rendere i confronti tra i partecipanti meno accurati. Assicurarsi che tutti gli atleti abbiano la stessa base di partenza garantisce in qualche modo che le variazioni osservate siano effettivamente dovute all'allenamento e non a fattori esterni.

5. CONCLUSIONI

La precedente tesi si poneva l'obiettivo capire se la fascia può influenzare la componente muscolare e se subisce delle alterazioni nell'acuto.

I risultati indicano che la fascia può avere un ruolo più significativo nel contesto cronico rispetto a quello acuto, indicando un coinvolgimento più profondo e prolungato in determinati processi fisiologici legati all'attività muscolare nel tempo.

Inoltre, è stato osservato che le variazioni nell'ecogenicità muscolare sono state più evidenti nel tricipite brachiale, e in misura minore nel bicipite brachiale, suggerendo una differente risposta dei distretti muscolari a determinate condizioni e stimoli.

L'assenza di differenze tra muscolo contratto e rilassato potrebbe denotare un'uniformità nella risposta muscolare, in maniera indipendente dallo stato contrattile, fornendo così interessanti suggerimenti per comprendere meglio la risposta muscolare e la sua adattabilità a vari contesti.

Sarebbe interessante avviare delle ricerche e degli studi futuri studi sull'interazione complessa tra fascia, muscoli e allenamento, per superare i limiti emersi da questo studio e approfondire i diversi risultati che sono stati trovati.

BIBLIOGRAFIA

- Amann, M., Wan, H., Thrston, T., Georgescu, V., & Weavil, J. (2020). On the Influence of Group III/IV Muscle Afferent Feedback on Endurance Exercise Performance. *Exerc Sport Sci Rev.*
- Arima, S., Maeda, N., Oda, S., Tamura, Y., Komiya, M., Tashiro, T., et al. (2024). Selective Strength Training Changes the Morphology and Ankle Strength of the Peroneus Longus and the Peroneus Brevis. *J Hum Kinet.*
- Brown, S., Child, R., Day, S., & Donnelly, A. (1997). Indices of skeletal muscle damage and connective tissue breakdown following eccentric muscle contractions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*
- Cartabellotta, N. (2010). Pillole di metodologia della ricerca. In *Gruppo Italiano per la Medicina Basata sulle Evidenze (GIMBE)* (p. 15-16). Bologna.
- Chen, k., Hume, P., & Maxwell, L. (2006). Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. *Sports Med.*
- Cheung, K., Hume, P., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. *Sports Med.*
- Durand, R., Castracane, V., Hollander, D., Tryniecki, J., Bamman, M., & O'Neal, S. (2003). Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions. *Med Sci Sport Exerc.*
- Durand, R., Castracane, V., Hollander, D., Tryniecki, J., Bamman, M., & O'Neal, S. (Med Sci Sports Exerc). Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions. *Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions.*
- Fridén, J., Kjöll, U., & Thornell, L. (1984). Delayed muscle soreness and cytoskeletal alterations: an immunocytological study in man. *Int J Sports Med.*
- Fridén, J., Kjöll, U., & Thornell, L. (1984). Delayed muscle soreness and cytoskeletal alterations: an immunocytological study in man. *Int J Sports Med.*

- Gulick, D., & Kimura, I. (1996). Delayed Onset Muscle Soreness: what is it and how do we treat it? *. Journal Of Sport Rehabilitation.*
- Hess, D. (2023). Observational Studies. *Respir Care.*
- Iversen, V., Norum, M., Schoenfeld, B., & Fimland, M. (2021). No Time to Lift? Designing Time-Efficient Training Programs for Strength and Hypertrophy: A Narrative Review. *Sports Med* .
- Korak, J., Paquette, M., Brooks, J., Fuller, D., & Coons, J. (1896). Effect of rest-pause vs. traditional bench press training on muscle strength, electromyography, and lifting volume in randomized trial protocols. *Eur J Appl Physiol.*
- Lieber, R. (2018). Biomechanical response of skeletal muscle to eccentric contractions. *J Sport Health Sci.*
- Lieber, R. (2018). Biomechanical response of skeletal muscle to eccentric contractions. *J Sport Health Sci.*
- Liu, J., Brown, R., & Yue, G. (2002). A dynamical model of muscle activation, fatigue, and recovery. *Biophys J.*
- Marshall, P., Robbins, D., Wrightson, A., & Siegler, J. (2012). Acute neuromuscular and fatigue responses to the rest-pause method. *J Sci Med Sport.*
- OMNI Exertion Scale, OMNI Picture System of Perceived Exertion (Adult OMNI Versions).* (2022, Maggio 3). Tratto da American Physical Therapy Association: <https://www.apta.org/patient-care/evidence-based-practice-resources/test-measures/omni-exertion-scale>
- Ong, C., Lee, J., Leow, M., & Puthuchery, Z. (2017). Skeletal Muscle Ultrasonography in Nutrition and Functional Outcome Assessment of Critically Ill Children: Experience and Insights From Pediatric Disease and Adult Critical Care Studies. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.*
- Passerieux, E., Rossignol, R., Letellier, T., & Delage, J. (2007). Physical continuity of the perimysium from myofibers to tendons: Involvement in lateral force transmission in skeletal muscle. *J Struct. Biol.*

- Passerieux, E., Rossignol, R., Letellier, T., & Delage, J. (2007). Physical continuity of the perimysium from myofibers to tendons: Involvement in lateral force transmission in skeletal muscle. *J. Struct. Biol.*
- Patel, T., & Lieber, R. (1997). Force transmission in skeletal muscle: From actomyosin to external tendons. *Exerc Sport Sci Rev.*
- Pirri, C., Fede, C., Petrelli, L., Guidolin, D., Fan, C., De Caro, R., et al. (2020). An anatomical comparison of the fasciae of the thigh: A macroscopic, microscopic and ultrasound imaging study. *Journal of Anatomy.*
- Pirri, C., Guidolin, D., Fede, C., Macchi, V., De Caro, R., & Stecco, C. (2021). Ultrasound Imaging of Brachial and Antebrachial Fasciae. *Diagnostics* .
- Pollak, K., Swenson, J., Vanhaitsma, T., Huguen, R., Jo, D., & White, A. (2014). Exogenously applied muscle metabolites synergistically evoke sensations of muscle fatigue and pain in human subjects. *Exp Physiol.*
- Pollak, K., Swenson, J., Vanhaitsma, T., Huguen, R., Jo, D., White, A., et al. (2014). Exogenously applied muscle metabolites synergistically evoke sensations of muscle fatigue and pain in human subjects. *Exp Physiol.*
- Purslow, P. (2010). Muscle fascia and force transmission. *J Bodyw Mov Ther.*
- Saka, T., Akova, B., Yazici, Z., Sekir, U., Gür, H., & Ozarda, Y. (2009). Difference in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and knee extensors eccentric exercises. *J Sports Sci Med.*
- Sharafi, B., & Blemker, S. (2011). A mathematical model of force transmission from intrafascicularly terminating muscle fibers. *J Biomech.*
- Stecco, A., Giordani, F., Fede, C. P., De Caro, R., & Stecco, C. (2023). From Muscle to the Myofascial Unit: Current Evidence and Future Perspectives. *Int J Mol Sci.*
- Stecco, A., Macchi, V., Masiero, S., Porzionato, A., Tiengo, C., & Stecco, C. (2009). Pectoral and femoral fasciae: common aspects and regional specializations. *Surg Radiol Anat.*
- Stecco, L. (2002). *Manipolazione Della Fascia*. Padova: Piccin Nuova Libreria.

- Tenberg, S., Nosaka, K., & Wilke, J. (2021). Fascia thickness increases following eccentric exercise leading to delayed onset muscle soreness. *Res. Sq.*
- Turrina, A., Martínez-González, M., & Stecco, C. (2013). The muscular force transmission system: Role of the intramuscular connective tissue. *J. Bodyw. Mov. Ther.*
- Wilke, J., & Behringer, M. (2021). Is "Delayed Onset Muscle Soreness" a False Friend? The Potential Implication of the Fascial Connective Tissue in Post-Exercise Discomfort. *Int J Mol Sci.*
- Wilke, J., & Behringer, M. (2021). Is "Delayed Onset Muscle Soreness" a False Friend? The Potential Implication of the Fascial Connective Tissue in Post-Exercise Discomfort. *Int J Mol Sci.*
- Wilke, J., Hespanhol, L., & Behrens, M. (2019). Is It All About the Fascia? A Systematic Review and Meta-analysis of the Prevalence of Extramuscular Connective Tissue Lesions in Muscle Strain Injury. *Orthop J Sports Med.*
- Wilke, J., Vleeming, A., & Wearing, S. (2019). Overuse Injury: The Result of Pathologically Altered Myofascial Force Transmission? *Exerc. Sport Sci. Rev.*
- Yu, J., Carlsson, L., & Thornell, L. (2004). Evidence for myofibril remodeling as opposed to myofibril damage in human muscles with DOMS: an ultrastructural and immunoelectron microscopic study. *Histochem Cell Biol.*
- Yu, J., Carlsson, L., & Thornell, L. (2004). Evidence for myofibril remodeling as opposed to myofibril damage in human muscles with DOMS: an ultrastructural and immunoelectron microscopic study. *Histochem Cell Biol.*
- Zügel, M., Maganaris, C., Wilke, J., Jurkat-Rott, K., Klingler, W., & Wearing, S. (2018). Fascial tissue research in sports medicine: from molecules to tissue adaptation, injury and diagnostics: consensus statement. *Br J Sports Med.*
- Zügel, M., Maganaris, C., Wilke, J., Jurkat-Rott, K., Klingler, W., Wearing, S., et al. (2018). Fascial tissue research in sports medicine: from molecules to tissue adaptation, injury and diagnostics: consensus statement. *Br J Sports Med.*