

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
Dipartimento di Scienze Biomediche  
Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**ADATTAMENTI MORFOLOGICI DEL MUSCOLO QUADRICIPITE  
FEMORALE IN SOGGETTI ALLENATI CON ALLENAMENTO  
TRADIZIONALE E SOGGETTI ALLENATI CON OVERLOAD  
ECCENTRICO SU LEG PRESS.**

Relatore: Prof. Franchi Martino

Correlatore: Sarto Fabio

Laureando: Ferrara Davide

N° di matricola: 1225184

Anno Accademico 2021/2022

## **Indice**

Introduzione.....	2
I diversi tipi di contrazione.....	5
Contrazioni eccentriche ed allenamento con overload eccentrico .....	8
Fattori influenzanti ipertrofia muscolare e CSA.....	10
Disegno sperimentale.....	13
Partecipanti.....	14
Test strutturali.....	15
Test funzionale.....	22
Test neuromuscolari.....	23
L'allenamento dei soggetti.....	24
Analisi dei dati.....	28
Vasto mediale.....	29
Vasto laterale.....	31
Retto femorale.....	33
Vasto intermedio.....	35
Quadricipite femorale.....	37
Discussione dei risultati e conclusioni.....	39
Bibliografia.....	41
Ringraziamenti.....	44

## Introduzione

La seguente trattazione verterà sullo studio degli adattamenti indotti dall'allenamento con overload eccentrico studiati, nel periodo tra Aprile '22 e Luglio '22 durante una sperimentazione condotta da un gruppo di studenti del terzo anno di Scienze Motorie dell'Università di Padova, dei quali faccio parte, in collaborazione con Franchi Martino professore di fisiologia dell'Università di Padova. Lo studio in questione ha preso parte un campione di 20 persone, tutte ricreativamente attive, delle quali 10 di genere femminile e 10 di genere maschile e della classe d'età tra i 18 e i 35 anni ha avuto una durata di 6 settimane, 2 di test e 4 di allenamenti. La sperimentazione prevedeva la divisione dei soggetti in due gruppi da 10 persone, omogeneamente distribuiti per genere, e randomizzati con un apposito programma, in modo da rendere l'errore dovuto dalla discriminazione dei soggetti pari a zero.

Va inoltre aggiunto che il numero di persone preso in esame è stato tale da garantire una buona potenza statistica allo studio, calcolo eseguito per mezzo di un algoritmo nella fase di progettazione del lavoro sperimentale.

L'intera sperimentazione è stata eseguita grazie all'utilizzo di una leg press con funzionamento a carico elettromagnetico della linea Biostrength fornitaci dal gruppo Technogym, che permette di selezionare varie modalità di allenamento, tra le quali, quelle che abbiamo utilizzato per il nostro studio: modalità di allenamento con sovraccarichi tradizionale e modalità di allenamento con overload eccentrico. Quest'ultima modalità prevedeva che nella fase concentrica del movimento fosse sollevato un carico ed nella fase eccentrica del movimento venisse applicato un aumento del carico del 50% sul carico iniziale.



*Figura 1- Foto della leg press utilizzata per lo studio*

Il primo gruppo, che d'ora in avanti per il resto della trattazione chiameremo gruppo di controllo, si è quindi sottoposto ad un normale allenamento di sovraccarichi della durata di 4 settimane per 3 volte a settimana, il secondo gruppo, invece si è allenato utilizzando

l'overload durante la fase eccentrica fornito dalla macchina, sempre per la durata di 4 settimane, con la frequenza di 3 volte a settimana.

Va sottolineato, anche per confermare la bontà del lavoro sperimentale, che i due gruppi si sono allenati con lo stesso volume di lavoro, motivo per cui il gruppo di controllo ha avuto un numero di ripetizioni leggermente più elevato ad ogni allenamento, al fine di compensare il volume di lavoro dato in più dall'overload in fase eccentrica fornito all'altro gruppo.

Nella settimana antecedente ed in quella successiva alle 4 settimane di allenamento, sono stati eseguiti dei test ad ogni partecipante, al fine di tenere monitorati i risultati ed estrapolare dei dati oggettivi al termine della sperimentazione.

Lo studio dei risultati comprende tre differenti macroaree: Muscular Structural adaptations, che sarà quella trattata principalmente nella seguente tesi, che va ad indagare, grazie ad un'ecografia ad ultrasuoni la morfologia muscolare, l'architettura e la qualità del tessuto muscolare e gli adattamenti che le differenti modalità di allenamento hanno portato; Muscle functional adaptation, che andrà invece ad analizzare le componenti più prestazionali, quali activation capacity, time to peak force e maximum voluntary contraction; Muscular Neural adaptation, che studia gli adattamenti a livello neurale, le proprietà dei motoneuroni ed il rate of force development.

Come anticipato nel precedente paragrafo la trattazione della tesi sarà incentrata sulla macroarea strutturale, verranno dunque descritti i test utilizzati per analizzare la struttura muscolare a livello del quadricipite, spiegando il funzionamento dell'ecografo ad ultrasound e le modalità in cui è stato utilizzato al fine di ottenere le immagini di cui avevamo bisogno. Verranno inoltre studiati nello specifico quelli che sono i temi legati alla morfologia muscolare, ai principi teorici che stanno alla base dell'ipertrofia delle fibre muscolari, oltre ovviamente a dare nozioni riguardo le contrazioni eccentriche, vero e proprio focus del lavoro di ricerca ed ad andare ad analizzare i dati sperimentali raccolti nelle settimane di test, valutando quindi nello specifico gli adattamenti a livello morfologico della struttura muscolare, in particolare la cross sectional area (CSA), per concludere infine con l'analisi dei risultati.

Un'attenzione particolare verrà data al lavoro di imaging, con un focus maggiore sulle panoramiche eseguite al 30%, 50% della lunghezza del femore, prese durante i test

iniziali e finali in ogni partecipante. È appunto da queste immagini che siamo stati in grado di analizzare le CSA delle diverse persone che si sono sottoposte allo studio.

Questa analisi, correlata ad i risultati ottenuti negli altri campi di lavoro, soprattutto in quello funzionale, ci permetterà di riconoscere eventuali correlazioni tra le variazioni della CSA in determinate sezioni e la performance.

## I diversi tipi di Contrazione

Parlando di contrazione muscolare possiamo distinguere tre differenti tipi di contrazione: concentrica, isometrica ed eccentrica. Per descrivere in modo adeguato e riuscire a seguire nel modo più completo possibile il seguente elaborato, oltre che per poter comprendere affondo la base teorica sul quale si basa la sperimentazione in questione, credo sia necessario parlare in modo esaustivo dei diversi tipi di contrazione.

Ognuna di queste si distingue dalle altre per la velocità con la quale viene eseguita

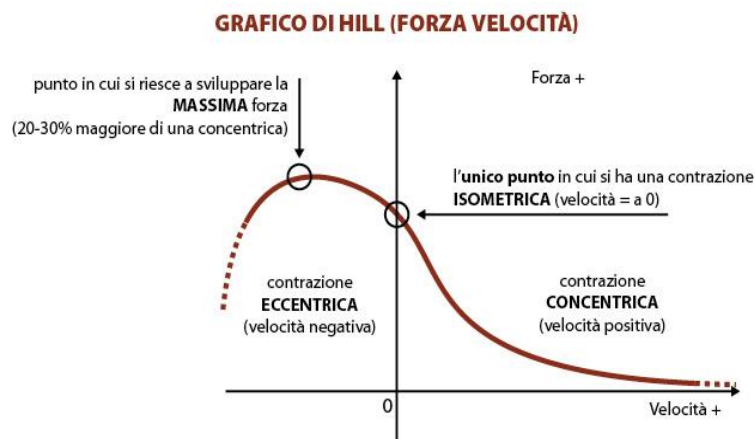


Figura 2 - Grafico di Hill Forza-Velocità

Fonte: Federazione italiana fitness

Quello riportato è il grafico di Hill, un grafico forza-velocità, grazie al quale è possibile notare alcune delle caratteristiche delle forze elencate precedentemente.

Dallo studio del grafico, notiamo che la contrazione concentrica ha velocità positiva, quella isometrica ha velocità uguale a zero e quella eccentrica ha velocità negativa (Hill 1933).

Andando ancora più nello specifico possiamo descrivere la contrazione concentrica come una contrazione in cui le fibre muscolari si accorciano mentre sviluppano tensione, la velocità sarà dunque positiva. Questo tipo di contrazione si differenzia poi al suo interno per la velocità a cui viene eseguita: più alta sarà la resistenza da vincere e più la contrazione sarà lenta, si andrà quindi a parlare all'estremo di forza massima concentrica. Per contro, più bassa sarà la resistenza da vincere e più veloce sarà la contrazione, si andrà quindi all'estremo a parlare di resistenza muscolare al minimo della resistenza esterna.

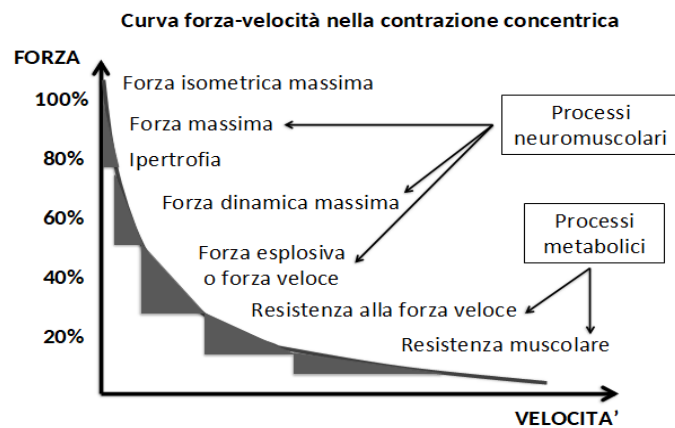


Figura 3 - Curva Forza-Velocità nella contrazione concentrica

Fonte: Slides lezioni Metodologia allenamento Unipd

Per quanto riguarda la contrazione isometrica, la possiamo descrivere come una contrazione che esprime una tensione sempre maggiore rispetto a quella concentrica: corrisponde al punto di passaggio tra velocità positiva e negativa nel grafico, il punto in cui la resistenza è così alta da non permettere lo spostamento del carico. Infatti, durante una contrazione isometrica la velocità è uguale a zero e di conseguenza non vi è una produzione di lavoro esterno in quanto le strutture anatomiche in cui si inserisce il muscolo non subiscono variazioni angolari. Tale contrazione produce soltanto un lavoro muscolare interno, ovvero l'accorciamento della parte contrattile del muscolo, e il relativo allungamento delle strutture tendinee.

Per concludere questo argomento parliamo delle contrazioni eccentriche, che saranno quelle di maggiore importanza in questo studio di ricerca. Una contrazione muscolare eccentrica (in allungamento) si verifica quando una forza applicata al muscolo supera la forza momentanea prodotta dal muscolo stesso, determinando un allungamento forzato del sistema muscolo-tendineo durante la contrazione. Queste contrazioni, che provocano sia la frenata che l'accumulo di energia di caricamento elastica durante la normale locomozione, richiedono pochissima energia metabolica, tuttavia, sono caratterizzate da un'elevata produzione di forza (Lindstedt, LaStavo, Reich, 2001).

Sarà infatti questa elevata produzione di forza il punto su cui verrà indirizzato il focus della sperimentazione.

Analizzando il susseguirsi di contrazioni a livello del quadricipite femorale durante una comune esecuzione sulla leg press, troviamo l'alternanza di due fasi: una fase concentrica, che va da quando l'utente ha le gambe piegate a quando le distende, ed una fase eccentrica, che va da quando il soggetto ha le gambe estese a quando ritorna a gambe piegate. Ora che abbiamo analizzato le diverse tipologie di contrazione ed analizzato il grafico di Hill, risulterà semplice dedurre che nella fase eccentrica del movimento sarà possibile sviluppare una tensione maggiore rispetto che nella fase concentrica, ed è proprio su questo punto che si basa tutta la sperimentazione in oggetto. Con la leg press che ci è stata messa a disposizione da Technogym, infatti, siamo stati in grado di fornire un overload eccentrico ad un gruppo di soggetti, permettendo loro di allenarsi con una resistenza maggiore in fase eccentrica rispetto a quella della fase concentrica, cosa che invece non è stata fatta nel gruppo di controllo che ha eseguito un comune allenamento sulla stessa leg press, ma settata in modo tradizionale, dunque con lo stesso carico durante entrambe le fasi di movimento. Sarà quindi interessante analizzare la differenza di risultati ottenuti per i due gruppi al termine della sperimentazione.

Per quanto riguarda gli effetti dell'allenamento con overload eccentrico rimando il lettore alla lettura delle prossime pagine, che tratteranno nello specifico allenamento e contrazioni eccentriche.



## **Contrazioni eccentriche ed allenamento con overload eccentrico**

Nel capitolo precedente abbiamo descritto in modo sintetico i diversi tipi di contrazione, in questo andremo invece ad affrontare in modo più approfondito l'argomento delle contrazioni eccentriche vedremo come queste possono influenzare i risultati di un allenamento in termini di ipertrofia.

L'esercizio eccentrico è caratterizzato dal fatto che crea microlesioni muscolari ed una maggiore tensione meccanica rispetto alle contrazioni concentriche/isometriche e questo gli permette di portare a maggiori adattamenti muscolari (Lindstedt, LaStayo, Reich 2001).

L'allenamento eccentrico è associato a significativi adattamenti fisiologici all'interno del muscolo scheletrico, comprese sia le variazioni causate sugli elementi del muscolo contrattili che non contrattili. Semplificando, quando si verifica un overload meccanico, nel muscolo, le miofibrille e la matrice extracellulare subiscono una perturbazione, che a sua volta stimola un processo di reazioni chimiche che portano alla sintesi proteica. La tensione meccanica indotta dall'esercizio ad alta intensità può anche aumentare il tasso di stress metabolico e stimolare vie subcellulari coinvolte nella sintesi proteica come la via della MAPK, che può svolgere un ruolo importante nella crescita muscolare indotta dall'esercizio. Il numero totale di sarcomeri in parallelo ed in serie aumenta con conseguente aumento della lunghezza del fascicolo e dell'angolo di pennazione e, di conseguenza, si ottiene ipertrofia muscolare (Lindstedt, LaStayo, Reich 2001).

È stato dimostrato che l'allungamento combinato con il sovraccarico dia il massimo stimolo efficace per favorire la crescita muscolare (Vandenburgh 1987).

Durante l'esercizio eccentrico, il muscolo scheletrico è soggetto sia ad allungamento che a sovraccarico che innesca un danno subcellulare alle componenti contrattili e strutturali del muscolo scheletrico (Coffey, Hawley 2007). Questo danno subcellulare induce una sequenza di eventi fisiologici inclusa l'attivazione di vie di segnalazione principali per l'espressione genica e l'ipertrofia muscolare (Hedayatpour et al. 2008).

In diversi studi, come ad esempio quello condotto da M. V. Narici et al. nel 1989 che andava ad indagare sulle conseguenze dell'allenamento e la cessazione dell'allenamento del quadricipite femorale, si è notato che i muscoli scheletrici

percepiscono le informazioni meccaniche e convertono questi stimoli in eventi biochimici che regolano la velocità della sintesi proteica e che le contrazioni eccentriche inducono, inoltre, una maggiore tensione meccanica sulle fibre muscolari rispetto all'esercizio concentrico, questa forma di esercizio induce una più rapida aggiunta di sarcomeri in serie e in parallelo come si può notare dall'aumento dell'area della sezione trasversale (CSA) e dell'angolo di pennazione.

Altri studi sul sovraccarico eccentrico, come ad esempio quello di Walker et al. 2016, stabilì che, in sintesi, l'allenamento con carico eccentrico accentuato portò a maggiori incrementi della produzione massima di forza, della capacità di lavoro e dell'attivazione muscolare, ma non dell'ipertrofia muscolare, negli individui che già allenavano la forza negli arti inferiori al di fuori dello studio.

Degno di nota per quanto riguarda l'ipertrofia ed il lavoro con overload eccentrico è lo studio condotto da Franchi M.V. et al. nel 2014, nel quale si denota una differenza di distribuzione della crescita muscolare a livello del vasto laterale del quadricipite femorale. Nei risultati sperimentali della sperimentazione in oggetto, infatti, eseguita anch'essa dividendo due gruppi, uno con allenamento convenzionale e uno con allenamento eccentrico, si notò che, nonostante nei due gruppi l'incremento del volume muscolare fosse simile, questo incremento si distribuì diversamente a livello del vasto laterale. Venne infatti analizzata una crescita dell'8% nei soggetti sottoposti ad allenamento eccentrico contro il 2% del gruppo concentrico nella regione distale del vasto laterale. Altra differenza venne notata nella regione della mid-belly, questa volta a favore del gruppo concentrico con un incremento dell'11% contro il 7% del gruppo eccentrico. Probabilmente queste differenze sono causate dal fatto che la crescita muscolare data dal lavoro concentrico ed eccentrico si verifica con differenti adattamenti morfologici che riflettono il comportamento delle fibre muscolari e le differenti risposte molecolari. Venne infatti notato un aumento della fosforilazione della MAPKs dopo 30 minuti dalla fine dell'esercizio nel gruppo eccentrico, cosa che invece non avveniva nel gruppo concentrico. Questo fa pensare che l'ipertrofia regionale dipenda dal fatto che porzioni differenti dello stesso muscolo utilizzino meccanismi diversi per rispondere allo stimolo meccanico e per questo che alcune regioni del muscolo siano più sensibili ad un determinato stimolo (eccentrico o concentrico) rispetto ad altre.

## Fattori influenzanti ipertrofia muscolare e CSA

In questo capitolo andremo a descrivere il concetto di ipertrofia, capiremo cos'è una CSA ed analizzeremo i principali fattori che causano l'aumento della massa muscolare senza entrare troppo nello specifico.

Si definisce ipertrofia l'aumento di volume di un organo o di un tessuto, consecutivo a un aumento di volume degli elementi cellulari che lo costituiscono, senza apprezzabili modificazioni di struttura. Le ipertrofie sono provocate dai medesimi stimoli che determinano le iperplasie; spesso l'ipertrofia si accompagna all'iperplasia. Per iperplasia si intende l'aumento delle dimensioni di un organo o di un tessuto, dovuto alla moltiplicazione delle cellule che lo costituiscono (Enciclopedia Treccani).

La CSA (Cross Sectional Area) è l'area di una sezione trasversale del muscolo.

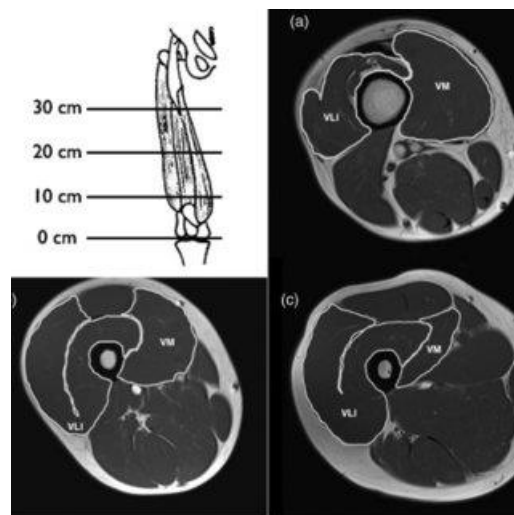


Figura 4 - CSA della coscia a diverse altezze

Fonte: slides lezioni anatomia Unipd

Come è possibile notare nell'immagine, e soprattutto, come vedremo nei prossimi capitoli, la CSA a livello del quadricipite femorale è molto interessante in quanto, a seconda dell'altezza a cui essa viene presa, la divisione della massa muscolare risulta essere differente, in quanto, man mano che ci si avvicina all'inserzione distale la porzione di area occupata del retto femorale diminuisce all'aumentare di quella occupata del vasto mediale e viceversa avvicinandosi all'inserzione prossimale.

In fase di analisi dei risultati ottenuti dei test finali è stato interessante analizzare i guadagni in termini di ipertrofia nei diversi soggetti allenati grazie all'utilizzo delle CSA prese tramite ecografia al 50% e 30% della lunghezza del femore.

Studi di vario tipo su colture cellulari, animali ed umane hanno stabilito che le citochine e fattori di crescita sono in grado di regolare la crescita muscolare.

Da un punto di vista più approfondito l'esercizio finalizzato all'aumento della massa muscolare è associato a delle modifiche in una o più variabili muscolari come la tensione passiva, la tensione indotta dalla contrazione, la concentrazione di calcio sarcoplasmatica, la richiesta di energia, la concentrazione di ossigeno intramuscolare, la presenza di ormoni, fattori di crescita e citochine, la temperatura e il danno cellulare.

Uno dei fattori di crescita maggiormente coinvolti nel processo di aumento della massa muscolare è il fattore di crescita insulino-simile-1 (IGF-1). È stato dimostrato che esso modula la dimensione muscolare e che svolge un ruolo critico nella regolazione della funzione muscolare (Paoli et al. 2009).

Una delle funzioni più importanti dell'IGF-1 è la regolazione della sintesi proteica nel muscolo scheletrico e la promozione della crescita corporea. Si pensa, inoltre, che l'IGF-1 medi molti degli esiti benefici dati dall'attività fisica (Majorczyk et al. 2016).

Il fattore di crescita IGF-1, nel momento in cui si lega al suo recettore specifico, scatena una cascata di reazioni che agiscono trasformando il segnale meccanico in un segnale molecolare che veicolato all'interno della cellula porta a un'adeguata risposta cellulare.

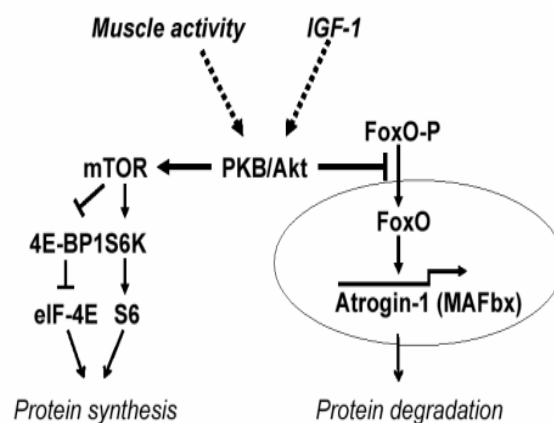


Figura 5 - Le vie metaboliche e di segnale per l'IGF-1.

Fonte: Paoli et al. 2009

In figura sono rappresentate le vie metaboliche e di segnale per l'IGF-1: la rappresentazione schematica enfatizza il ruolo primario della cascata PKB/Akt.

Insieme all'IGF-1 e alla sua cascata di reazioni, il carico meccanico è il più importante fattore che stimola la crescita ipertrofica e la sua mancanza provoca atrofia.

Ci sono probabilmente dei sensori di carico nelle miofibrille che nel sarcomero agirebbero in particolare sulla linea Z e attraverso questa sulla titina o altre proteine (Grater, 2005 e Lange, 2005). Questi sensori agirebbero direttamente o attraverso vie di segnale intracellulare regolando la sintesi e il catabolismo delle proteine.

Quindi gli stimoli applicati al muscolo, in particolar modo la contrazione eccentrica, sembrano stimolare direttamente la sintesi proteica (Paoli et al. 2009).

Si pensa, inoltre, che l'ipertrofia sia mediata dall'attività delle cellule satelliti, che risiedono tra la lamina basale e il sarcolemma. Queste cellule staminali miogeniche sono normalmente quiescenti ma diventano attive quando viene imposto uno stimolo meccanico sufficiente al muscolo scheletrico (Schoenfeld, 2010).

Si ritiene che le cellule satelliti facilitino l'ipertrofia muscolare in diversi modi. In primo luogo, donano nuclei extra alle fibre muscolari, aumentando la capacità di sintetizzare nuove proteine contrattili (Moss et al. 1971). Poiché il rapporto tra contenuto nucleare e massa di fibre di un muscolo rimane costante durante l'ipertrofia, i cambiamenti richiedono una fonte esterna di cellule mitoticamente attive. Le cellule satelliti mantengono la capacità mitotica e quindi fungono da pool di un mionucleo per supportare la crescita muscolare (Barton-Davis et al. 1999).

Ciò è coerente con il concetto di dominio mionucleare, che propone che il mionucleo regoli la produzione di mRNA per un volume sarcoplasmatico finito e qualsiasi aumento delle dimensioni delle fibre deve essere accompagnato da un aumento proporzionale dei mionuclei. Dato che i muscoli sono costituiti da più domini mionucleari, l'ipertrofia potrebbe plausibilmente verificarsi come risultato di un aumento del numero di domini (iperplasia) o di un aumento delle dimensioni dei domini esistenti. Si pensa che entrambi si manifestino in ipertrofia, con un contributo significativo delle cellule satelliti (Toigo et al. 2006).

Dopo aver dato alcuni cenni teorici sul materiale che verrà trattato in modo sperimentale dai prossimi capitoli, andremo ora a parlare del disegno sperimentale dello studio.

## Disegno sperimentale

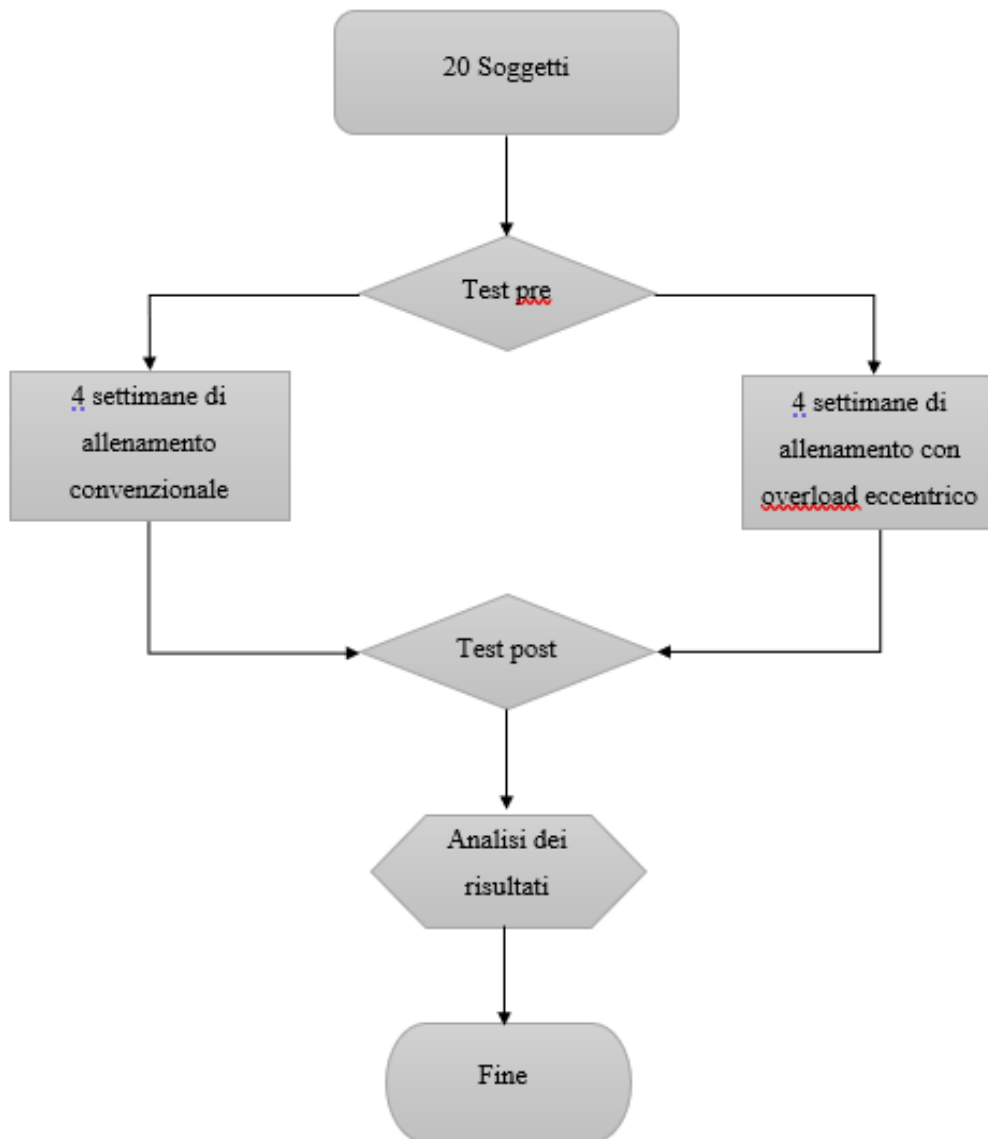


Figura 6 - Flowchart che rappresenta in modo schematico come è stato organizzato lo studio sperimentale

In figura è riportato il flowchart che rappresenta come si è svolta la sperimentazione e le differenti fasi che l'hanno composta. Ora andremo ad analizzare nello specifico ogni fase che ha portato alla realizzazione dello studio.

## **Partecipanti**

Allo studio hanno preso parte inizialmente 24 soggetti ricreativamente attivi ed in salute, con un'età compresa fra i 18 e i 35 anni. I partecipanti, inoltre, si dividevano equamente per genere, ad inizio studio contavamo dunque 12 maschi e 12 femmine. È stata quindi eseguita una randomizzazione per dividere i soggetti in 2 gruppi da 12 persone ognuno, equamente suddivisi per genere, ai quali d'ora in poi assoceremo i nomi CONV (allenamento convenzionale) ed ECC (allenamento con overload eccentrico). Al termine della randomizzazione il gruppo CONV contava perciò 12 partecipanti dei quali 6 maschi e 6 femmine, così come il gruppo ECC. Ai soggetti è stato assegnato con codice personale, nel seguente modo: CONV01, CONV02, CONV03..., per i soggetti del gruppo CONV e ECC01, ECC02, ECC03..., per i soggetti del gruppo ECC. È importante dire che inizialmente lo studio doveva contare 36 soggetti partecipanti che, a causa di scelte di tipo logistico e di tempistiche, sono stati ridotti a 24. La notizia della riduzione è arrivata al termine della prima settimana di test, di conseguenza abbiamo avuto la possibilità di scartare una parte dei partecipanti già testati, in modo da tenere i soggetti con un BMI che non eccedesse di oltremisura quello del normopeso. A causa di questa variazione i gruppi di soggetti non saranno numerati ordinatamente da CONV01 a CONV12 e da ECC01 a ECC12, ma si arriverà ad avere una numerazione leggermente ampliata e con qualche salto causato, appunto, dai soggetti scartati.

In seguito all'operazione di divisione dei soggetti e fissati con loro gli appuntamenti per i test è stato fatto firmare loro il consenso informato, modulo che li metteva a conoscenza dei test e degli allenamenti che sarebbero andati ad effettuare, in modo che fossero il più informati possibile.

Oltre al consenso informato, durante il primo appuntamento, coincidente con la sessione di test preliminari, al soggetto, veniva consegnato un diario alimentare da compilare nell'arco della settimana successiva inserendo nel modo più preciso possibile quello che sarebbero andati a mangiare per tre giorni della settimana successiva, dei quali due infrasettimanali ed uno nel fine settimana. Questo diario alimentare, ovviamente, è stato dato da compilare anche al termine delle quattro settimane di allenamento. Questo è servito per capire se i soggetti nell'arco del periodo degli allenamenti avessero cambiato alimentazione ed introito calorico in maniera troppo marcata andando, quindi, ad alterare i risultati. Come ultimo è stato fatto compilare loro il Global Physical Activity

Questionnaire (GPAQ), un questionario sull'attività fisica globale che è servito a valutare il livello di attività dei soggetti partecipanti allo studio, in modo da valutare che non fossero eccessivamente attivi o sedentari. Come per il diario alimentare il questionario è stato riproposto alla seduta di test finali. Questi dati non saranno trattati nella tesi.

## Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ)



WHO STEPwise approach to noncommunicable disease risk factor surveillance

Surveillance and Population-Based Prevention  
Prevention of Noncommunicable Diseases Department  
World Health Organization  
20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland  
For further information: [www.who.int/stepwise](http://www.who.int/stepwise)

Attività fisica			
<p>Questo questionario è stato creato per misurare il tuo livello di attività fisica globale. Si prega di rispondere a queste domande anche se non ritieni di essere una persona fisicamente attiva. Pensa a un'attività al tempo che viene svolta in modo regolare (almeno una volta a settimana) e che ti fa sudare, respirare pesantemente, essere fuori dal solito ritmo di vita.</p>			
Domanda	Risposta	Codice	
<b>Attività nel tempo libero</b>			
1. Il tuo tempo libero include attività fisica durante la quale aumenti notevolmente la respirazione e il battito cardiaco, come respirare a ritmo sostenuto, nuotare e impegnare lavori duri per due mesi almeno?	<p>Si 1</p> <p>No 2 Passare alla domanda P4</p>	P1	
2. Quanti giorni di una settimana normale svolge attività fisica a tempo libero?	Numero di giorni	P2	
3. Quanto tempo trascorre compiendo attività fisica in una normale giornata di tempo libero?	<p>Oh: Minuti</p> <p>Minuti</p>	P3 (a-b)	
4. Il tuo tempo libero include attività fisica moderata durante la quale aumenti leggermente la respirazione e il battito cardiaco, come un'andatura rapida o respirare un po' leggeri per almeno due mesi?	<p>Si 1</p> <p>No 2 Passare alla domanda P7</p>	P4	
5. Quanti giorni di una settimana normale svolge attività fisica moderata a tempo libero?	Numero di giorni	P5	
6. Quanto tempo trascorre compiendo attività moderata in una normale giornata lavorativa?	<p>Oh: Minuti</p> <p>Minuti</p>	P6 (a-b)	
<b>Attività nel tempo libero</b>			
7. Il tuo tempo libero include attività fisica vigorosa durante la quale aumenti notevolmente la respirazione e il battito cardiaco, come un'andatura molto rapida o respirare pesantemente per almeno due mesi?	<p>Si 1</p> <p>No 2 Passare alla domanda P10</p>	P7	
8. Quanti giorni di una settimana normale va a piedi in un'andatura per almeno due mesi per scopi di un'attività fisica?	Numero di giorni	P8	
9. Quanto tempo trascorre in una giornata normale per scopi di un'attività fisica a piedi in un'andatura per almeno due mesi?	<p>Oh: Minuti</p> <p>Minuti</p>	P9 (a-b)	
<b>Attività nel tempo libero</b>			
10. Nel tempo libero pratica attività fisica a sport con regole o supervisione di un istruttore o di un allenatore, come correre a piedi o a cavallo, per almeno due mesi?	<p>Si 1</p> <p>No 2 Passare alla domanda P13</p>	P10	
11. Quanti giorni di una settimana normale pratica attività fisica a sport a tempo libero?	Numero di giorni	P11	
12. Quanto tempo trascorre in attività fisica moderata o sport in una normale giornata di tempo libero?	<p>Oh: Minuti</p> <p>Minuti</p>	P12 (a-b)	

Attività fisica (attività nel tempo libero) continua		
Domanda	Risposta	Codice
13. Nel tempo libero pratica attività fisica moderata o sport con regole o supervisione di un istruttore o di un allenatore, come un'andatura moderata o andate in bicicletta, nuotare o giocare a pallanuoto per almeno due mesi?	<p>Si 1</p> <p>No 2 Passare alla domanda P16</p>	P13
14. Quanti giorni di una settimana normale pratica attività moderata o sport a tempo libero?	Numero di giorni	P14
15. Quanto tempo trascorre in attività fisica moderata o sport in una normale giornata di tempo libero?	<p>Oh: Minuti</p> <p>Minuti</p>	P15 (a-b)
<b>Comportamento sedentario</b>		
<p>La prossima domanda riguarda il tempo trascorso seduti o sdraiati, in auto, quando si è dentro o in piedi seduti, a tavola o prima del tempo di andare per lavoro (quando seduti alla scrivania, in macchina, sul pulman, a leggere, giocare a carte o guardare la televisione, ma non riguarda il tempo di dormire).</p> <p><b>INDICAZIONE E SEGNALI (USARE LA SCHEDA SPICCATURA)</b></p>		
16. Quanto tempo trascorre seduto o a riposo in una giornata lavorativa?	<p>Oh: Minuti</p> <p>Minuti</p>	P16 (a-b)

We gratefully acknowledge the translation work of the Institute of Social and Preventive Medicine at the University of Bern, Switzerland.



Figura 7 - Esempio di GPAQ proposto ai partecipanti

Importante comunicare, inoltre, che purtroppo a causa di dinamiche legate a positività covid, infortuni e problemi con la leg press, 2 soggetti del gruppo ECC e 2 soggetti del gruppo CONV non hanno potuto portare a termine lo studio. Ai test finali, dunque, si contavano 20 partecipanti, 10 appartenenti al gruppo CONV e 10 appartenenti al gruppo ECC, fortunatamente i soggetti, nonostante le defezioni risultavano comunque equamente suddivisi per genere in entrambi i gruppi.

Terminata la descrizione di tutta la parte preliminare possiamo entrare nel vivo della parte sperimentale descrivendo i test eseguiti sui vari soggetti e le apparecchiature utilizzate. Anticipo al lettore che, siccome questa trattazione verterà sulla parte del lavoro di imaging delle CSA, la spiegazione della parte strutturale sarà più approfondita rispetto a quella funzionale e neuromuscolare che verranno quindi descritte in modo più sintetico.

## Test strutturali

Tutti i test strutturali sono stati eseguiti per mezzo di un ecografo ad ultrasuoni. L'ecografia è una metodica indolore e non invasiva, basata sull'utilizzo di una sonda che non viene introdotta all'interno del corpo, ma semplicemente poggiata esternamente in corrispondenza del distretto da indagare.



Relativamente alla preparazione richiede semplicemente l'applicazione di un gel elettroconduttore in grado di consentire alla sonda di scivolare sulla pelle e, allo stesso tempo, amplificare la trasmissione degli ultrasuoni, eliminando l'aria compresa tra sonda e pelle del paziente.

Le onde sonore sono trasmesse dalla sonda dell'ecografo al corpo umano dove, attraversando i tessuti biologici, vengono convertite in immagini che il medico è in grado di osservare in tempo reale su un apposito monitor.

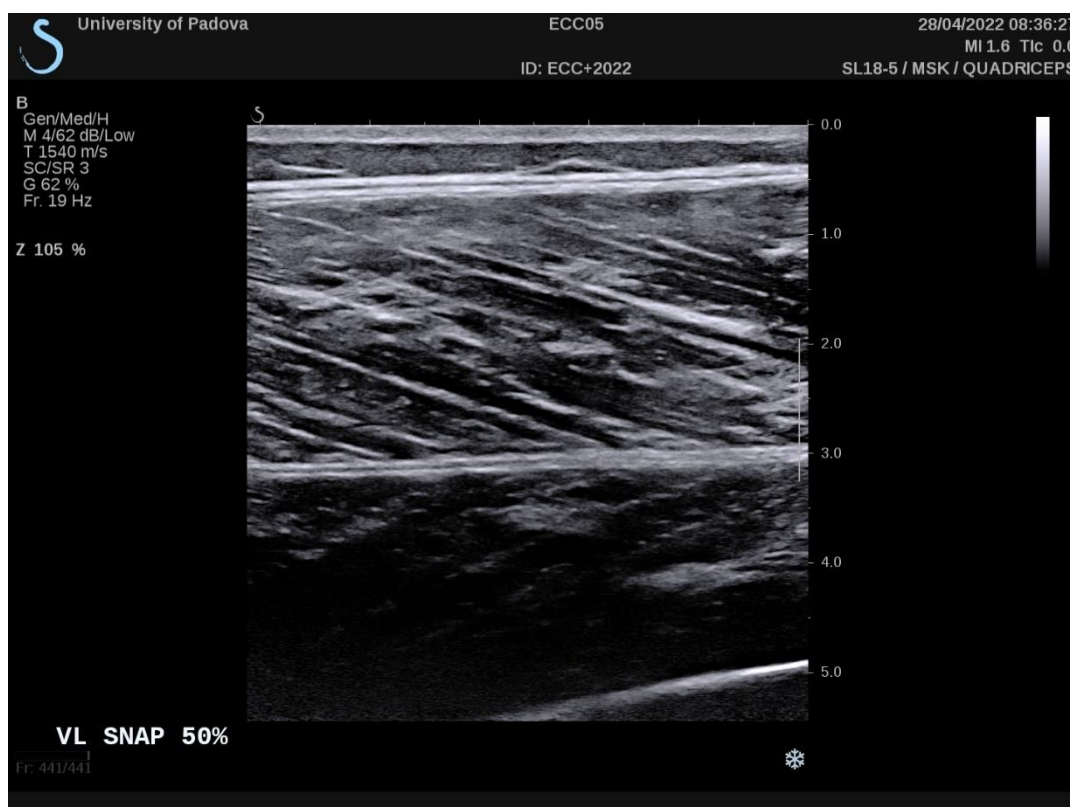
Nella procedura utilizzata il soggetto veniva fatto distendere su un lettino da ortopedia in modo che avesse gli arti inferiori completamente rilassati. Al soggetto disteso venivano quindi segnati, con l'utilizzo di un apposito pennarello, i punti di repere che andrò ad elencare:

- Grande trocantere (entrambe le gambe)
- Linea midpatellare (entrambe le gambe)
- 50% della lunghezza del femore (entrambe le gambe)
- 70% lunghezza del femore (solo gamba destra)
- 30% lunghezza del femore (solo gamba destra)
- Margine mediale del vasto laterale (solo gamba destra)
- Margine laterale del vasto laterale (solo gamba destra)
- 50% della larghezza del vasto laterale al 50% della lunghezza del femore (solo gamba destra)
- 50% della larghezza del vasto laterale al 30% della lunghezza del femore (solo gamba destra)

Questi punti di repere, oltre che a calcolare la lunghezza del femore di entrambe le gambe e la larghezza del muscolo vasto laterale del quadricipite della gamba destra, ci sono serviti a prendere delle immagini in specifici punti del muscolo in modo che esse fossero replicabili ed eseguite nello stesso punto anche nei test di fine studio.

In seguito all'individuazione di questi punti specifici è stato possibile iniziare con l'ecografia utilizzando tre diverse sonde di lunghezza diversa.

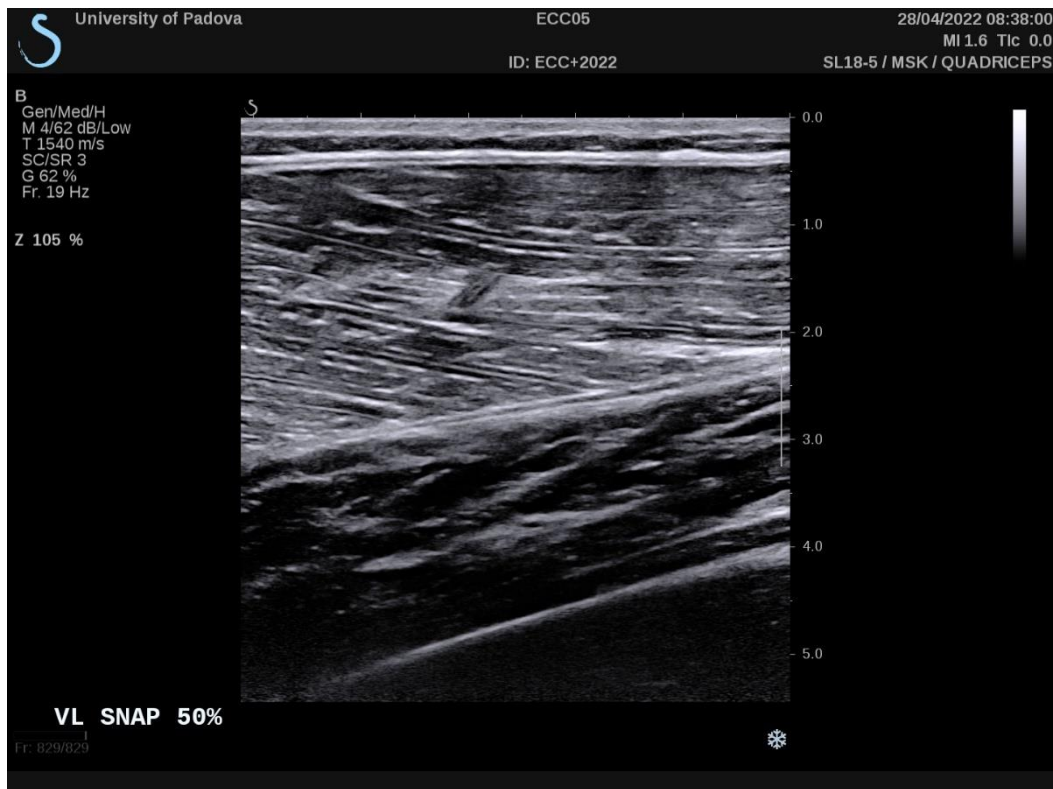
Inizialmente è stata utilizzata una sonda da 5 cm, la quale, posizionata longitudinalmente rispetto ai fasci muscolari, ci ha consentito di analizzare la struttura al 50% della larghezza del vasto mediale al 50% della lunghezza del femore.



*Figura 8 - SNAP eseguita da ecografo ad ultrasuoni raffigurante la sezione longitudinale del muscolo Vasto Laterale al 50% della lunghezza del femore*

Da questa immagine è possibile vedere in modo chiaro la sezione longitudinale del muscolo. Procedendo ad una rapida analisi dell'immagine, infatti, è possibile vedere (dall'alto al basso) la cute, uno strato di adipi sottocutaneo, l'aponevrosi superiore del vasto laterale del quadricipite femorale, il muscolo vasto laterale del quadricipite femorale del quale possiamo notare con chiarezza i fascicoli muscolari, l'aponevrosi inferiore del vasto laterale del quadricipite femorale ed il vasto intermedio (che in questo momento non è di nostro interesse). Con immagini di questo tipo, tramite lavoro di imaging, è possibile calcolare lo spessore del muscolo (distanza tra le due aponevrosi), la lunghezza dei fascicoli muscolari ed il loro angolo di pennazione (angolo con cui i fascicoli si inseriscono sull'aponevrosi inferiore), oltre che analizzare la loro curvatura.

Stesso procedimento è stato eseguito anche al 30% della lunghezza del femore.



*Figura 9 - SNAP eseguita da ecografo ad ultrasuoni raffigurante la sezione longitudinale del muscolo Vasto Laterale al 30% della lunghezza del femore*

Utilizzando la stessa sonda ed anche questa volta spostandoci prima sul 50% e poi sul 30% abbiamo preso delle clip video di 5 secondi utilizzando la funzione SWE (shear wave elastography), che ci ha permesso di effettuare un'elastografia in specifiche zone del muscolo. L'elastografia consente di valutare l'elasticità dei tessuti utilizzando l'emissione di impulsi sonori: un impulso acustico, emesso dalla sonda, viene utilizzato per generare onde trasversali di taglio. La velocità di ritorno di queste onde di taglio è correlata alla rigidità del tessuto sottostante, in questo caso muscolare. L'analisi di queste due tipologie di immagini non farà parte della trattazione della tesi.

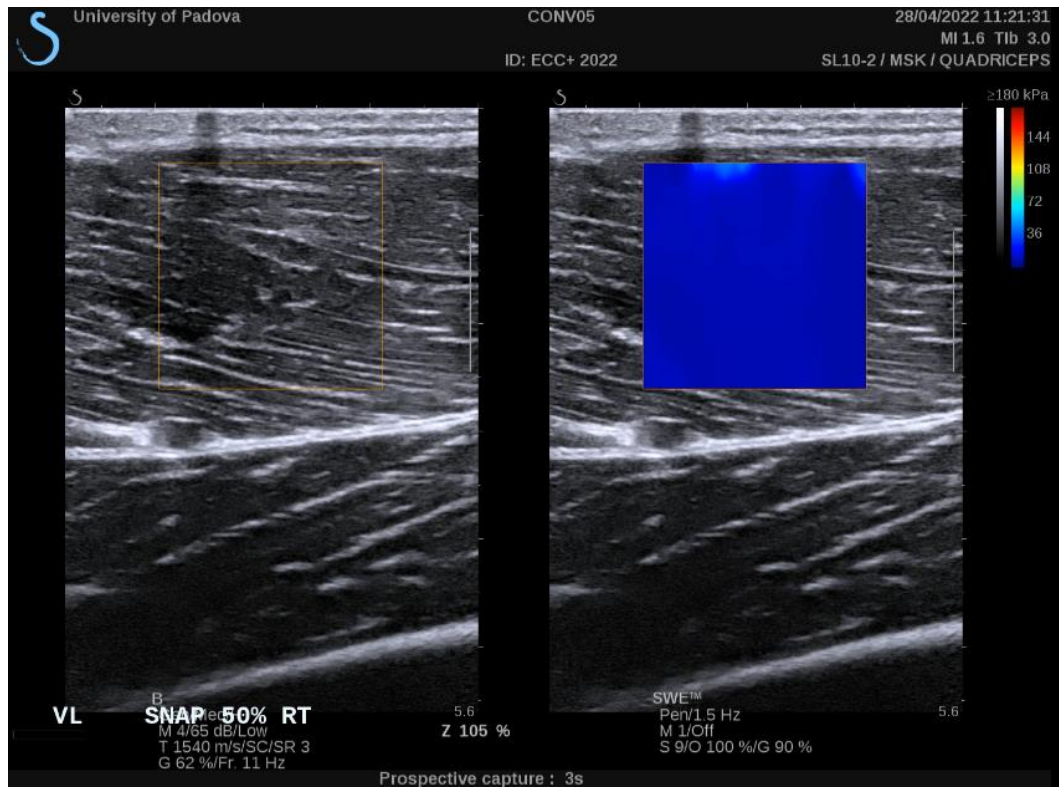


Figura 10 – screenshot tratto dalla clip di 5 secondi eseguita da ecografo ad ultrasuoni durante l’elastografia eseguita sulla sezione longitudinale del muscolo Vasto Laterale al 50% della lunghezza del femore

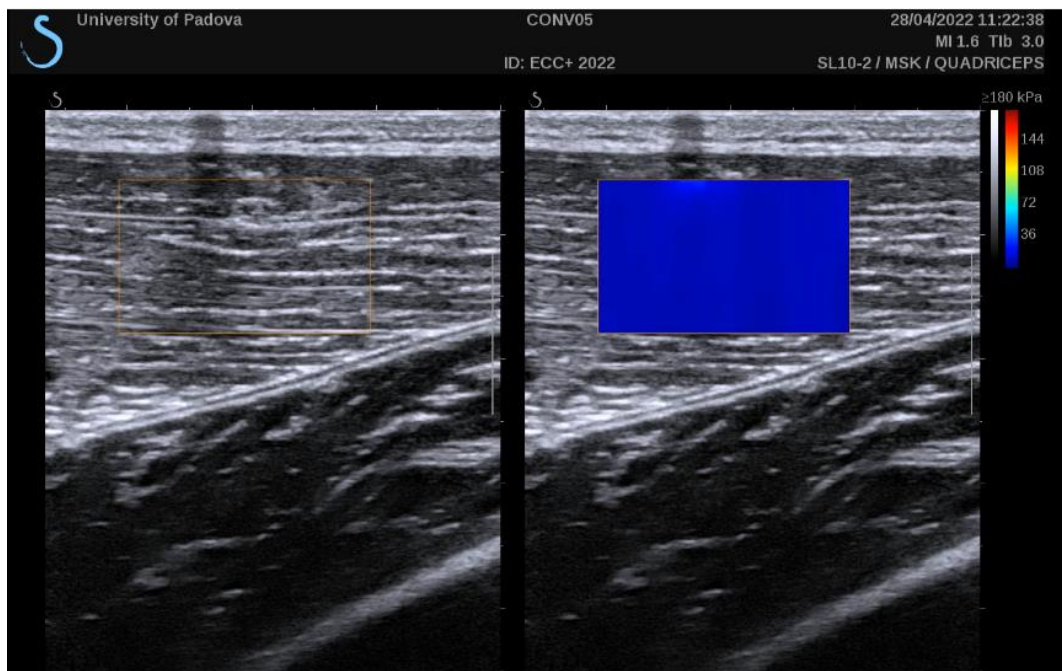


Figura 11 - screenshot tratto dalla clip di 5 secondi eseguita da ecografo ad ultrasuoni durante l’analisi dell’elastografia sulla sezione longitudinale del muscolo Vasto Laterale al 50% della lunghezza del femore

Nelle immagini troviamo un frame della clip effettuata su un soggetto sperimentale. Come è possibile notare c'è un riquadro colorato la centro del muscolo, il quale cambia di colorazione a seconda della rigidità del tessuto. Il riquadro in questo caso è completamente blu, in quanto il muscolo era completamente rilassato. Confrontando quindi le immagini prese nei test iniziali con quelle prese nei test finali è quindi possibile analizzare le variazioni della rigidità muscolare provocate dall'allenamento.

Dopo aver effettuato queste prime due tipologie di test strutturali abbiamo cambiato probe prendendo la sonda da 3,8cm che, essendo più piccola di permetteva di seguire in modo più efficace le curvature del muscolo senza perdere il contatto con la cute.

Utilizzando l'ecografo in modalità panoramica, abbiamo dunque acquisito le immagini delle sezioni trasversali al 70%, 50% e 30% della lunghezza del femore della gamba destra, utilizzando anche in questo caso i punti di repere presi in fase iniziale.

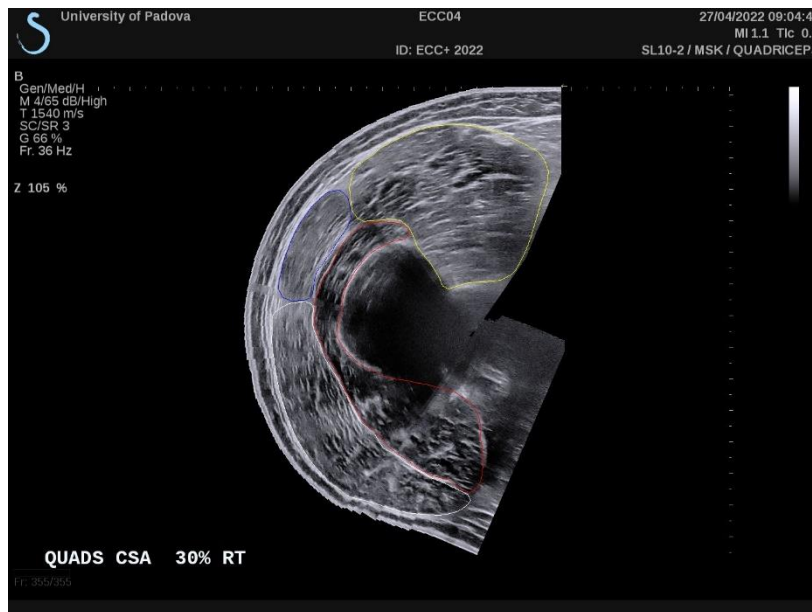
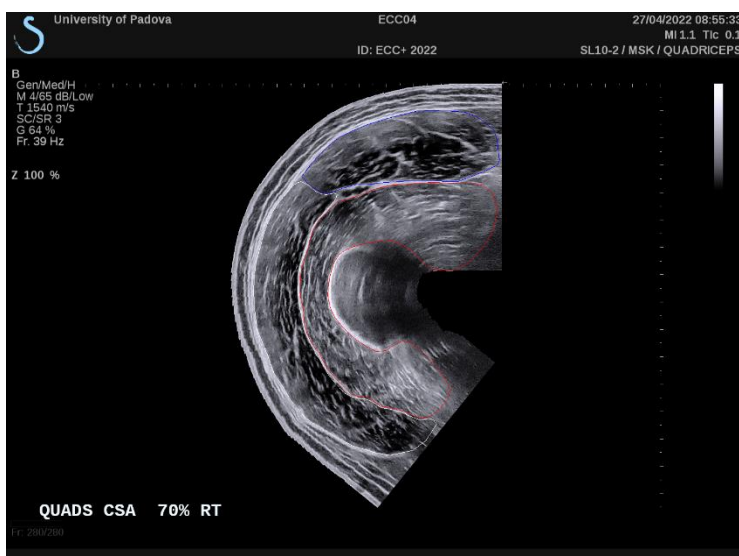


Figura 12 – CSA del muscolo quadricipite femorale eseguita da escografo ad ultrasuoni al 30% della lunghezza del femore



*Figura 13 - CSA del muscolo quadricipite femorale eseguita da escografo ad ultrasuoni al 50% della lunghezza del femore*



*Figura 14 - CSA del muscolo quadricipite femorale eseguita da escografo ad ultrasuoni al 70% della lunghezza del femore*

Da queste immagini è possibile notare, come detto nella parte introduttiva, come nello stesso soggetti vari la distribuzione dei vari capi del quadricipite femorale a seconda dell'altezza a cui è presa la sezione. In ogni immagine (tranne che al 70% dove l'identificazione del vasto mediale è più complicata in quanto presente solo in piccola parte) è possibile distinguere chiaramente il retto femorale (in blu), il vasto laterale (in bianco), il vasto mediale (in giallo) e vasto intermedio (in rosso). Quello che è differente nelle immagini è la porzione di ognuno di questi muscoli occupa. Nella parte di analisi dei risultati andremo ad analizzare quali capi hanno ottenuto, in media, maggiore

ipertrofia ed anche a che altezza l'hanno attenuata maggiormente a seconda del tipo di allenamento eseguito dal soggetto in analisi.

Al termine di questa procedura ci siamo spostati sulla gamba sinistra, sulla quale abbiamo preso una sezione trasversale al 50% della lunghezza del femore a fini comparativi in modo che, a necessità, si possa vedere se l'ipertrofia ottenuta tra le due gambe sia stata la stessa o se vi siano state differenze.

Come ultimo test strutturale abbiamo utilizzato un altro ecografo con una sonda da 10cm. Grazie all'utilizzo di questa sonda più lunga, posizionata (come per le prime immagini) longitudinalmente ai fasci muscolari del vasto laterale al 50% della lunghezza del femore, abbiamo potuto analizzare alcuni fascicoli muscolari per l'intera lunghezza, cosa che, invece, risultava molto più difficile utilizzando la sonda precedente.

Riassumendo, quindi, al termine dei test strutturali eravamo in possesso delle seguenti acquisizioni:

- SNAP longitudinale al 50% gamba destra (sonda 5cm)
- SNAP longitudinale al 30% gamba destra (sonda 5cm)
- SWE 50% gamba destra (sonda 5cm)
- SWE 30% gamba destra (sonda 5cm)
- CSA 70% gamba destra (sonda 3,8cm)
- CSA 50% gamba destra (sonda 3,8cm)
- CSA 30% gamba destra (sonda 3,8cm)
- CSA 50% gamba sinistra (sonda 3,8cm)
- SNAP 50% gamba destra (sonda 10 cm)

### **Test funzionale**

Per quanto riguarda la parte del test funzionale, l'obiettivo era quello di trovare la massima contrazione volontaria (MVC).

Il test prevedeva che il soggetto fosse seduto ed immobilizzato il più possibile negli arti inferiori, con la gamba a 90° rispetto al femore, e vincolato all'altezza della caviglia destra ad un dinamometro.

A questo punto veniva collegata una coppia di elettrodi all'altezza del quadricipite femorale per mezzo dei quali venivano date delle stimolazioni al soggetto. Queste stimolazioni avevano intensità crescente e venivano date al soggetto con l'arto

completamente a riposo, generando una contrazione involontaria dei muscoli della coscia e di conseguenza generando una forza rilevata dal dinamometro, crescente man mano che l'intensità della stimolazione cresceva. L'obiettivo delle stimolazioni era quello di trovare la stimolazione soglia, stimolazione oltre la quale la forza data dal riflesso estensorio dato dall'azione del quadricipite femorale non crescesse ulteriormente. Trovato questo valore il soggetto veniva fatto scaldare, facendogli eseguire diverse contrazioni isometriche (ricordiamo che il soggetto si trovava vincolato alla caviglia) e gli si chiedeva di mantenerle per alcuni secondi nel tempo. In seguito a questa operazione veniva fatta eseguire un MVC al 70% dell'intensità in modo che il partecipante potesse fare una prova prima di iniziare il test vero e proprio.

Nel test vero e proprio veniva chiesto al soggetto (sempre caldamente motivato dall'esterno) di eseguire una contrazione ed arrivare alla massima forza esprimibile nel più breve tempo possibile e di mantenere la contrazione per 3/4 secondi fino al segnale di stop dato dall'operatore. Durante la contrazione venivano somministrate al soggetto 2 stimolazioni all'intensità di soglia in modo che si avesse un reclutamento più vicino possibile al 100% delle unità motorie. Il test veniva fatto ripetere 3 volte a distanza di 1 minuto tra un'MVC e l'altra.

La finalità era quella di vedere se, ed eventualmente con quale tipo di allenamento, si avessero avuti i maggiori risultati in termini di incremento forza.

### **Test neuromuscolari**

In questa terza ed ultima fase di venivano eseguiti una serie di test per valutare il reclutamento muscolare. Il soggetto veniva posizionato come per i test funzionali, immobilizzato negli arti inferiori e vincolato alla caviglia destra ad un dinamometro. In fase iniziale, per mezzo di un apposito pennino collegato ad un elettrodo venivano date delle piccole stimolazioni in punti precisi del vasto laterale col fine di trovare il punto motore (punto il cui il muscolo si rivelava più reattivo agli stimoli). Trovato questo punto veniva applicata una maglia di elettrodi che registrava il reclutamento a livello del vasto laterale durante la contrazione. Veniva quindi ricalcolata l'MVC e sulla base di quella venivano impostate delle rampe che il soggetto doveva seguire. Queste rampe indicavano una traiettoria da seguire, in modo che il soggetto, estendendo la gamba e generando



quindi una tensione sul dinamometro, stesse in un intervallo di forza prestabilito. Venivano quindi fatte eseguire al soggetto differenti tipi di rampe, il tutto mentre l'apposita maglia di elettrodi applicata sul vasto laterale registrava i dati sul reclutamento delle unità motorie.

Lo scopo di questi test era quello di valutare se ed eventualmente quale tipo di allenamento fornisse i maggiori miglioramenti dal punto di vista neuromuscolare a livello di reclutamento di unità motorie.

### **L'allenamento dei soggetti**

Come già detto in precedenza i soggetti sono stati sottoposti a 12 sedute di allenamento nell'arco di 4 settimane. Tra un allenamento e l'altro dovevano intercorrere almeno 24 ore ed i soggetti per tutta la durata dello studio non avrebbero dovuto prendere pause dall'allenamento, motivo per cui, come anticipato in precedenza, alcuni soggetti, chi per infortunio e chi per positività al covid, hanno dovuto abbandonare il progetto sperimentale.

L'esecuzione del movimento veniva standardizzata per ogni soggetto: l'esecuzione era monopodolica, ed il partecipante doveva posizionarsi in modo che la gamba in spinta risultasse in asse e che quindi venisse enfatizzata maggiormente la contrazione dei muscoli estensori del ginocchio, il piede veniva appoggiato tra due linee presenti sulla leg press ad una altezza prefissata ed il ROM veniva impostato in modo che alla fine della fase eccentrica il ginocchio si trovasse a 90° (misurati con un goniometro) ed alla fine della fase concentrica si ritrovasse disteso. Come ultima accortezza per rendere il movimento più replicabile possibile, tutto l'allenamento veniva accompagnato da un metronomo, in modo che il time under tension (TUT) corrispondesse a 2.0.2.0, ovvero 2 secondi in fase eccentrica e 2 secondi in fase concentrica, senza che avvenissero pause nel mezzo.

All'arrivo dei soggetti a qualsiasi seduta di allenamento veniva presentata loro la muscle soreness scale. La scala di soreness muscolare da noi utilizzata prevedeva valori da 0 a 10, dove 0 corrispondeva a nessun dolore/fastidio a livello muscolare e 10 corrispondeva al massimo dolore possibile. All'inizio della seduta il partecipante doveva dunque darci un'indicazione di quelle che fossero le sue percezioni soggettive a livello muscolare, che venivano prontamente trascritte su un apposito foglio di calcolo excel nel quale abbiamo raccolto tutti i dati riguardanti gli allenamenti di ogni partecipante.

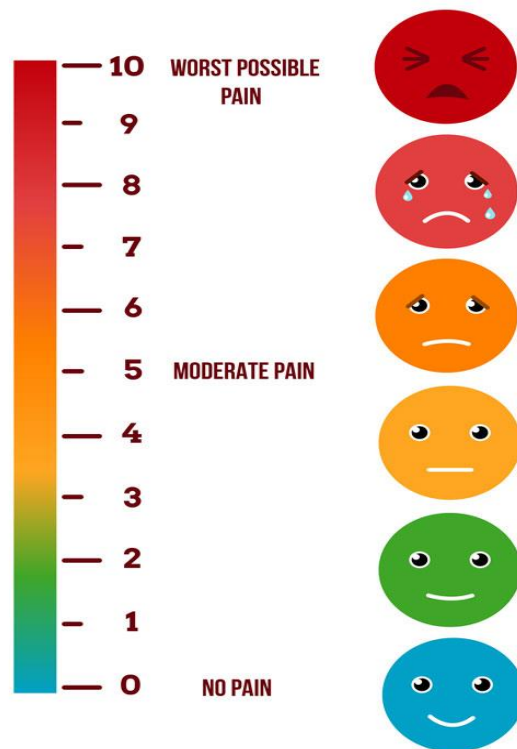


Figura 15 - Esempio di scala di soreness

Per tutti i soggetti, inoltre, alla prima seduta di allenamento della settimana veniva stimato l'1RM: venivano fatte eseguire delle serie a carico via via crescente fino a quando il soggetto non arrivava ad RPE10, ovvero il cedimento muscolare concentrico, eseguendo dalle 4 alle 6 ripetizioni. Dato quindi il numero di ripetizioni ed il carico sollevato per queste, i dati venivano inseriti in un template Excel che per mezzo della formula di Brzycki ( $1RM = [\text{peso sollevato (kg)}] / [1,0278 - (0,0278 \times \text{numero di ripetizioni})]$ ) stimava l'1RM del soggetto. Dopo aver stimato la massima contrazione concentrica, il soggetto poteva iniziare l'allenamento. Ovviamente nella prima seduta

della settimana, dove ricordiamo veniva stimato l'1RM, il soggetto non aveva bisogno di ulteriore riscaldamento. Nelle altre sedute, invece, al soggetto veniva proposto il seguente warm up: 10 bodyweight squat, con un recupero di 2 minuti, 10 ripetizioni per gamba di leg press col 30% dell'1RM, anche in questo caso 2 minuti di recupero ed infine 10 ripetizioni di leg press col 50% dell'1RM, accompagnate da un recupero di 3 minuti. A quel punto il soggetto veniva considerato pronto per iniziare l'allenamento.

Per i soggetti del gruppo CONV, quindi, l'allenamento prevedeva l'esecuzione di 3 serie da 10 ripetizioni per gamba per le prime 3 settimane e 4 serie da 10 ripetizioni per gamba per la quarta settimana, tutte eseguite con le accortezze descritte in precedenza, con un carico che corrispondeva al 70% del massimale e con un recupero di 3 minuti tra una serie e l'altra.

La sperimentazione prevedeva l'esecuzione dello stesso volume di allenamento per i due gruppi, risultava dunque necessario correggere il numero di ripetizioni eseguite del gruppo ECC in modo che questi eseguissero un minor numero di ripetizioni rispetto ad i soggetti del gruppo CONV. Ricordando che per volume si intende il numero di ripetizioni per i kg sollevati per il numero delle serie (uguale per i due gruppi) e che per il gruppo ECC in fase eccentrica veniva sollevato il 150% del carico sollevato in fase concentrica, risulta facile comprendere come i soggetti del gruppo ECC sollevassero ad ogni ripetizione il 25% del volume in più rispetto ai soggetti del gruppo CONV. Con un semplice calcolo, dunque, ai soggetti del gruppo ECC bastava eseguire 8 ripetizioni per pareggiare il volume del gruppo CONV.

Dunque, per i soggetti del gruppo ECC, l'allenamento prevedeva 3 serie da 8 ripetizioni le prime 3 settimane e 4 serie da 8 ripetizioni l'ultima settimana con un carico corrispondente al 70% del massimale calcolato alla prima seduta settimanale, in fase concentrica; anche in questo caso il recupero era di 3 minuti tra una serie e l'altra.

Al termine di ogni seduta di allenamento veniva ripresentata al soggetto la scala di soreness muscolare, questa volta accompagnata dalla scala di Borg. La scala di Borg utilizzata per lo studio andava da 1 (nessuno sforzo) a 10 (sforzo massimale). L'utilizzo di questa scala ci ha consentito di avere un'indicazione sull'RPE (Rate of Perceived Exertion) della seduta di allenamento. Questi dati non faranno parte della trattazione finale in quanto questa tesi rimane focalizzata sulla componente strutturale.

Scala RPE Di Borg (CR10)	
10	Massimale
9	Estremamente difficile
8	
7	Molto difficile
6	
5	Difficile
4	Sembra difficile
3	Moderato
2	Facile
1	Molto facile
0	Nessuno sforzo

Figura 16 . Esempio di scala di Borg

Ovviamente entrambe le scale rappresentano percezioni soggettive del partecipante e per questo sono soggette ad errore, rimangono comunque un'indicazione utile sull'andamento del percorso di allenamento dei soggetti. Così come per tutti i dati riguardanti l'allenamento, compresa la scala di soreness mostrata ad inizio allenamento, i dati sono stati appuntati sull'apposito foglio di calcolo qui sotto riportato.

Participant: \_\_\_\_\_  
Participant\_ID: CONV03  
TUT: 2s concentrica e 2s eccentrica  
Rest: 3min

Week	LegP Est. 1-RM	LegP 4-6RM_W	LegP 4-6RM_R	LegP 70% 1-RM	LegP 30% 1-RM	LegP 50% 1-RM	Training Numbe	Date / Time	LegP_1	LegP_2	LegP_3	LegP_4	LegP_5	Volume_Legi	Borg_pos	Sore_pre	Sore_pos	Notes
1	145,1800232	125	6	101,6260163	43,55400697	72,59001161	1	02.05.22 8:45	10	10	10	9	No	3048,78048€	8	1	7	
	145,1800232	125	6	101,6260163	43,55400697	72,59001161	2	04.05.22 12:00	10	10	10	10	No	3048,78048€	7	4	4	
	145,1800232	125	6	101,6260163	43,55400697	72,59001161	3	06.05.22 17:00	10	10	10	10	No	3048,78048€	7	1	5	
2	183,5075494	158	6	128,4552846	55,05226481	91,75377468	4	09.05.22 18:00	10	10	10	7	No	3853,658537	10	0	4	
	183,5075494	158	6	128,4552846	55,05226481	91,75377468	5	11/05/22 11:30	10	10	9	1	No	3725,203257	7	2	4	
	191,6376307	165	6	134,1463415	57,4912892	95,81881533	6	16/05/22 11:30	10	10	10	7	No	4024,390244	9	1	7	
3	191,6376307	165	6	134,1463415	57,4912892	95,81881533	7	17/05/22 13:00	10	10	10	9	No	4024,390244	8	2	5	
	191,6376307	165	6	134,1463415	57,4912892	95,81881533	8	18/05/22 16:30	10	10	9	9	No	3890,243902	8	2	5	
	191,6376307	165	6	134,1463415	57,4912892	95,81881533	9	19/05/22 16:30	10	10	10	10	No	4024,390244	6	0	5	
4	196,8946895	175	5	137,8262826	59,06840684	98,44734473	10	23/05/22 13:30	10	9	10	7	8	3996,96219€	8	1	6	
	196,8946895	175	5	137,8262826	59,06840684	98,44734473	11	25/05/22 12:00	10	10	10	7	7	4134,78847€	7	1	5	
	196,8946895	175	5	137,8262826	59,06840684	98,44734473	12	26/05/22 16:15	10	9	10	9	8	3996,96219€	8	1	7	

Figura 17 . Screenshot del foglio di calcolo utilizzato per riportare i dati degli allenamenti dei partecipanti

### **Software utilizzati**

Al fine di analizzare i dati ottenuti abbiamo utilizzato due software. In particolare, abbiamo dovuto eseguire un'analisi di immagine e un'analisi statistica. Per la componente di analisi di immagine, abbiamo utilizzato il programma ImageJ, che ci ha permesso di calcolare le aree dei muscoli in analisi e delimitarli.

Il secondo programma utilizzato è stato Graphpad, programma di analisi statistica, che ci ha permesso di comprendere se i dati in analisi siano stati statisticamente significativi oppure no.

### **Analisi dei dati**

Passiamo ora all'analisi dei dati raccolti durante i test. Come già detto in precedenza la trattazione dei dati sarà incentrata sulla componente di morfologia muscolare ed in particolare sulle CSA raccolte, descrivendo, inoltre, come sono stati analizzate.

L'analisi dei dati consisteva nel trovare le dimensioni dei diversi capi del quadricipite femorale al 30%, 50% e 70% per ogni partecipante, sia dei test iniziali che dei test finali.

Per mezzo di ImageJ, è stato, dunque, possibile delimitare i contorni di ciascun muscolo e calcolarne l'area.

Tutti i dati ottenuti sono stati riportati su un apposito template di raccolta dei dati, abbiamo dunque potuto analizzare i guadagni in termini di ipertrofia in ciascun soggetto, per ciascun muscolo e ad ognuna delle tre altezze precedentemente elencate.

Ottenuto tutti i dati, sono stati considerati dati più significativi quelli ottenuti al 30% e al 50%, in quanto più precisi in termine di misurazione.

Durante questa analisi dei dati, abbiamo notato che alcuni dati risultavano essere incorretti, probabilmente per immagini prese in regioni leggermente differenti. Importante, quindi dire che queste immagini sono state scartate ed i dati relativi non faranno parte della né delle considerazioni riguardo i risultati né della statistica.

Come ultimo, i dati sono stati inseriti in un programma di calcolo statistico, che ci ha permesso di verificare se ci fosse una tendenza specifica, muscolo per muscolo e regione per regione, oltre che a valutare se ci sono state variazioni statisticamente rilevanti. Per fare questo abbiamo utilizzato una ANOVA a 2 vie in quanto si trattava di

2 gruppi analizzati in 2 tempi diversi. Abbiamo inoltre inserito un P value standard di 0,05 come criterio di rilevanza statistica.

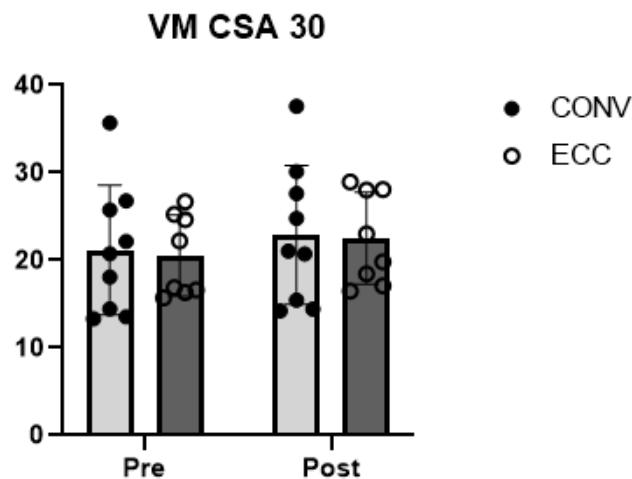
Vediamo ora i risultati nello specifico.

### Vasto mediale

Andiamo ad analizzare inizialmente ciò che avviene al 30%.

CONV			
30%	VM		
Partecipar	AREA Pre	AREA Post	aumento%
CONV01	18,071	20,726	14,69%
CONV02	13,317	14,223	6,80%
CONV03	26,79	30,112	12,40%
CONV08	35,697	37,59	5,30%
CONV09	22,141	24,782	11,93%
CONV10	25,76	27,632	7,27%
CONV11	20,738	21,045	1,48%
CONV13	14,446	15,44	6,88%
CONV14	13,539	14,429	6,57%
MEDIA	21,16656	22,88656	8,13%

ECC			
30%	VM		
Partecipar	AREA Pre	AREA Post	aumento%
ECC02	16,312	17,074	4,67%
ECC03	26,69	28,952	8,48%
ECC04	22,208	23,002	3,58%
ECC05	25,264	28,027	10,94%
ECC06	16,63	18,459	11,00%
ECC07	24,638	28,093	14,02%
ECC10	15,712	16,477	4,87%
ECC11	16,897	19,809	17,23%
MEDIA	20,54388	22,486625	9,46%



Analizzando i dati, si nota come il gruppo ECC abbia avuto, in media, incrementi leggermente maggiori (circa 1% in più) rispetto il gruppo CONV nel vasto mediale al 30%.

Andiamo ora a vedere se questi incrementi sono statisticamente rilevanti.

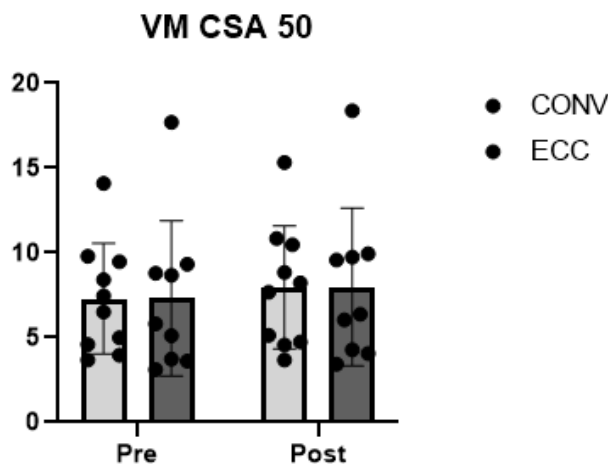
Šidák's multiple comparisons t	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Pre - Post			
CONV	Yes	***	0.0004
ECC	Yes	***	0.0002

Dato che il valore del P value è minore di 0,05 possiamo dire che in entrambi i gruppi le 4 settimane di allenamento hanno prodotto adattamenti ipertrofici statisticamente rilevanti.

Andiamo ora ad analizzare ciò che avviene al 50%.

CONV			
50%	VM		
Partecipanti	AREA Pre	AREA Post	aumento%
CONV01	14,087	15,318	8,74%
CONV02	3,667	3,676	0,25%
CONV03	8,412	8,841	5,10%
CONV05	4,586	4,737	3,29%
CONV08	9,474	10,847	14,49%
CONV09	6,503	8,221	26,42%
CONV10	9,784	10,482	7,13%
CONV11	7,458	7,671	2,86%
CONV13	4,986	5,132	2,93%
CONV14	3,956	4,565	15,39%
<b>MEDIA</b>	<b>7,2913</b>	<b>7,949</b>	<b>9,02%</b>

ECC			
50%	VM		
Partecipanti	AREA Pre	AREA Post	aumento%
ECC01	3,604	4,059	12,62%
ECC02	9,318	9,749	4,63%
ECC04	5,102	6,037	18,33%
ECC05	5,801	6,371	9,83%
ECC06	8,787	9,937	13,09%
ECC07	17,694	18,369	3,81%
ECC10	3,115	3,428	10,05%
ECC11	3,724	4,279	14,90%
ECC12	8,673	9,574	10,39%
<b>MEDIA</b>	<b>7,313111</b>	<b>7,9781111</b>	<b>9,09%</b>



Analizzando i dati notiamo che entrambi i gruppi hanno avuto, in media, gli stessi guadagni in termini di ipertrofia nel muscolo vasto mediale al 50%.

Andiamo ora a vedere se questi incrementi sono statisticamente rilevanti.

Šidák's multiple comparisons test	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Pre - Post			
CONV	Yes	***	0.0008
ECC	Yes	**	0.0011

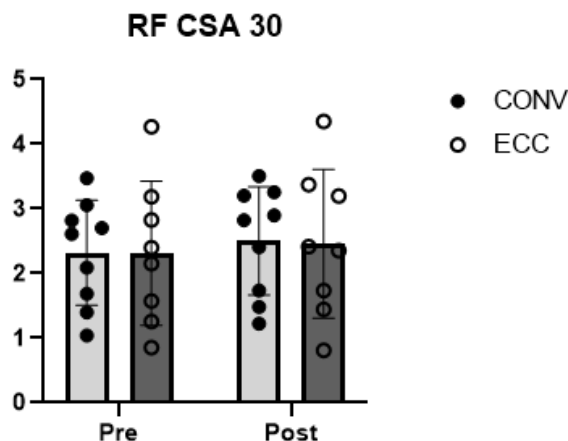
Anche in questo caso i guadagni in termini di ipertrofia sono statisticamente rilevanti dal punto di vista statistico in quanto per entrambi i gruppi si ha un P Value inferiore a 0,05.

## Retto Femorale

Anche in questo caso, andiamo ad analizzare inizialmente ciò che avviene al 30%.

CONV			
30%	RF		
Partecipat	AREA Pre	AREA Post	aumento%
CONV01	2,609	3,202	22,73%
CONV02	1,04	1,221	17,40%
CONV03	2,704	2,899	7,21%
CONV08	1,687	1,734	2,79%
CONV09	2,09	2,405	15,07%
CONV10	3,473	3,505	0,92%
CONV11	3,056	3,257	6,58%
CONV13	2,818	2,823	0,18%
CONV14	1,397	1,481	6,01%
MEDIA	2,319333	2,503	7,92%

ECC			
30%	RF		
Partecipat	AREA Pre	AREA Post	aumento%
ECC02	1,573	1,737	10,43%
ECC03	2,398	2,413	0,63%
ECC04	4,269	4,35	1,90%
ECC05	2,829	3,373	19,23%
ECC06	3,186	3,199	0,41%
ECC07	1,256	1,444	14,97%
ECC10	0,851	0,809	-4,94%
ECC11	2,15	2,353	9,44%
MEDIA	2,314	2,45975	6,30%



Analizzando i dati, si nota come il gruppo CONV abbia avuto, in media, incrementi leggermente maggiori (quasi 2% in più) rispetto il gruppo ECC nel retto femorale al 30%.

Andiamo ora a vedere se questi incrementi sono statisticamente rilevanti.

Šidák's multiple comparisons test	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Pre - Post			
CONV	Yes	*	0.0180
ECC	No	ns	0.0793

Purtroppo, in questo caso nel gruppo ECC i risultati non sono statisticamente rilevanti (p value maggiore di 0,05), probabilmente a causa delle marcate differenze di ipertrofia ottenuta dai diversi soggetti, ipotizzo dovuta al fatto che al 30% il retto femorale sia presente veramente in piccola parte e quindi la differenza tra i soggetti potrebbe essere dovuta da questo. Anche in questo caso, il risultato probabilmente questo dato sarebbe stato diverso se si fosse analizzato un numero superiore di soggetti. Per quanto riguarda

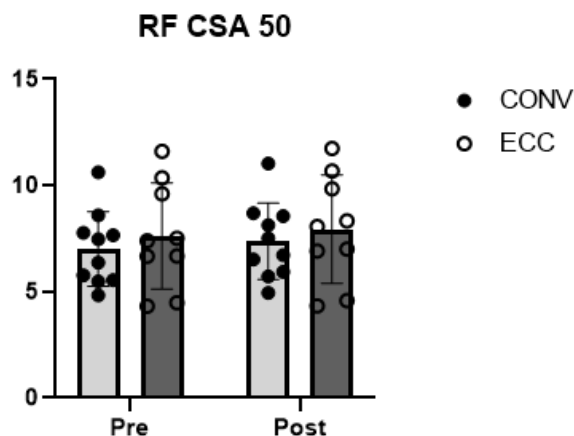


invece il gruppo ECC, invece, come possiamo notare, i dati sono statisticamente accettabili in quanto il p value è inferiore a 0,05.

Andiamo ora ad analizzare ciò che avviene al 50%.

CONV			
50%	RF		
Partecipati	AREA Pre	AREA Post	aumento%
CONV01	7,766	8,133	4,73%
CONV02	5,538	5,933	7,13%
CONV03	8,599	8,693	1,09%
CONV05	7,475	7,522	0,63%
CONV08	10,616	11,037	3,97%
CONV09	6,374	6,719	5,41%
CONV10	7,659	8,559	11,75%
CONV11	5,484	5,722	4,34%
CONV13	5,769	6,522	13,05%
CONV14	4,836	4,948	2,32%
MEDIA	7,0116	7,3788	5,24%

ECC			
50%	RF		
Partecipati	AREA Pre	AREA Post	aumento%
ECC01	10,353	10,685	3,21%
ECC02	6,687	7,009	4,82%
ECC04	9,605	9,847	2,52%
ECC05	11,612	11,74	1,10%
ECC06	7,517	8,069	7,34%
ECC07	7,392	8,332	12,72%
ECC10	4,477	4,584	2,39%
ECC11	6,663	6,923	3,90%
ECC12	4,323	4,336	0,30%
MEDIA	7,625444	7,9472222	4,22%



Analizzando i dati, si nota come il gruppo CONV abbia avuto, in media, incrementi leggermente maggiori (circa 1% in più) rispetto il gruppo ECC nel retto femorale al 50%.

Andiamo ora a vedere se questi incrementi sono statisticamente rilevanti.

Šidák's multiple comparisons test	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Pre - Post			
CONV	Yes	**	0.0013
ECC	Yes	**	0.0059

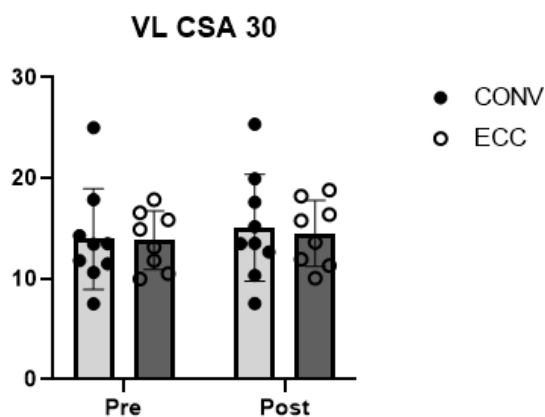
In questo caso i dati sono statisticamente rilevanti per entrambi i gruppi, in quanto il valore del p value è inferiore a 0,05.

## Vasto laterale

Andiamo ad analizzare inizialmente ciò che avviene al 30%.

CONV			
30%	VL		
Partecipat	AREA Pre	AREA Post	aumento%
CONV01	13,492	13,501	0,07%
CONV02	11,495	13,497	17,42%
CONV03	17,858	19,93	11,60%
CONV08	25,021	25,374	1,41%
CONV09	11,812	12,674	7,30%
CONV10	14,295	17,602	23,13%
CONV11	10,644	10,34	-2,86%
CONV13	13,432	15,188	13,07%
CONV14	7,52	7,53	0,13%
<b>MEDIA</b>	<b>13,95211</b>	<b>15,070667</b>	<b>8,02%</b>

ECC			
30%	VL		
Partecipat	AREA Pre	AREA Post	aumento%
ECC02	13,145	13,615	3,58%
ECC03	17,858	18,223	2,04%
ECC04	14,914	15,796	5,91%
ECC05	15,868	16,39	3,29%
ECC06	16,571	18,823	13,59%
ECC07	10,524	11,302	7,39%
ECC10	9,998	10,061	0,63%
ECC11	11,825	11,942	0,99%
<b>MEDIA</b>	<b>13,83788</b>	<b>14,519</b>	<b>4,92%</b>



Analizzando i dati, si nota come il gruppo CONV abbia avuto, in media, una maggiore ipertrofia (circa 3% in più) rispetto il gruppo ECC nel vasto laterale al 30%.

Andiamo ora a vedere se questi incrementi sono statisticamente rilevanti.

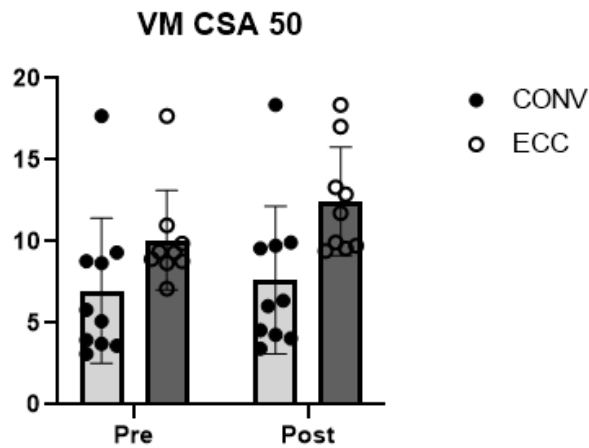
Šidák's multiple comparisons test	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Pre - Post			
CONV	Yes	**	0.0095
ECC	No	ns	0.1475

Purtroppo, anche in questo caso, per il gruppo ECC i dati non sono statisticamente rilevanti, in quanto il valore del p value è superiore a 0,05. Questo dato, come detto in precedenza, può essere dovuto al numero dei soggetti, che se fosse stato maggiore probabilmente avrebbe fatto ottenere un altro risultato. Per il gruppo CONV, i dati si possono considerare statisticamente rilevanti dato che il p value calcolato dal software statistico è inferiore a 0,05.

Andiamo ora ad analizzare ciò che avviene al 50%.

CONV			
50%	VL		
Participa	AREA Pre	AREA Post	aumento%
CONV01	22,234	22,624	1,75%
CONV02	19,585	20,887	6,65%
CONV03	30,811	32,054	4,03%
CONV05	25,195	29,561	17,33%
CONV08	38,508	39,304	2,07%
CONV09	18,339	21,975	19,83%
CONV10	26,363	30,358	15,15%
CONV11	18,532	19,856	7,14%
CONV13	21,519	23,449	8,97%
CONV14	15,62	15,747	0,81%
<b>MEDIA</b>	<b>23,6706</b>	<b>25,5815</b>	<b>8,07%</b>

ECC			
50%	VL		
Participa	AREA Pre	AREA Post	aumento%
ECC01	22,965	24,26	5,64%
ECC02	20,5	20,625	0,61%
ECC04	24,36	26,452	8,59%
ECC05	26,417	27,254	3,17%
ECC06	23,111	26,302	13,81%
ECC07	23,14	27,658	19,52%
ECC10	13,789	14,54	5,45%
ECC11	19,502	19,524	0,11%
ECC12	19,357	19,628	1,40%
<b>MEDIA</b>	<b>21,46011</b>	<b>22,915889</b>	<b>6,78%</b>



Analizzando i dati notiamo che entrambi i gruppi hanno avuto, in media, gli stessi guadagni in termini di ipertrofia nel muscolo vasto mediale al 50%.

Andiamo ora a vedere se questi incrementi sono statisticamente rilevanti.

Šidák's multiple comparisons test	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Pre - Post			
CONV	Yes	**	0.0022
ECC	Yes	*	0.0225

Contrariamente a quanto avvenuto al 30%, abbiamo dei guadagni statisticamente significativi in termini di ipertrofia per entrambi i gruppi in quanto, in entrambi i gruppi, il p value è inferiore a 0,05.

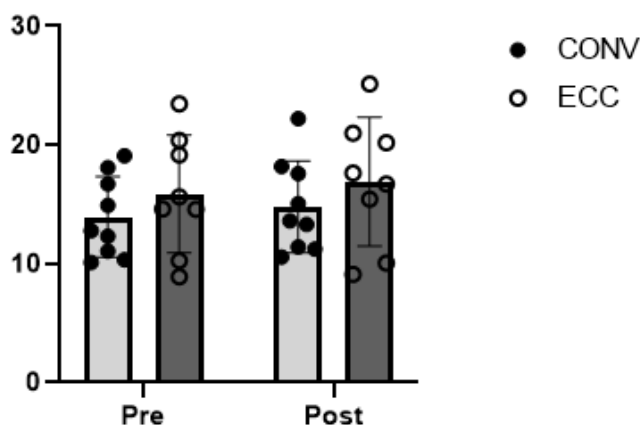
## Vasto intermedio

Andiamo ad analizzare inizialmente ciò che avviene al 30%.

CONV			
30%	VI		
Partecipanti	AREA Pre	AREA Post	aumento%
CONV01	14,907	15,071	1,10%
CONV02	10,11	11,403	12,79%
CONV03	19,092	22,216	16,36%
CONV08	18,079	18,196	0,65%
CONV09	12,775	13,312	4,20%
CONV10	16,717	17,585	5,19%
CONV11	11,053	11,243	1,72%
CONV13	12,314	13,602	10,46%
CONV14	10,33	10,566	2,28%
<b>MEDIA</b>	<b>13,93078</b>	<b>14,799333</b>	<b>6,23%</b>

ECC			
30%	VI		
Partecipanti	AREA Pre	AREA Post	aumento%
ECC02	15,63	17,647	12,90%
ECC03	23,456	25,137	7,17%
ECC04	14,582	16,713	14,61%
ECC05	20,397	20,975	2,83%
ECC06	14,614	15,44	5,65%
ECC07	19,163	20,196	5,39%
ECC10	10,27	10,067	-1,98%
ECC11	8,901	9,103	2,27%
<b>MEDIA</b>	<b>15,87663</b>	<b>16,90975</b>	<b>6,51%</b>

### VI CSA 30



Analizzando i dati, si nota come entrambi i gruppi abbiano avuto, in media, gli stessi guadagni per quanto riguarda l'ipertrofia muscolare a livello del 30% del vasto intermedio.

Andiamo ora a vedere se questi incrementi sono statisticamente rilevanti.

Šidák's multiple comparisons test	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Pre - Post			
CONV	Yes	*	0.0242
ECC	Yes	*	0.0120

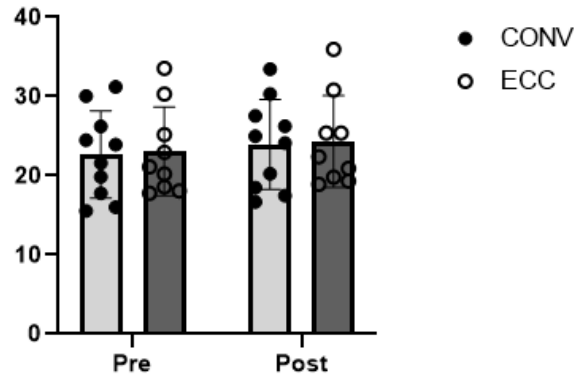
In questo caso, per entrambi i gruppi, il software statistico ha calcolato un p value inferiore a 0,05, di conseguenza i dati possono essere considerati accettabili da un punto di vista statistico.

Andiamo ora ad analizzare ciò che avviene al 50%.

CONV			
50%	VI		
Partecipanti	AREA Pre	AREA Post	aumento%
CONV01	21,568	24,125	11,86%
CONV02	16,02	16,698	4,23%
CONV03	31,212	33,454	7,18%
CONV05	26,218	26,243	0,10%
CONV08	30,04	30,305	0,88%
CONV09	24,476	24,972	2,03%
CONV10	23,924	27,549	15,15%
CONV11	17,768	18,479	4,00%
CONV13	19,853	20,255	2,02%
CONV14	15,552	17,473	12,35%
MEDIA	22,6631	23,9553	5,70%

ECC			
50%	VI		
Partecipanti	AREA Pre	AREA Post	aumento%
ECC01	25,192	25,385	0,77%
ECC02	21,13	22,399	6,01%
ECC04	22,936	25,376	10,64%
ECC05	30,312	30,83	1,71%
ECC06	20,21	20,924	3,53%
ECC07	33,547	35,935	7,12%
ECC10	18,094	18,91	4,51%
ECC11	17,789	19,325	8,63%
ECC12	18,573	19,811	6,67%
MEDIA	23,087	24,321667	5,35%

VI CSA 50



Analizzando i dati notiamo che entrambi i gruppi hanno avuto, in media, gli stessi guadagni in termini di ipertrofia nel muscolo vasto intermedio al 50%.

Andiamo ora a vedere se questi incrementi sono statisticamente rilevanti.

Šidák's multiple comparisons test	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Pre - Post			
CONV	Yes	**	0.0020
ECC	Yes	**	0.0045

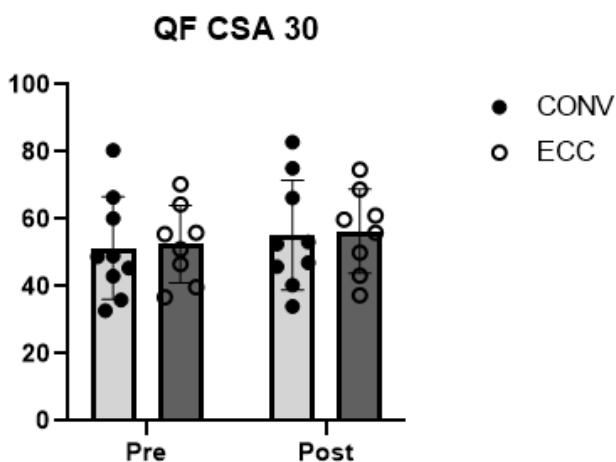
Possiamo considerare, dunque i risultati ottenuti per questo muscolo statisticamente rilevanti, in quanto, per entrambi i gruppi abbiamo ottenuto un p value inferiore a 0,05.

## Quadricipite femorale

Anche in questo caso, andiamo ad analizzare inizialmente ciò che avviene al 30%.

CONV			
30%	QUADRICIPITE FEMORALE		
Partecipat	AREA Pre	AREA Post	aumento%
CONV01	49,079	52,5	6,97%
CONV02	35,962	40,344	12,19%
CONV03	66,444	75,157	13,11%
CONV08	80,484	82,894	2,99%
CONV09	48,818	53,173	8,92%
CONV10	60,245	66,324	10,09%
CONV11	45,491	45,885	0,87%
CONV13	43,01	47,053	9,40%
CONV14	32,786	34,006	3,72%
<b>MEDIA</b>	<b>51,36878</b>	<b>55,259556</b>	<b>7,57%</b>

ECC			
30%	QUADRICIPITE FEMORALE		
Partecipat	AREA Pre	AREA Post	aumento%
ECC02	46,66	50,073	7,31%
ECC03	70,402	74,725	6,14%
ECC04	55,973	59,861	6,95%
ECC05	64,358	68,765	6,85%
ECC06	51,001	55,921	9,65%
ECC07	55,581	61,035	9,81%
ECC10	36,831	37,414	1,58%
ECC11	39,773	43,207	8,63%
<b>MEDIA</b>	<b>52,57238</b>	<b>56,375125</b>	<b>7,23%</b>



Analizzando i dati, si nota come entrambi i gruppi abbiano avuto, in media, gli stessi guadagni per quanto riguarda l'ipertrofia muscolare a livello del 30% prendendo in considerazione l'intero quadricipite femorale.

Andiamo ora a vedere se questi incrementi sono statisticamente rilevanti.

Šidák's multiple comparisons test	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Pre - Post			
CONV	Yes	***	0.0001
ECC	Yes	***	0.0002

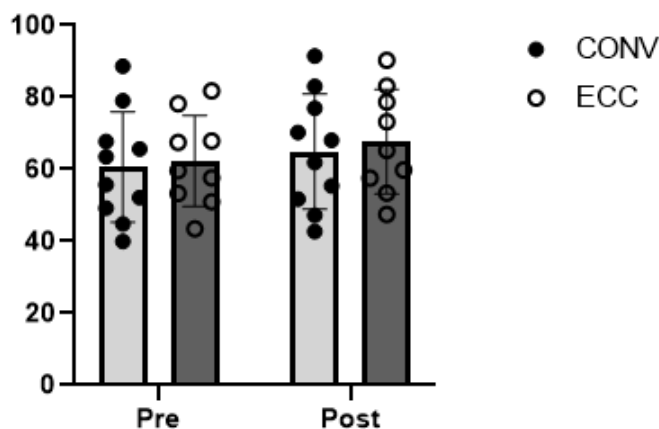
In questo caso, per entrambi i gruppi, il software statistico ha calcolato un p value inferiore a 0,001, di conseguenza i dati possono essere considerati fortemente rilevanti da un punto di vista statistico.

Andiamo ora ad analizzare ciò che avviene al 50%.

CONV			
50%	QUADRICIPITE FEMORALE		
Partecipanti	AREA Pre	AREA Post	aumento%
CONV01	65,655	70,2	6,92%
CONV02	44,81	47,194	5,32%
CONV03	79,034	83,042	5,07%
CONV05	63,474	68,063	7,23%
CONV08	88,638	91,493	3,22%
CONV09	55,692	61,887	11,12%
CONV10	67,73	76,948	13,61%
CONV11	49,242	51,728	5,05%
CONV13	52,127	55,358	6,20%
CONV14	39,964	42,733	6,93%
MEDIA	60,6366	64,8646	6,97%

ECC			
50%	QUADRICIPITE FEMORALE		
Partecipanti	AREA Pre	AREA Post	aumento%
ECC01	62,114	64,389	3,66%
ECC02	57,635	59,782	3,73%
ECC04	62,003	67,712	9,21%
ECC05	74,142	76,195	2,77%
ECC06	59,625	65,232	9,40%
ECC07	81,773	90,294	10,42%
ECC10	39,475	41,462	5,03%
ECC11	47,678	50,051	4,98%
ECC12	50,926	53,349	4,76%
MEDIA	59,48567	63,162889	6,18%

QF CSA 50



Analizzando i dati notiamo che entrambi i gruppi hanno avuto, in media, gli stessi guadagni in termini di ipertrofia nel muscolo quadricipite femorale al 50%.

Andiamo ora a vedere se questi incrementi sono statisticamente rilevanti.

Šidák's multiple comparisons test	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Pre - Post			
CONV	Yes	****	<0.0001
ECC	Yes	****	<0.0001

Come avvenuto anche al 30%, per entrambi i gruppi, il software statistico ha calcolato un p value inferiore a 0,001, di conseguenza i dati possono essere considerati fortemente rilevanti da un punto di vista statistico.

## **Discussione dei risultati e conclusioni**

Alla luce dell'analisi dei dati bisogna fare alcune considerazioni.

Nonostante sia vero che in alcuni muscoli i guadagni a livello ipertrofico non siano stati statisticamente significativi, possiamo sicuramente dire che nella maggior parte dei muscoli analizzati i guadagni risultavano invece più che accettabili dal punto di vista statistico. Andando inoltre a guardare i dati degli allenamenti notiamo che questi guadagni dal punto di vista ipertrofico sono accompagnati da miglioramenti anche dal punto di vista funzionale, infatti tutti i soggetti, nell'arco delle 4 settimane di allenamento hanno migliorato il loro 1 RM.

Analizzando, invece, i due gruppi separatamente, i dati non hanno evidenziato differenze significative per quanto riguarda la crescita muscolare a livello del quadricipite femorale. Alcune differenze interessanti invece si possono vedere analizzando i diversi muscoli nello specifico in particolare al 30% del muscolo. Possiamo infatti notare come, a questa altezza, il muscolo vasto mediale sia cresciuto maggiormente nel gruppo ECC rispetto che al gruppo CONV, cosa che invece non avviene nei muscoli retto femorale e vasto laterale nei quali vi sono maggiori adattamenti per i partecipanti del gruppo CONV. Per quanto riguarda il vasto intermedio, invece, gli adattamenti sembrano essere gli stessi per entrambi i gruppi. Va detto, però, che il muscolo vasto mediale al 30% occupa gran parte della superficie del quadricipite femorale, tanto che l'1% in più di incremento per i partecipanti ECC va a compensare, in termini di superficie, i guadagni del circa 2% e 3% a favore del gruppo CONV rispettivamente per i muscoli retto femorale e vasto laterale. Questo è un dato interessante, nonostante non ci sia stata una vera e propria ipertrofia regionale. Questa è una tendenza che non esclude, però, che con un allenamento protratto per un numero maggiore di settimane si sarebbero potuti ottenere adattamenti maggiori, anche dal punto di vista dell'ipertrofia regionale.

A conferma di questa ipotesi possiamo citare lo studio di Franchi et al. del 2014 che prevedeva una durata di 10 settimane nel quale i soggetti allenati con un lavoro di tipo eccentrico puro hanno ottenuto una maggiore ipertrofia a livello del terzo distale del muscolo vasto laterale rispetto ai soggetti allenati con un allenamento tradizionale.

Un altro studio degno di nota a riguardo è certamente quello condotto da Lundberg et al. nel 2018. In questo caso, l'allenamento dei due gruppi della durata di 8 settimane non ha prodotto differenze significative a livello di ipertrofia regionale nonostante



l'ipertrofia tendeva ad essere maggiore (P Value = 0,09) nella porzione distale del quadricipite femorale per il gruppo allenato con un'eccentric overload flywheel. Nonostante ciò, secondo l'autore non c'è relazione tra questa differenza ed il tipo di allenamento.

Come ultima considerazione è importante dire che, nonostante continuamente stimolati e controllati, i partecipanti, anche a causa della loro poca esperienza nell'allenamento con sovraccarichi, non sempre riuscivano, soprattutto il gruppo ECC, a controllare il movimento durante tutto il ROM. Sicuramente anche questo potrebbe avere influito sui risultati ottenuti che non ci hanno dato un'ipertrofia regionale evidente.

In conclusione, dunque, non c'è ancora una linea comune di pensiero riguardo l'allenamento con overload eccentrico e l'ipotetica ipertrofia regionale che questo porterebbe. Diversi studi condotti in modo simile, compreso quello trattato in questa tesi, hanno portato alla fine a risultati differenti. Rimango sicuro che col tempo e con un maggior numero di studi a riguardo si riusciranno ad avere risultati più omogenei, ma nel frattempo non ci sono abbastanza studi a confermare la presenza di ipertrofia regionale data da allenamento con overload eccentrico.

Concludo questa trattazione ringraziando il professor Franchi per avermi dato la possibilità di partecipare a questo studio, formativo sia dal punto di vista lavorativo che personale.

## Bibliografia

- Barton-Davis ER, Shoturma DI, Sweeney HL. Contribution of satellite cells to IGF-I induced hypertrophy of skeletal muscle. *Acta Physiol Scand.* 1999 Dec;167(4):301-5. doi: 10.1046/j.1365-201x.1999.00618.x. PMID: 10632630.
- Coffey VG, Hawley JA. The molecular bases of training adaptation. *Sports Med.* 2007;37(9):737-63. doi: 10.2165/00007256-200737090-00001. PMID: 17722947.
- Fiorilli G, Mariano I, Iuliano E, Giombini A, Ciccarelli A, Buonsenso A, Calcagno G, di Cagno A. Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players: Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision. *J Sports Sci Med.* 2020 Feb 24;19(1):213-223. PMID: 32132845; PMCID: PMC7039027.
- Franchi MV, Atherton PJ, Reeves ND, Flück M, Williams J, Mitchell WK, Selby A, Beltran Valls RM, Narici MV. Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiol (Oxf).* 2014 Mar;210(3):642-54. doi: 10.1111/apha.12225. PMID: 24387247.
- Franchi MV, Raiteri BJ, Longo S, Sinha S, Narici MV, Csapo R. Muscle Architecture Assessment: Strengths, Shortcomings and New Frontiers of in Vivo Imaging Techniques. *Ultrasound Med Biol.* 2018 Dec;44(12):2492-2504. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2018.07.010. Epub 2018 Sep 2. PMID: 30185385.
- H. H. Vandenburg, Motion into mass: how does tension stimulate muscle growth? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 19, no. 5, supplement, pp. S142–S149, 1987
- Hedayatpour N, Falla D, Arendt-Nielsen L, Farina D. Sensory and electromyographic mapping during delayed-onset muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc.* 2008 Feb;40(2):326-34. doi: 10.1249/mss.0b013e31815b0dcb. PMID: 18202568.
- Hody S, Croisier JL, Bury T, Rogister B, Leprince P. Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. *Front Physiol.* 2019 May 3;10:536. doi: 10.3389/fphys.2019.00536. PMID: 31130877; PMCID: PMC6510035.

- Lindstedt SL, LaStayo PC, Reich TE. When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *News Physiol Sci.* 2001 Dec;16:256-61. doi: 10.1152/physiologyonline.2001.16.6.256. PMID: 11719600. Hedayatpour N, Falla D. Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training. *Biomed Res Int.* 2015;2015:193741. doi: 10.1155/2015/193741. Epub 2015 Oct 12. PMID: 26543850; PMCID: PMC4620252.
- Lundberg TR, García-Gutiérrez MT, Mandić M, Lilja M, Fernandez-Gonzalo R. Regional and muscle-specific adaptations in knee extensor hypertrophy using flywheel versus conventional weight-stack resistance exercise. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2019 Aug;44(8):827-833. doi: 10.1139/apnm-2018-0774. Epub 2019 Jan 8. PMID: 30620623.
- Majorczyk M, Smolağ D. Effect of physical activity on IGF-1 and IGFBP levels in the context of civilization diseases prevention. *Rocz Panstw Zakl Hig.* 2016;67(2):105-11. PMID: 27289505.
- Moss FP, Leblond CP. Satellite cells as the source of nuclei in muscles of growing rats. *Anat Rec.* 1971 Aug;170(4):421-35. doi: 10.1002/ar.1091700405. PMID: 5118594.
- Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1989;59(4):310-9. doi: 10.1007/BF02388334. PMID: 2583179.
- Núñez FJ, Santalla A, Carrasquilla I, Asian JA, Reina JI, Suarez-Arrones LJ. The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS One.* 2018 Mar 28;13(3):e0193841. doi: 10.1371/journal.pone.0193841. PMID: 29590139; PMCID: PMC5874004.
- Paoli Antonio, Toniolo Luana (2009). Basi fisiologiche dell'ipertrofia muscolare. *Rivista della facoltà di scienze motorie dell'università degli studi di Palermo, VOL II, FASC. 1, SEZ. 2, 2009.*
- Sarto F, Spörri J, Fitze DP, Quinlan JI, Narici MV, Franchi MV. Implementing Ultrasound Imaging for the Assessment of Muscle and Tendon Properties in Elite Sports: Practical Aspects, Methodological Considerations and Future Directions. *Sports Med.* 2021 Jun;51(6):1151-1170. doi: 10.1007/s40279-021-01436-7. Epub 2021 Mar 8. PMID: 33683628; PMCID: PMC8124062.

- Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res.* 2010 Oct;24(10):2857-72. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e840f3. PMID: 20847704.
- Tøien T, Pedersen Haglo H, Unhjem R, Hoff J, Wang E. Maximal strength training: the impact of eccentric overload. *J Neurophysiol.* 2018 Dec 1;120(6):2868-2876. doi: 10.1152/jn.00609.2018. Epub 2018 Oct 17. PMID: 30332319.
- Toigo M, Boutellier U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *Eur J Appl Physiol.* 2006 Aug;97(6):643-63. doi: 10.1007/s00421-006-0238-1. PMID: 16845551.
- Walker S, Blazevich AJ, Haff GG, Tufano JJ, Newton RU, Häkkinen K. Greater Strength Gains after Training with Accentuated Eccentric than Traditional Isoinertial Loads in Already Strength-Trained Men. *Front Physiol.* 2016 Apr 27;7:149. doi: 10.3389/fphys.2016.00149. PMID: 27199764; PMCID: PMC4847223.
- Yoshida T, Delafontaine P. Mechanisms of IGF-1-Mediated Regulation of Skeletal Muscle Hypertrophy and Atrophy. *Cells.* 2020 Aug 26;9(9):1970. doi: 10.3390/cells9091970. PMID: 32858949; PMCID: PMC7564605.

## **Ringraziamenti**

Mi rendo conto solo in questo momento che il percorso della triennale sta giungendo al termine che sono molte le persone che devo ringraziare per la persona che sono e che sono fiero di essere. Innanzitutto, ringrazio i miei genitori per avermi dato tutte le opportunità di cui avessi bisogno sin dalla nascita e fino ad ora e so di per certo che continueranno a darmene se ne avrò bisogno, li ringrazio per esserci sempre stati, per il loro supporto e per la loro fiducia. Non nascondo che tante delle mie scelte di vita, sia morali, che lavorative, sono state conseguenza dei valori che loro mi hanno insegnato e con i quali sono cresciuto. In particolare, ringrazio mia madre, che per me è sempre stata un punto fermo, la persona da cui andare e su cui so di poter sempre contare in ogni occasione perché mi ha sempre dimostrato nel corso degli anni che per lei il mio bene viene prima del suo e questo è quanto di più bello un figlio possa desiderare. La ringrazio per essermi stata vicina nei momenti più difficili della mia vita, quando nessuno si rendeva realmente conto del mio dolore, e per esserci davvero sempre che sia per una risata o che sia per una parola di conforto, grazie davvero. Ringrazio mio padre, lui che sin da piccolo ha radicato in me la cultura del lavoro, del non perdere tempo e del fare di tutto per raggiungere i propri obiettivi, anche, a volte, con scelte scomode o rischiose, scelte controcorrente che a molti possono sembrare sbagliate, ma che alla fine, portate avanti con forza e determinazione, gli hanno sempre dato ragione. Lo ringrazio per le sgridate, per i momenti in cui mi dava dello scansafatiche, per avermi spesso redarguito perché perdevo tempo. Lo ringrazio perché se non fosse per lui probabilmente non avrei la fame di ottenere risultati che ora mi contraddistingue, non sarei la persona che sono ora, neanche lontanamente. Ringrazio quindi entrambi per aver dato vita, cresciuto e plasmato la persona che sono ora, sapendo che tutto quello che ho è merito loro che sono due genitori stupendi, i migliori che mi potessero capitare.

Passo ora a ringraziare le mie sorelle, che mi hanno insegnato già in giovane età a portare pazienza (molta) e sopportare le ingiustizie, che al tempo erano le caramelle rubate, ma che ora possono essere un sinonimo delle ingiustizie che la vita ci mette davanti durante il nostro cammino. Portare pazienza, superare ed andare avanti. Le ringrazio perché è anche grazie a loro se questo è un motto che posso fare mio ora. Imparare questo mi ha dato sicuramente una mano dal punto di vista relazionale, delle amicizie e dei rapporti interpersonali, quindi grazie.

Ringrazio mio nonno, che sin da piccolo è sempre stato una figura di riferimento, un uomo amante dello sport, che mi ha fatto approcciare a questo mondo oramai tanti anni fa. Buona parte della mia passione per lo sport e per la salute che esso ci può regalare la devo a lui. Probabilmente non farei questo come lavoro se non fosse per lui.

Credo che ogni persona sia il risultato delle persone che incontra nel corso della vita e che ognuno possa insegnarti qualcosa e cambiarti anche in piccola parte. Negli ultimi tre anni penso di aver stravolto la mia persona, sia caratterialmente, sia dal punto di vista della visione del mondo e della consapevolezza di me stesso e sono onestamente davvero fiero dell'uomo che sono diventato.

Ringrazio quindi tutte le persone che nel corso di questi tre anni hanno fatto parte della mia vita: ringrazio i ragazzi della piccionaia, con i quali questo triennio è volato tra una risata e l'altra, ringrazio gli amici di una vita perché mi hanno visto crescere e mi hanno sempre detto la loro senza peli sulla lingua, ringrazio tutti coloro che mi vogliono bene e che credono in me, perché vuol dire che in loro qualcosa di positivo ho lasciato. Per ultimo, ringrazio anche chi non crede in me, ringrazio chi non mi vuole bene e che spera in un mio fallimento. Queste sono, forse, le persone che devo ringraziare di più, perché negli ultimi tre anni ho passato momenti più o meno brutti, in cui alcune certezze mi sono cadute improvvisamente, ma sono stati proprio questi momenti a motivarmi a fare meglio e diventare una persona migliore, perché non c'è soddisfazione maggiore che far vedere quello che sei diventato a chi non credeva in te.

Grazie, dunque, di cuore a tutti per avermi reso la persona che sono ora e che sono contento di essere. Questa laurea è certamente un traguardo dal punto di vista personale e penso che sarà un trampolino di lancio per me, perché sicuramente non lo considero un arrivo, ma solamente un punto di partenza.