



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**ANALISI DEGLI ADATTAMENTI  
ARCHITETTONICI DEL MUSCOLO  
VASTO LATERALE IN RISPOSTA AD  
UN PERIODO PROGRAMMATO DI  
INATTIVITA' FISICA.**

Relatore: Prof. Martino Franchi

Laureando: Gianluca De Lazzari

N° di matricola: 2016018

Anno Accademico 2022/2023

# INDICE

INTRODUZIONE .....	V
1) IL MUSCOLO .....	1
1.1 Struttura del muscolo .....	1
1.2 Tipologie di muscoli .....	4
1.3 Architettura muscolare .....	5
1.3.1 Dimensione delle fibre .....	5
1.3.2 Angolo di pennazione.....	5
1.3.3 Sezione trasversale anatomica .....	6
2) EFFETTI DELL'INATTIVITA' SULLA SALUTE FISICA .....	8
2.1 Sarcopenia .....	8
2.2 impatto dell'inattività fisica sulla sensibilità insulinica .....	11
2.3 Inattività fisica e influenze psicologiche.....	15
3) SITUAZIONI DOVE SI VERIFICA INATTIVITA' FISICA .....	18
3.1 Differenza tra i modelli di inattività fisica Step reduction, Bed rest e Sedentary inactivity .....	18
3.2 Inattività fisica legata all'anzianità .....	22
4) LA STEP REDUCTION E LA SOCIETA' MODERNA .....	26
4.1 Inattività fisica e Covid 19.....	26
4.2 Nuova generazione e sedentarietà .....	28
5) SCOPO DELLA TESI .....	30
6) MATERIALI E METODI .....	31
6.1 Partecipanti .....	31
6.2 Familiarizzazione .....	33
6.3 Ecografia.....	34
6.4 Biopsia Muscolare.....	37
6.5 Test.....	38
6.6 Accelerometro .....	41
7) ANALISI DEI DATI .....	42
7.1 Analisi delle immagini ecografiche .....	42
7.2 Analisi dei valori presi .....	46
7.3 T-test .....	47
7.4 P-Value .....	48
7.5 Risultati .....	49

<b>7.6 Media e Deviazione Standard .....</b>	<b>50</b>
<b>8) Discussione .....</b>	<b>54</b>
<b>9) Conclusioni.....</b>	<b>56</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>59</b>

## **Abstract**

La società moderna si sta dirigendo sempre più verso uno stile di vita sedentario, anche a causa di maggiori investimenti nell'ambito delle nuove tecnologie rispetto alla sanità pubblica.

La sedentarietà porta con sé un'inevitabile riduzione del passo, che, assieme agli altri modelli di inattività, causa vari disordini per la salute fisica e mentale dell'uomo.

Considerando che l'Organizzazione Mondiale della Sanità definisce il concetto di salute come "uno stato totale di benessere fisico, mentale e spirituale" è un aspetto di primaria importanza cercare di combattere la sedentarietà aumentando l'attività fisica quotidiana della popolazione, in quanto si andrebbe anche a diminuire la spesa statale per la salute pubblica perché meno richiesta in un popolo attivo fisicamente e di conseguenza più sano.

Proprio da questi presupposti, è nato il progetto che seguirà dove si va ad analizzare come un periodo forzato di inattività influenzi la muscolatura di una popolazione giovane.

## INTRODUZIONE

Nei mesi di maggio, giugno e luglio 2023 ho avuto l'opportunità di partecipare come tesista al progetto di ricerca "Prin InactiveAge", il quale, è stato finanziato e quindi reso possibile dal Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca (MIUR). Le Università Italiane che hanno partecipato sono state tre; Padova, Pavia e Udine.

La parte del progetto in cui ho collaborato, si prefigge di indagare l'impatto di uno stile di vita sedentario sulla salute neuromuscolare, analizzando sia a livello strutturale che funzionale gli adattamenti muscolari dei soggetti.

Ai volontari è stato chiesto di ridurre il numero di passi giornalieri dal range abituale, il quale doveva essere di circa 6000/7000, fino a 1500 per la durata di 15 giorni.

Anteriormente e successivamente al periodo di riduzione di attività sono stati svolti dei test biomedici, in collaborazione con il gruppo di ricerca di fisiologia neuromuscolare del Dipartimento di Scienze Biomediche dell'Università di Padova, per riuscire ad analizzare in maniera ottimale gli adattamenti muscolo-scheletrici.

Il compito di noi tesisti è stato quello di osservare e apprendere dai professionisti della ricerca, cercando di aiutare quando necessario e possibile.

Questo progetto ci ha dato la possibilità di collaborare in un nuovo ed interessante ambito, dandoci una panoramica più ampia su quali siano le opportunità lavorative nel mondo scientifico-sportivo.

In questa tesi si andranno ad approfondire alcuni aspetti del progetto, in particolar modo gli adattamenti dell'architettura muscolare, lunghezza dei fascicoli, angolo di pennazione e muscle thickness dopo un periodo programmato di inattività muscolare, cercando di ottenere dei risultati significativamente rilevanti per il mondo della ricerca.

## 1) IL MUSCOLO

### 1.1 Struttura del muscolo

Mentre lo scheletro e le articolazioni costituiscono la parte statica dell'apparato locomotore, i muscoli, soprattutto il tessuto muscolare striato, rappresentano la componente dinamica.

Il sistema muscolare dell'uomo è costituito da circa 220 muscoli distinti, ognuno caratterizzato da forma e dimensioni uniche. Rappresentando circa il 40-50% del peso corporeo totale, i muscoli sono indubbiamente l'organo più pesante nel corpo umano. Negli atleti professionisti, questa percentuale può raggiungere fino al 65% circa. Al contrario, al momento della nascita, la massa totale dei muscoli costituisce solo circa il 20% del peso corporeo.

Dal punto di vista delle caratteristiche istologiche e funzionali, è possibile distinguere il tessuto muscolare in due categorie principali: muscolo liscio e muscolo striato.

Il tessuto muscolare striato, come anche quello liscio dei visceri e dei vasi sanguigni, ha origine dal foglietto embrionale intermedio (mesoderma); esso si divide in tessuto muscolare scheletrico e il tessuto muscolare cardiaco.

Le principali funzioni del muscolo scheletrico sono:

- **Movimento:** I muscoli sono responsabili del movimento corporeo. Essi lavorano in modo cooperativo, con un muscolo che si contrae (muscolo agonista) mentre l'altro si rilassa (muscolo antagonista) per permettere il movimento delle articolazioni. Ad esempio, i muscoli delle gambe consentono di camminare, mentre quelli del braccio permettono di sollevare oggetti.
- **Stabilità Posturale:** I muscoli svolgono un ruolo fondamentale nel mantenere la postura del corpo, consentendo di stare in piedi o seduti in modo eretto. Mantengono anche la stabilità durante il movimento, prevenendo cadute indesiderate.
- **Respirazione:** Muscoli respiratori come il diaframma e i muscoli intercostali sono essenziali per la respirazione. Il diaframma si contrae durante l'inspirazione e si rilassa durante l'espirazione.
- **Circolazione:** Il cuore, un muscolo striato cardiaco, svolge un ruolo cruciale nel pompare il sangue attraverso il sistema

circolatorio, garantendo che l'ossigeno e i nutrienti raggiungano tutte le parti del corpo.

- **Termoregolazione:** La contrazione muscolare genera calore, contribuendo alla regolazione della temperatura corporea. I muscoli possono tremare per produrre calore quando si avverte freddo.
- **Sostegno Interno:** Alcuni muscoli interni, come i muscoli del pavimento pelvico, svolgono un ruolo nel sostenere gli organi interni come la vescica e il retto.
- **Equilibrio Chimico:** I muscoli immagazzinano glicogeno, che può essere convertito in glucosio per mantenere l'equilibrio chimico del sangue durante l'attività fisica.

Analogamente alle cellule nervose, anche le cellule costituenti i muscoli sono sensibili agli stimoli chimici ed elettrici. Un aspetto distintivo del tessuto muscolare risiede nella specificità delle sue cellule, chiamate fibre muscolari, che, quando stimolate, sono capaci di accorciarsi in modo attivo.

Questo processo prende il nome di contrazione, e a seconda del tipo di tessuto essa può durare frazioni di secondo o anche diverse ore.

Mentre le contrazioni più lente sono principalmente coinvolte nei movimenti viscerali nei muscoli lisci, le contrazioni rapide di solito si verificano nei muscoli striati.

Attraverso la contrazione muscolare, il sistema muscolo-scheletrico permette al corpo di eseguire le sue funzioni vitali attraverso il movimento.

Esistono due principali tipologie di contrazioni muscolari che consentono ai muscoli di generare tensione: le contrazioni isometriche, e le contrazioni non-isometriche.

Questa distinzione si basa sulla capacità dell'unità tendine-muscolo di variare o meno, nel caso di quelle isometriche, la sua lunghezza durante la contrazione.

Le contrazioni non-isometriche, a loro volta, possono essere suddivise in due categorie in base alla variazione della lunghezza dell'unità tendine-muscolo. Le contrazioni eccentriche, che si verificano quando il muscolo si allunga a causa di una forza

esterna che lo stira, e le contrazioni concentriche, le quali descrivono il processo in cui i muscoli si accorciano mentre generano tensione.

Il muscolo scheletrico è un tessuto altamente organizzato, contenente diversi fasci di fibre muscolari. Ciascuna fibra muscolare, contenente a sua volta diverse miofibrille, rappresenta una cellula muscolare e la sua unità base è il sarcomero.

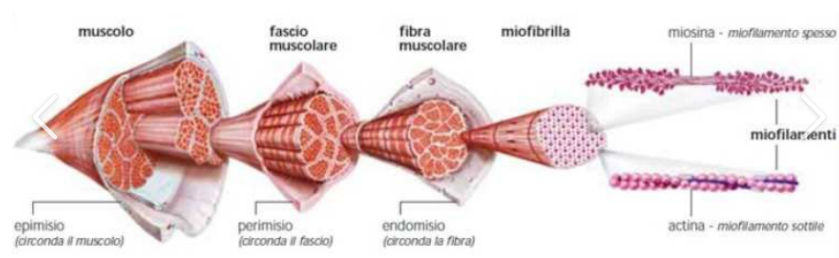


Immagine 1. Struttura del muscolo, sito web

I gruppi di fibre muscolari costituiscono i fascicoli, e l'insieme di questi fascicoli costituisce il tessuto muscolare. Ciascuno di questi strati è avvolto dalla matrice extracellulare e sostenuto da connessioni citoscheletriche.

Tra un gruppo di fascicoli e l'altro, si sviluppano reti di nervi e vasi sanguigni, circondati da tessuto connettivo, conferendo al muscolo scheletrico la sua caratteristica colorazione ricca.

Ciascun muscolo è avvolto da uno strato di tessuto connettivo che, partendo dalla superficie, penetra all'interno, suddividendo il muscolo in colonne o fasci distinti. Tale tessuto connettivo si estende oltre le estremità del muscolo, formando robuste strutture fibrose note come tendini, che collegano i muscoli alle ossa. I tendini sono costituiti da un materiale altamente resistente ed elastico, composto principalmente da collagene ed elastina. La loro funzione principale è quella di trasmettere la forza prodotta dai muscoli alle strutture ossee a cui sono ancorati.

Quando i muscoli si contraggono, la tensione generata dai sarcomeri, le unità contrattili del muscolo, viene trasmessa attraverso la componente elastica composta da tessuto connettivo e tendini fino all'osso sottostante.

In aggiunta, queste strutture possiedono la capacità di adattarsi in risposta agli stimoli a cui sono esposte. Il processo di rinnovamento dei tendini consente loro di aumentare la loro



robustezza o indebolirsi a seconda dell'aumento o della diminuzione del carico di lavoro. Tuttavia, è importante notare che, a causa della limitata vascolarizzazione a cui sono soggetti, il processo di rigenerazione dei tendini avviene a un ritmo relativamente lento.

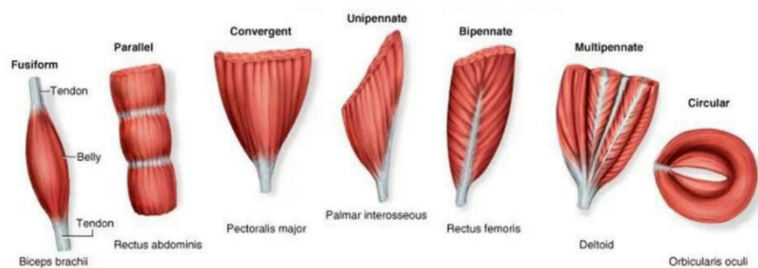
## **1.2 Tipologie di muscoli**

Nell'area prossimale, spesso si riscontra la presenza del capo muscolare che prosegue all'interno del ventre muscolare. Quando un muscolo ha diverse origini, viene classificato come muscolo a due, tre o quattro capi (come il bicipite brachiale, il tricipite brachiale e il quadricipite femorale), i quali si uniscono per formare un ventre muscolare comune, terminando successivamente in un'unità tendinea condivisa.

Un muscolo con un unico capo, ma attraversato da uno o più tendini intermedi, è designato come muscolo a due o più ventri, come ad esempio il retto dell'addome. Al contrario, alcuni muscoli presentano una struttura ampia e piatta, privi di un vero e proprio ventre, come nel caso del trapezio o del dentato anteriore, ancorandosi all'osso tramite un tendine altrettanto piatto.

La disposizione delle fibre muscolari rispetto ai tendini dà origine a muscoli con differenti angoli di pennazione, una grandezza che non è costantemente uniforme tra le fibre muscolari e i tendini. Questo angolo può variare durante una contrazione muscolare. I muscoli con fibre allineate parallelamente alla linea d'azione del tendine sono definiti muscoli a fasci paralleli, come nel caso del muscolo palmare lungo.

D'altra parte, i muscoli con fibre orientate in modo approssimativamente obliquo rispetto all'asse d'azione del tendine sono classificati come muscoli pennati. Nel muscolo unipennato, le fibre si attaccano a un solo lato del tendine, sia all'origine che all'inserzione. Nel muscolo bipennato, le fibre sono disposte obliquamente su entrambi i lati del tendine, come nel caso del tibiale anteriore. Nei muscoli multi- o pluripennati, vari gruppi di fibre si inseriscono con orientamenti diversi.



*Immagine 2. Tipologie di muscoli. Sito web*

## 1.3 Architettura muscolare

### 1.3.1 Dimensione delle fibre

Il tessuto muscolare è altamente adattabile e può modificarsi in risposta alle esigenze funzionali. La massa muscolare può aumentare o diminuire in base al carico meccanico a cui è sottoposto. L'ipertrofia muscolare si verifica quando il muscolo è sottoposto a stress sufficiente da causare un aumento delle dimensioni delle fibre, con un incremento di miofibrille, mitocondri, glicogeno e nuclei.

D'altra parte, l'atrofia muscolare si verifica quando le richieste funzionali del muscolo sono ridotte, come accade in situazioni di disuso o microgravità. In queste circostanze, le fibre muscolari diminuiscono di dimensioni. Tuttavia, è importante sottolineare che sia l'ipertrofia che l'atrofia sono fenomeni reversibili, il che significa che è possibile utilizzare specifici stimoli per ottenere gli adattamenti desiderati.

Le dimensioni dei miociti hanno un impatto diretto sulla capacità di generare forza. Le fibre muscolari più grandi, che contengono più sarcomeri e proteine contrattili, consentono una maggiore capacità di generare tensione, grazie al coinvolgimento di un numero maggiore di interazioni acto-miosiniche nel processo dei ponti trasversali.

### 1.3.2 Angolo di pennazione

Oltre alle dimensioni delle singole fibre muscolari, anche la loro disposizione nello spazio gioca un ruolo significativo nell'incidenza sulla capacità di sviluppare forza da parte di un muscolo. Il termine "angolo di pennazione" è utilizzato per

descrivere l'angolo compreso tra le fibre muscolari e la direzione in cui il muscolo agisce.

Un angolo di pennazione più ampio implica un maggiore numero di fibre muscolari che si estendono su una data area trasversale. A differenza dei muscoli a fibre parallele, in cui le cellule seguono il corso delle fibre tendinee, nei muscoli pennati le fibre muscolari e le fibre tendinee seguono percorsi distinti. In questo caso, le fibre del muscolo sono orientate obliquamente rispetto all'asse longitudinale del ventre muscolare.

A causa di questa disposizione, solo una frazione della capacità contrattile delle fibre pennate viene effettivamente trasmessa ai tendini, in contrasto con la quantità muscolare totale. Questa trasmissione è tanto minore quanto più ampio è l'angolo di pennazione.

La forza sviluppata da un muscolo per ogni centimetro quadrato di superficie trasversale corrisponde a una forza equivalente a circa 5 kg (50 N). Per esempio, un muscolo come il bicipite brachiale, con una superficie trasversale di circa 10 cm<sup>2</sup>, può esprimere una forza muscolare massima di 500 N. Questo è dovuto al fatto che la sezione trasversale dei muscoli pennati è costantemente superiore a quella dei muscoli a fibre parallele, rendendo i muscoli pennati più forti anche quando hanno una spessa struttura simile a quella dei muscoli a fibre parallele.<sup>1</sup>

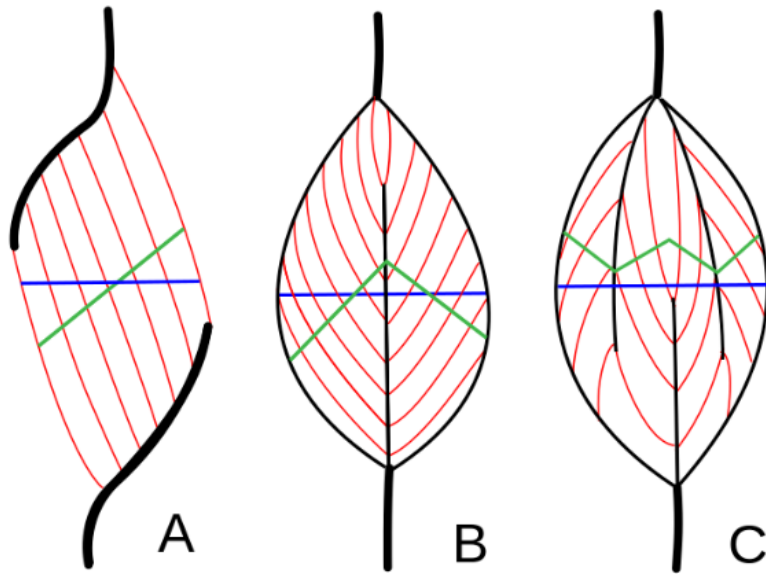
### **1.3.3 Sezione trasversale anatomica**

La grandezza della sezione trasversa del muscolo, indicata come cross-sectional area (CSA), costituisce un elemento strettamente connesso alla capacità del muscolo di generare forza. D'altro canto, si utilizza il termine sezione trasversa anatomica (ACSA) per descrivere la misurazione dell'area trasversale, effettuata nel punto medio del ventre muscolare o, più specificamente, nel punto in cui il diametro è massimo e in modo perpendicolare all'asse longitudinale del muscolo. Per quanto riguarda la sezione trasversa fisiologica (PCSA), ci si riferisce all'area della sezione trasversale del muscolo misurata in modo perpendicolare alle sue fibre anziché al suo asse.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Schunke e Carpino, *Topografia e Funzione dell'apparato locomotore*.

<sup>2</sup> Schunke e Carpino.



*Immagine 3 Angolo di pennazione. Sito web. Le linee verdi rappresentano PCSA mentre quelle blu ACSA*

La PCSA, ottenuta sommando le lunghezze delle linee che intersecano perpendicolarmente l'asse longitudinale di ciascuna fibra muscolare, rappresenta un indicatore chiave. È evidente che in un muscolo con fasci paralleli, ACSA e PCSA coincidono, ma nei muscoli pennati la PCSA è costantemente superiore alla ACSA. Ciò implica che, mantenendo la stessa sezione trasversale, i muscoli pennati contengono un maggior numero di sarcomeri disposti in parallelo rispetto ai muscoli fusiformi, consentendo loro di generare una tensione maggiore. Al contrario, un muscolo fusiforme presenta un maggior numero di sarcomeri in serie, il che gli conferisce la capacità di produrre movimenti più estesi e rapidi.

## **2) EFFETTI DELL'INATTIVITA' SULLA SALUTE FISICA**

L'assenza di attività fisica rappresenta una delle principali origini delle malattie a lungo termine ed è stata identificata come la quarta ragione alla base dei decessi in tutto il mondo. Tale fenomeno costituisce anche un significativo onere economico per la società contemporanea.

Si calcola che circa il 30% della popolazione non partecipi regolarmente in attività fisiche, e questa tendenza è in rapida crescita soprattutto nelle nazioni con un elevato tenore di vita.<sup>3</sup>

Un lavoro fondamentale per capire l'importanza del movimento quotidiano è sicuramente quello di Morris et al. il quale - negli anni 1950 - mostra una maggiore presenza di malattia coronarica nei conducenti di autobus (un lavoro sedentario) rispetto ai controllori di autobus (un lavoro fisicamente attivo).

### **2.1 Sarcopenia**

La sarcopenia è un processo naturale di perdita di massa e forza muscolare che si verifica durante l'invecchiamento. Tuttavia, l'inattività fisica può accelerare questo processo, portando a una condizione nota come "sarcopenia legata all'inattività fisica". Questo fenomeno è particolarmente rilevante poiché influisce notevolmente sulla salute degli anziani.

L'inattività fisica comporta una rapida perdita di massa muscolare poiché i muscoli richiedono una stimolazione costante per rimanere forti e funzionali. La mancanza di attività fisica può portare all'atrofia muscolare, un restringimento e un deterioramento delle fibre muscolari che rende i muscoli deboli e meno efficienti.

Di conseguenza, la sarcopenia legata all'inattività fisica può causare una significativa debolezza muscolare, influenzando negativamente la capacità di svolgere attività quotidiane, come alzarsi da una sedia o camminare su superfici irregolari. Questo può portare a una maggiore fragilità, un maggior rischio di cadute e una ridotta qualità della vita.

---

<sup>3</sup> Sarto et al., «Pathophysiological Mechanisms of Reduced Physical Activity».

I muscoli deboli, infatti, aumentano il rischio di infortuni soprattutto tra gli anziani. Le cadute possono avere conseguenze gravi, come fratture ossee e altre lesioni.

Non bisogna trascurare il fatto che la massa muscolare è coinvolta nel metabolismo bruciando calorie anche a riposo, per questo motivo la perdita di massa muscolare dovuta all'inattività può influenzare negativamente lo stesso contribuendo al guadagno di peso indesiderato.

Per prevenire o ritardare la sarcopenia legata all'inattività fisica, è fondamentale promuovere uno stile di vita attivo e incoraggiare l'adozione di programmi di esercizio regolare che includano esercizi di resistenza e forza con l'affiancamento di una dieta adeguata.

Questi esercizi possono stimolare la crescita muscolare e il mantenimento della forza, aiutando a preservare la funzionalità e la qualità della vita nell'invecchiamento.

L'andare periodicamente in uno stato di inattività fisica marcata, anche per individui relativamente in buona salute, può avere effetti fisiologici negativi notevoli sulla salute, soprattutto con l'avanzare dell'età.

La sarcopenia è una condizione in cui si verifica la perdita progressiva di massa muscolare, con una stima di circa l'1% di perdita muscolare all'anno, mentre le perdite nella forza e nella funzionalità muscolare possono essere ancora più significative, con tassi del 3% al 8% all'anno.

Sebbene la sarcopenia sia considerata una parte normale del processo di invecchiamento, l'inattività fisica può accelerare temporaneamente questa perdita muscolare.

In particolare, la riduzione dell'attività fisica, l'apporto calorico insufficiente o eccessivo e la carenza di proteine nella dieta possono interagire per accelerare i declini muscolari legati alla sarcopenia, aumentando il rischio di ulteriori problemi come

ricoveri ospedalieri o ulteriori periodi di inattività, che comportano una perdita muscolare accelerata.

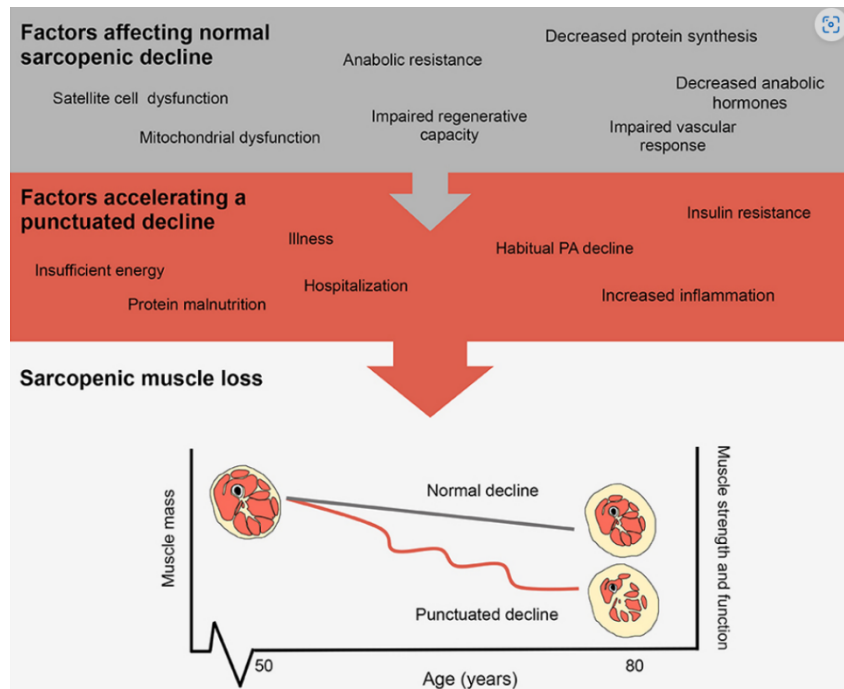


Immagine 4. Sito web. Fattori che inducono alla Sarcopenia

È importante sottolineare che, in ogni periodo di inattività prolungata, la perdita di massa muscolare è accentuata e si verifica una notevole riduzione nell'area trasversale muscolare, con un aumento del contenuto di grasso all'interno dei muscoli.

L'attività fisica gioca un ruolo fondamentale nel regolare molti dei fattori associati all'invecchiamento e alla salute dei muscoli scheletrici, tra cui l'inattività, l'infiammazione, le specie reattive dell'ossigeno, il controllo glicemico e la perdita di motoneuroni.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Oikawa, Holloway, e Phillips, «The Impact of Step Reduction on Muscle Health in Aging».

## **2.2 impatto dell'inattività fisica sulla sensibilità insulinica**

L'inattività fisica può avere un impatto significativo anche sulla sensibilità insulinica, contribuendo a problemi di salute come l'insulino-resistenza e il diabete di tipo 2. La sensibilità insulinica si riferisce alla capacità delle cellule del corpo di rispondere all'insulina, un ormone prodotto dalle isole di Langerhans del pancreas che regola i livelli di zucchero nel sangue.

L'inattività fisica può portare all'insulino-resistenza, che significa che le cellule del corpo rispondono in modo meno efficace all'insulina. Questo costringe il pancreas a produrre maggiore quantità di questo ormone per mantenere i livelli di zucchero nel sangue sotto controllo. Nel tempo, questa resistenza all'insulina può portare a livelli elevati di zucchero nel sangue, aumentando il rischio di sviluppare il diabete di tipo 2.

Questo aumento del rischio è spesso associato all'accumulo di tessuto adiposo causato dall'inattività fisica. Il grasso viscerale, in particolare, circonda gli organi interni ed è legato all'insulino-resistenza e all'infiammazione sistemica. Quest'ultima è un altro aspetto influenzato dall'assenza di attività fisica, ed è associata a un'alterazione del metabolismo dei carboidrati.

D'altro canto, l'attività fisica regolare ha l'effetto opposto: durante l'attività fisica, i muscoli richiedono più glucosio, contribuendo a ridurre i livelli di zucchero nel sangue. Inoltre, essa può favorire la perdita di peso o la gestione del peso corporeo, riducendo ulteriormente il rischio di insulino-resistenza e diabete di tipo 2.

L'interazione tra insulina ed esercizio fisico è un esempio di bilanciamento e modifica degli effetti di due opposte forze di regolazione metabolica in condizioni variabili.

Mentre l'insulina viene secreta dopo l'assunzione di cibo ed è l'ormone primario che aumenta lo stoccaggio di glucosio come glicogeno e stoccaggio di acidi grassi come trigliceridi, l'esercizio fisico è una condizione in cui i depositi di carburante devono essere mobilitati e ossidati. Per questo motivo, durante attività fisica gli effetti di immagazzinamento di combustibile di insulina hanno bisogno di esser soppressi. Questo viene fatto



principalmente inibendo la secrezione di insulina durante l'esercizio fisico e attivando i processi di mobilitazione del combustibile locale e sistemico. Al contrario, dopo l'esercizio c'è la necessità di ricaricare i depositi di carburante mobilitati durante l'esercizio, in particolare i depositi di glicogeno nei muscoli. Questo processo è facilitato da un aumento della sensibilità insulinica dei muscoli precedentemente impegnati in attività fisica che dirige il glucosio alla risintesi del glicogeno. Negli individui fisicamente allenati, la sensibilità all'insulina è anche superiore a quella degli individui non addestrati a causa di adattamenti nella vascolarizzazione, nel muscolo scheletrico e nel tessuto adiposo.<sup>5</sup>

Si è constatato inoltre, che l'inattività fisica porta a delle conseguenze importanti sull'adattamento metabolico e una rapida riduzione della sensibilità all'insulina.<sup>6</sup>

In aggiunta, il legame del recettore dell'insulina del muscolo e le alterazioni di segnalazione, sono associate a livelli ridotti della proteina GLUT4.

Uno studio interessante che ci può aiutare a capire meglio gli effetti metabolici causati dall'inattività fisica è del 2018 il quale si è prefissato come obiettivo di studiare gli effetti di una riduzione a breve termine dell'attività fisica con un maggiore comportamento sedentario sui profili metabolici e sulla composizione corporea, confrontando gli effetti in individui con parenti di primo grado con diabete di tipo 2 (FDR+ve) rispetto a quelli senza (FDR-ve).

A seguito della riduzione della fase di SR si è registrata una significativa diminuzione della sensibilità all'insulina del corpo intero (indice Matsuda) ( $p < 0,001$ ), dell'indice di sensibilità all'insulina muscolare ( $p < 0,001$ ), della forma fisica cardiorespiratoria ( $p = 0,002$ ) e della massa magra degli arti inferiori ( $p = 0,004$ ). Inoltre, c'è stato un aumento significativo del grasso corporeo totale ( $p < 0,001$ ), del grasso epatico ( $p = 0,001$ ) e del colesterolo LDL ( $p = 0,013$ ).

Dopo la riduzione del passo, i partecipanti FDR + ve hanno accumulato l'1,5% in più di grasso androide (0,4, 2,6;  $p = 0,008$ )

---

<sup>5</sup> Richter, Sylow, e Hargreaves, «Interactions between Insulin and Exercise».

<sup>6</sup> Sarto et al., «Pathophysiological Mechanisms of Reduced Physical Activity».

e hanno aumentato il triacilglicerolo di 0,3 mmol/ l (0,1, 0,6; p = 0,044). Dopo aver ripreso l'attività normale, i partecipanti a FDR+ve si sono impegnati in quantità inferiori di attività vigorosa (p = 0,006) e hanno avuto una sensibilità all'insulina muscolare più bassa (p = 0,023). Tutti gli altri cambiamenti sono stati invertiti senza differenze significative tra i gruppi.<sup>7</sup>

A conferma di ciò, da un altro studio eseguito nei ratti è emerso che vi è una maggiore concentrazione plasmatica di insulina e trigliceridi nei ratti con inattività fisica protratta per 53h, rispetto agli animali che avevano accesso continuo al movimento<sup>8</sup>.

La transizione all'inattività fisica e/o all'aumento del tempo di sedentarietà causa una riduzione della sensibilità all'insulina muscolare scheletrica, contribuendo a ripartire i substrati energetici in depositi, causando un aumento dell'accumulo di grasso centrale e dello stoccaggio ectopico nel fegato e in altri organi, con conseguente ulteriore resistenza all'insulina.

Questo aspetto è molto interessante se ci si vuole immedesimare nei panni della futura generazione, la quale è sempre più sedentaria a causa dello sviluppo delle nuove tecnologie, che lavora sempre più verso un'ideologia che sposa a pieno la legge "work smart not hard" che, quando ci si rapporta con corpo umano, non porta a conseguenze positive in quanto, più sedentaria si rende la nostra quotidianità, più aumenta il rischio di morte.

I modelli di riduzione graduale hanno dimostrato che la riduzione dell'attività fisica provoca cambiamenti fisiologici dannosi, tra cui una ridotta idoneità cardiorespiratoria, perdita di massa muscolare scheletrica con resistenza anabolica associata oltre che all'accumulo di grasso centrale e alla riduzione della sensibilità insulinica già citata precedentemente.

In conclusione, si può constatare che l'adesione a uno stile di vita attivo e a un programma di esercizio fisico regolare è fondamentale per mantenere la sensibilità insulinica e prevenire problemi metabolici correlati, facendo capire che anche la semplice deambulazione, la quale può essere sottovalutata in quanto non considerata attività fisica ad alta intensità, sia in realtà di fondamentale importanza per la salute dell'essere umano.

---

<sup>7</sup> Bowden Davies et al., «Short-Term Decreased Physical Activity with Increased Sedentary Behaviour Causes Metabolic Derangements and Altered Body Composition».

<sup>8</sup> Kump, Laye, e Booth, «Increased Mitochondrial Glycerol-3-Phosphate Acyltransferase Protein and Enzyme Activity in Rat Epididymal Fat upon Cessation of Wheel Running».



### **2.3 Inattività fisica e influenze psicologiche**

Lo studio dell'inattività fisica è fondamentale per molti aspetti e non per forza strettamente legati alla salute fisiologica del soggetto, infatti, oltre che a colpire la salute fisica prende anche quella psicologica.

I disturbi depressivi sono la seconda causa principale del carico globale di malattia, e uno dei fattori che si possono modificare per migliorare questo aspetto psicologico è proprio l'attività fisica.

Un comportamento sedentario può avere un impatto rilevante sulla salute mentale e sul benessere psicologico di un individuo.

L'importanza dell'esercizio fisico sulla nostra salute mentale ed emotiva è incontestabile. Diversi aspetti del nostro benessere psicologico possono essere influenzati dall'inattività fisica, e comprendere questi collegamenti può aiutarci a comprendere meglio il ruolo cruciale dell'attività fisica nella nostra vita quotidiana.

Innanzitutto, stress e ansia sono spesso alleviati attraverso l'esercizio fisico regolare: l'attività fisica, infatti, può ridurre i livelli di cortisolo, noto come l'ormone dello stress, mentre stimola la produzione di endorfine, spesso chiamate "ormoni della felicità," che possono migliorare l'umore e ridurre l'ansia.

La depressione è un'altra condizione in cui l'attività fisica può svolgere un ruolo positivo.

Numerosi studi hanno evidenziato un aumento del rischio di depressione associato all'inattività fisica, ma l'esercizio fisico può contribuire a migliorare l'umore e a ridurre la gravità dei sintomi depressivi.<sup>9</sup>

L'autostima è un altro aspetto cruciale per la salute mentale, e l'inattività fisica può influire negativamente su di essa.

L'adesione a un regime di esercizio fisico regolare può contribuire a migliorare l'autostima, poiché favorisce una migliore percezione del proprio corpo, una maggiore sensazione di realizzazione personale e una maggiore fiducia in sé stessi.

La sedentarietà è spesso accompagnata da un aumento dell'isolamento sociale, portando a problemi di salute mentale come la solitudine e la depressione.

---

<sup>9</sup> Schuch et al., «Physical Activity and Sedentary Behavior in People with Major Depressive Disorder».

Avere uno stile di vita sedentario può influire negativamente sulla qualità del sonno, il quale tramite l'esercizio fisico regolare può migliorare, riuscendo a ottenere un riposo più profondo.

Un altro aspetto importante su cui agisce l'esercizio fisico sono le funzioni cognitive, la concentrazione e la memoria, le quali possono essere influenzate positivamente dall'attività fisica al contrario, la mancanza di attività fisica, può portare a problemi di concentrazione e apprendimento.

L'inattività fisica può anche coincidere con una dipendenza da schermo, che ha un impatto negativo sulla salute mentale, contribuendo all'isolamento sociale e all'ansia.

Questo problema, infatti, si sta propagando sempre più velocemente nelle nuove generazioni, le quali spesso preferiscono divertirsi con gli amici giocando online con il telefono o con delle console rispetto a giocare una reale partita di pallone.

L'esercizio fisico richiede autodisciplina e motivazione e la difficoltà nel mantenere una routine di attività fisica può causare sentimenti di frustrazione e mancanza di autodisciplina.

Spesso lo sport e in generale l'esercizio fisico, sono una scuola di vita importante tanto quanto le ore scolastiche, in quanto tramite altre vie di apprendimento differenti si istruisce il soggetto/atleta.

Molte volte i coach riescono a trasmettere degli insegnamenti fondamentali per la vita di tutti i giorni, come per esempio il rispetto per il prossimo, la costanza, il sacrificio, le quali sono virtù che arricchiscono la persona.

Infine, la sedentarietà può contribuire a un ciclo negativo in cui una persona sperimenta stress, depressione o ansia a causa dell'inattività fisica, il che a sua volta può diminuire ulteriormente la propensione all'attività fisica.

Rompere questo ciclo può essere una sfida, ma è fondamentale per il benessere mentale complessivo.<sup>10</sup>

Revisioni sistematiche hanno suggerito che l'attività fisica è un fattore protettivo per l'insorgenza della depressione, con anche piccole quantità di attività fisica (ad esempio, camminare <150 minuti a settimana) diminuendo l'incidenza di episodi depressivi futuri.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Schuch et al., «Exercise as a Treatment for Depression».

<sup>11</sup> Mammen e Faulkner, «Physical Activity and the Prevention of Depression».

Si può dedurre quindi che l'efficacia dell'attività fisica sulla depressione è simile a quello della terapia antidepressiva ed una combinazione tra esse, non sembrerebbe produrre ulteriori effetti (Effetto antidepressivo).

Questo a sostegno del fatto che l'inattività fisica colpisce il soggetto a 360°, e che l'esercizio fisico può essere paragonato ad una medicina non farmacologica.

In sintesi, l'esercizio fisico non riguarda solo la nostra forma fisica, ma ha un impatto profondo sulla nostra salute mentale e emotiva. È importante riconoscere questo legame e cercare modi per integrare l'attività fisica nella nostra vita quotidiana al fine di promuovere una migliore salute mentale.

### **3) SITUAZIONI DOVE SI VERIFICA INATTIVITA' FISICA**

#### **3.1 Differenza tra i modelli di inattività fisica Step reduction, Bed rest e Sedentary inactivity**

I tre modelli di inattività fisica - riduzione dei passi, riposo a letto e sedentarietà - rappresentano vari gradi di diminuzione dell'attività fisica e influiscono in modo diverso sul corpo umano.

Step reduction:

Questo modello coinvolge una significativa diminuzione dell'attività fisica, ma non comporta un completo riposo. Solitamente si verifica quando le persone riducono notevolmente il numero di passi fatti ogni giorno, come ad esempio a causa di cambiamenti nello stile di vita o temporanee restrizioni.

Gli effetti sulla salute possono includere una diminuzione dell'efficienza cardiorespiratoria, della forza muscolare e della salute metabolica. Tuttavia, non è così grave come il completo riposo a letto.

La step reduction viene utilizzata per studiare gli effetti dell'inattività moderata e graduale in quanto la riduzione del passo in generale è un fenomeno che sta diventando sempre più rilevante nella nostra società moderna.

Nel corso degli anni, il nostro stile di vita è cambiato in modi significativi con una crescente dipendenza dalla tecnologia, un aumento dei lavori sedentari e una diminuzione dell'attività fisica nella nostra routine quotidiana.

Sedentary inactivity:

La sedentarietà è caratterizzata dalla mancanza di movimento fisico e dall'assenza di attività motoria regolare nella vita quotidiana. Il modello preso in considerazione si verifica quando le persone conducono uno stile di vita principalmente sedentario, passando la maggior parte del tempo sedute, come ad esempio al lavoro o davanti alla televisione;

Gli effetti a lungo termine sulla salute della sedentarietà includono un aumento del rischio di obesità, diabete di tipo 2, malattie cardiache, problemi muscoloscheletrici e una ridotta efficienza cardiorespiratoria. Pur non provocando una diminuzione rapida della forza muscolare come il riposo a letto,

essa può portare a una progressiva perdita di tono muscolare e di resistenza.

ULLS:

Il modello ULLS (Unilateral Lower Limb Suspension) è stato sviluppato, introdotto e convalidato nella ricerca per esaminare gli effetti del volo spaziale sulla dimensione e sui parametri funzionali dei muscoli. Questo approccio si è dimostrato efficace nel provocare disturbi al metabolismo proteico dei muscoli posturali in un breve periodo (2-3 giorni), simili a quelli osservati in assenza di gravità. Ciò avviene concentrandosi esclusivamente sull'arto sospeso, minimizzando l'impatto sulle condizioni di salute generali del soggetto.

Bed rest:

In questo modello le persone sono costrette a rimanere a letto per periodi prolungati, spesso a causa di gravi malattie, lesioni o per scopi di ricerca scientifica.

Esso può portare a un rapido deterioramento della forza muscolare, della densità ossea e della funzione cardiopolmonare; Comuni conseguenze del modello in analisi includono: atrofia muscolare, indebolimento del sistema scheletrico e nei casi più gravi può anche comportare un aumento del rischio di complicanze come la trombosi venosa profonda (TVP).

La sedentarietà, genericamente intesa come una mancanza di attività nella vita quotidiana, è associata a rischi a lungo termine per la salute che diventano maggiormente impattanti nell'individuo al crescere della stessa.

È importante sottolineare che l'attività fisica regolare è essenziale per mantenere la salute e il benessere fisico, e dovrebbe essere promossa per prevenire gli effetti negativi dell'inattività.

Fino ad oggi, gli studi sperimentali sull'uomo relativi alla riduzione di attività fisica hanno utilizzato modelli estremi, tra cui il riposo prolungato a letto, l'immobilizzazione degli arti e la cessazione dell'esercizio in volontari addestrati all'esercizio fisico.

In ambito di ricerca, l'inattività fisica presa a riferimento in questi modelli porta a risultati molto evidenti, ma essi sono statisticamente poco riconducibili a situazioni reali.



L'inattività durante il riposo a letto ha fornito ai ricercatori un cambiamento caratteristico nel fenotipo muscolare per comprendere meglio le conseguenze fisiologiche del disuso.<sup>12</sup>

Dato che il riposo a letto richiede inattività di tutto il corpo, fornisce un ottimo modello per comprendere l'effetto sistemico del disuso su più sistemi fisiologici ed è clinicamente rilevante.

Al contrario, gli studi di immobilizzazione degli arti singoli negli adulti, hanno sottolineato le conseguenze fisiologiche significative che si verificano con il disuso a livello muscolare locale.

La perdita muscolare indotta dall'immobilizzazione è in gran parte applicabile agli scenari clinici di immobilizzazione dell'arto singolo o chirurgia ortopedica elettiva, durante i quali il recupero dell'arto interessato può essere senza carico per diverse settimane

<sup>13</sup> <sup>14</sup>

Una metodologia alternativa, e molto interessante, per verificare gli adattamenti del corpo all'inattività fisica, è la step reduction: essa è una forma meno estrema di inattività fisica dal momento che i partecipanti sono ancora esposti a stimoli di carico, benché significativamente ridotti.

La SR rappresenta un modello attraente in quanto è più vicino alle reali condizioni di vita e risulta maggiormente appropriato per imitare gli effetti deleteri di uno stile di vita sedentario.

Inoltre, è importante considerare che i periodi di ridotta attività fisica si verificano più frequentemente degli eventi di riposo prolungato a letto (o di immobilizzazione degli arti), si veda ad esempio il recente caso di pandemia COVID-19.

Durante la SR, ai partecipanti viene chiesto di ridurre i loro passi giornalieri, solitamente monitorati esternamente da un pedometro o dispositivo simile, ad un regime contenuto compreso tra i 750-5.000 passi/giorno.

La riduzione dell'attività fisica con SR a questi bassi livelli non costituisce un completo disuso muscolare, ma ha profonde conseguenze fisiologiche.

È importante sottolineare, infatti, che la SR ha effetti sistemici simili in tutto il corpo, ma ovviamente in misura minore rispetto

---

<sup>12</sup> Narici e De Boer, «Disuse of the Musculo-Skeletal System in Space and on Earth».

<sup>13</sup> Suetta et al., «Effects of Aging on Human Skeletal Muscle after Immobilization and Retraining».

<sup>14</sup> Dirks et al., «Skeletal Muscle Disuse Atrophy Is Not Attenuated by Dietary Protein Supplementation in Healthy Older Men».

al riposo a letto e all'immobilizzazione unilaterale degli arti che colpisce in gran parte i tessuti periferici.

Inoltre, episodi di riposo completo a letto (in genere a causa di ricovero in ospedale), si verificano meno frequentemente di inattività portate da una semplice influenza la quale colpisce una percentuale maggiore e più frequentemente la popolazione.

In conclusione, questi tre modelli di inattività fisica si distinguono per la gravità e gli effetti sulla salute. La riduzione dei passi rappresenta una forma lieve di inattività, mentre il riposo a letto è estremamente dannoso per la salute fisica.

### 3.2 Inattività fisica legata all'anzianità

Gli adulti più anziani rispetto ai loro omologhi più giovani, oltre a presentare un fisiologico calo dell'attività fisica generale, rilevano dei rischi maggiori legati ai periodi di inattività.<sup>15</sup>

A conferma di ciò, ad esempio, in uno studio seminale da Suetta et al si è trovato che, a seguito di 2-settimane di leg casting unilaterale e successivo allenamento intensivo di resistenza, gli adulti più anziani non sono stati in grado di recuperare completamente le perdite di muscolo scheletrico; differentemente, la coorte di giovani adulti sottoposti allo stesso trattamento hanno dimostrato pieno recupero di quadricipite area trasversale (CSA).<sup>16</sup>

Episodi di completo disuso muscolare o disuso muscolare locale possono essere dovuti al riposo a letto da malattia o nel secondo caso a causa di immobilizzazione degli arti per chirurgia.

Spesso, il relativo disuso muscolare, si verifica durante l'inattività a causa di influenze e la convalescenza associata con conseguente marcata riduzione dei passi giornalieri, spesso indicato come riduzione di passo (SR).

Anche i soggetti più anziani in buona salute hanno mostrato una marcata suscettibilità alle riduzioni acute del passo quotidiano che impattano sul controllo glicemico, sui marcatori dell'infiammazione e sul muscolo scheletrico, il cui recupero è incompleto dopo la SR, sottolineando una evidente capacità rigenerativa compromessa nel muscolo scheletrico che invecchia.

L'inattività fisica tra gli anziani è un tema di notevole rilevanza, in quanto può avere effetti sostanziali sulla loro salute complessiva, sia dal punto di vista fisico che mentale.

Tali soggetti sono spesso più inclini a ridurre l'attività fisica a causa di diversi fattori, tra cui la ridotta mobilità, le malattie croniche e le sfide legate all'invecchiamento.

---

<sup>15</sup> Trost et al., «Correlates of Adults?»

<sup>16</sup> Suetta et al., «Effects of Aging on Human Skeletal Muscle after Immobilization and Retraining».

Uno dei principali problemi associati all'inattività fisica tra gli anziani è la sarcopenia - ovvero la progressiva perdita di massa muscolare e forza - che può portare a una maggiore fragilità e compromettere la qualità della vita. Le stime basate sulla popolazione della perdita del muscolo dopo l'età 60 mostrano una perdita di ~1% all'anno mentre la perdita di forza è più rapida a ~3% all'anno.

L'assenza di esercizio fisico aumenta il rischio di malattie cardiovascolari, contribuendo all'accumulo di placche nelle arterie e alla riduzione della capacità cardiaca.<sup>17</sup>

La mancanza di attività fisica, inoltre, può anche influenzare negativamente l'equilibrio e la coordinazione, aumentando il rischio di cadute che possono avere conseguenze gravi per la loro salute.

Nei soggetti con l'osteoporosi l'inattività fisica può contribuire alla perdita di densità ossea, aumentando il rischio di fratture; inoltre, le malattie croniche come il diabete e l'ipertensione possono essere gestite in modo più efficace attraverso una regolare attività fisica.

Dal punto di vista mentale invece, l'inattività può contribuire allo stress, all'ansia e persino alla depressione: l'esercizio regolare è noto per migliorare l'umore e ridurre il rischio di problemi di salute mentale.

È interessante notare che l'isolamento sociale nelle persone anziane può essere vista anche come la causa della loro ridotta attività in quanto l'incapacità di lasciare la casa a causa della scarsa mobilità, la mancanza di trasporto, condizioni meteorologiche avverse e la malattia dell'individuo evidenziano la complessità della capacità di intervento negli adulti anziani.

---

<sup>17</sup> Oikawa, Holloway, e Phillips, «The Impact of Step Reduction on Muscle Health in Aging».

I bassi livelli di attività fisica abituale negli adulti più anziani sono accompagnati da brusche e acute riduzioni dell'attività con conseguente bassi livelli di carico meccanico del muscolo.

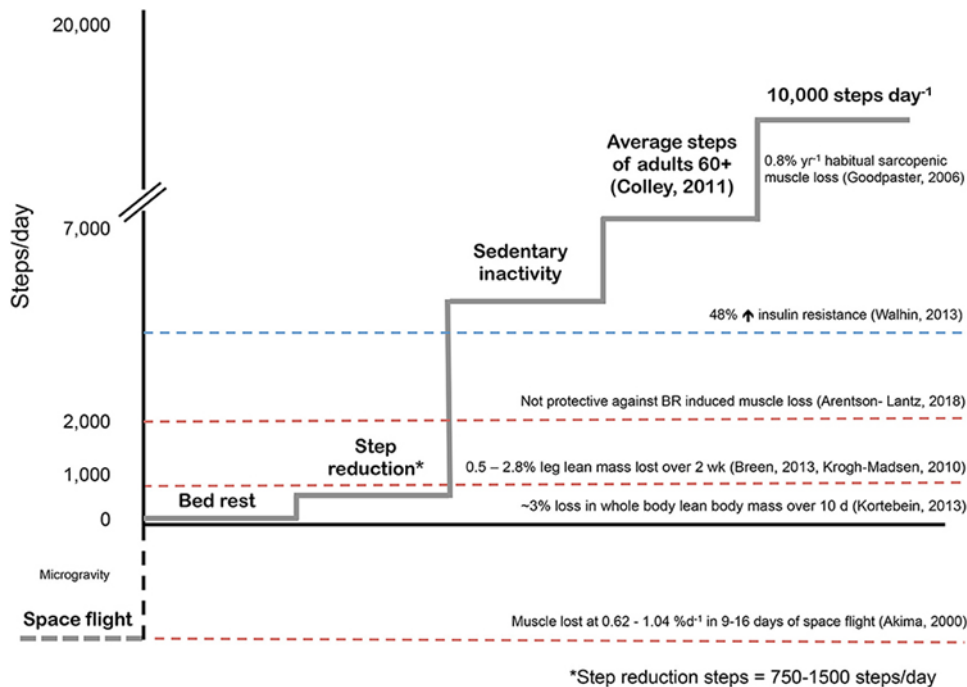


Immagine 5. Sito web. Modelli inattività

Promuovere l'attività fisica tra gli anziani risulta quindi fondamentale per migliorare la loro qualità di vita, far mantenere loro l'indipendenza e prevenire problemi legati all'inattività. Programmi di esercizio adattati alle esigenze e alle capacità individuali degli anziani possono contribuire a migliorare la forza muscolare, l'equilibrio e la salute generale.

Tuttavia, è sempre consigliabile consultare un professionista sanitario prima di iniziare qualsiasi nuovo programma di esercizio per garantire che sia sicuro e appropriato per la condizione fisica individuale.



## **4) LA STEP REDUCTION E LA SOCIETA' MODERNA**

### **4.1 Inattività fisica e Covid 19**

Durante la pandemia di COVID-19, l'inattività fisica è emersa come una preoccupazione significativa.

A causa delle restrizioni, delle chiusure di palestre e dell'isolamento sociale, molte persone hanno ridotto la loro attività fisica quotidiana e questa situazione ha avuto diverse implicazioni sulla salute, sia fisica che mentale, delle persone.

Come primo punto la pandemia ha causato una forzata sedentarietà tramite le misure di lockdown costringendo molte persone a rimanere a casa, e di conseguenza portate a ridurre le opportunità di attività fisica, inoltre il lavoro da casa ha spesso significato trascorrere molte ore al computer senza pause o attività fisiche.

Parlando di salute, un altro aspetto da tenere presente è l'aumento del rischio di malattie croniche. Quando ci si trova in uno stato di inattività fisica, si può incorrere in una serie di problemi di salute a lungo termine. Questo include un aumento del rischio di sviluppare malattie croniche come l'obesità, il diabete di tipo 2 e le malattie cardiache. Queste condizioni rendono le persone più vulnerabili alle complicazioni legate al COVID-19 e ad altre patologie.

Un termine che è emerso durante la pandemia è il "Quarantena 15". Questo si riferisce all'aumento di peso che alcune persone hanno sperimentato durante il periodo di isolamento. Questo aumento di peso spesso è attribuito all'inattività fisica e alle abitudini alimentari poco salutari che possono insorgere quando si è confinati in casa per lunghi periodi.

Inoltre, va sottolineato che le restrizioni hanno interrotto molte delle nostre routine sane. Questo include anche la routine di attività fisica regolare. L'incapacità di svolgere le attività quotidiane che ci mantengono attivi ha reso difficile per molte persone mantenere uno stile di vita sano.

Per affrontare l'inattività fisica correlata al COVID-19, è fondamentale cercare modi sicuri per rimanere attivi, come esercizi a casa, passeggiate all'aperto mantenendo il

distanziamento sociale o l'adozione di pause attive durante il lavoro da casa. Mantenere una dieta equilibrata è altrettanto importante per evitare l'aumento di peso. Coinvolgere la famiglia in attività fisiche può essere un modo divertente per promuovere la salute di tutti i membri della casa.

Quando si tratta della pandemia non possiamo trascurare l'aspetto della salute mentale. L'isolamento sociale e le restrizioni che ci hanno costretto a rimanere al chiuso hanno contribuito ad aumentare l'ansia e lo stress in molte persone.

L'attività fisica è conosciuta per i suoi benefici sulla salute mentale. Infatti, l'esercizio regolare è in grado di ridurre lo stress e promuovere un senso di benessere psicologico. Quindi, la mancanza di movimento può influire negativamente sulla nostra salute mentale.



## 4.2 Nuova generazione e sedentarietà

La sedentarietà tra la nuova generazione è diventata una crescente preoccupazione per la salute pubblica. Questo fenomeno è stato alimentato dall'ampio utilizzo dei dispositivi digitali e delle tecnologie avanzate: sebbene questi dispositivi abbiano portato numerosi vantaggi, hanno anche contribuito a promuovere uno stile di vita sempre più sedentario tra i giovani.

I giovani, infatti, trascorrono sempre più tempo davanti a schermi (come computer, tablet, smartphone e televisioni) diminuendo le attività all'aperto e aumentando sensibilmente il tempo trascorso in posizioni sedentarie; a questo si legano conseguenze negative per la postura, come scoliosi e atteggiamenti cifotici, e la salute muscolare.

La sedentarietà ha portato a una riduzione dell'attività fisica tra i giovani: le attività sportive, i giochi all'aperto e altre forme di esercizio fisico sono diventati meno comuni, con un impatto negativo sulla salute fisica e mentale dei soggetti.

La mancanza di attività fisica può compromettere lo sviluppo delle abilità motorie fondamentali nei giovani, limitando le opportunità di partecipare a sport e altre attività fisiche.

Con l'aumento del tempo trascorso davanti ad un computer si sta verificando un peggioramento esponenziale delle capacità coordinative, il quale rende sempre più difficile il lavoro per gli insegnanti e allenatori.

La mancanza di attività fisica può inoltre contribuire all'obesità e ad una serie di condizioni di salute correlate, come il diabete di tipo 2, le malattie cardiache e problemi muscoloscheletrici, i quali possono avere un impatto significativo sulla qualità di vita futura. In particolare, la sedentarietà è spesso associata a cattive abitudini alimentari, con i giovani che consumano alimenti ad alto contenuto calorico e poveri di nutrienti.

Dal punto di vista della salute mentale, la sedentarietà può anche contribuire a problemi come ansia e depressione: l'esercizio fisico è noto per migliorare l'umore, ridurre lo stress e promuovere il benessere mentale.

La tecnologia ha anche contribuito all'isolamento sociale tra i giovani, con sempre più tempo trascorso online invece di interagire in modo diretto con gli altri. Questo può influenzare le abilità sociali e il benessere emotivo dei giovani.

Per affrontare queste sfide, è fondamentale promuovere uno stile di vita attivo tra i giovani, limitare il tempo trascorso davanti agli schermi e fornire educazione sulle scelte alimentari sane.

Scuole, famiglie e comunità giocano un ruolo cruciale nell'incoraggiare i giovani a essere più attivi e adottare abitudini di vita più salutari.

Negli ultimi anni, per cercare di tamponare questo problema, si stanno cercando nuove alternative per indurre i giovani all'esercizio, come la telemedicina e il tele-esercizio, strumenti preziosi nella gestione dell'obesità infantile, i quali si sono dimostrati di grande aiuto durante la pandemia da COVID-19.

La telemedicina e l'uso di programmi di esercizio a distanza si sono dimostrati efficaci nel promuovere l'auto-monitoraggio e il cambiamento dei comportamenti, inclusa l'adesione a regolari programmi di attività fisica tra bambini e adolescenti affetti da obesità. Inoltre, le piattaforme di tele-esercizio, come applicazioni o giochi interattivi, hanno consentito una pianificazione più flessibile e hanno ridotto i rischi legati alla possibile esposizione al virus.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Vandoni et al., «Combating Sedentary Behaviors by Delivering Remote Physical Exercise in Children and Adolescents with Obesity in the COVID-19 Era».

## **5) SCOPO DELLA TESI**

Lo scopo di questo lavoro è quello di evidenziare gli adattamenti strutturali e funzionali del muscolo a seguito di una proposta di step reduction, ovvero un modello patofisiologico di inattività fisica non estrema in quanto riconducibile a situazioni verificabili nella quotidianità.

Nello specifico si andranno ad analizzare gli adattamenti dell'architettura muscolare tramite delle immagini ecografiche longitudinali prese al 50% della lunghezza totale del femore.

Questa analisi prende forma dalla necessità di approfondire le conseguenze dell'inattività fisica in un campione di popolazione giovane, in quanto la società moderna - anche a causa del contributo delle nuove tecnologie e dell'epidemia Covid 19 - si sta spostando sempre più verso un sistema sedentario.

Con questo approfondimento si vanno a verificare le diverse conseguenze dell'inattività fisica sulla struttura muscolare, traendo delle considerazioni sull'impatto della sedentarietà nel benessere generale del soggetto.

## 6) MATERIALI E METODI

### 6.1 Partecipanti

Per questa fase della ricerca sono stati coinvolti dieci soggetti, i quali hanno partecipato su base volontaria incentivati dall'importanza del progetto e da un compenso economico.

Tutti i partecipanti sono studenti, molti dei quali iscritti alla facoltà di medicina, spinti alla partecipazione dalla struttura del progetto di ricerca in quanto molto vicino all'ambito biomedico.

Il gruppo di ricerca è suddiviso per funzioni e competenze: c'è chi si occupa della ricerca biologica, chi di quella funzionale e chi della parte medica. L'analisi dei dati viene poi elaborata dall'intero gruppo, che ne riassume i risultati in articoli scientifici atti ad essere pubblicati nelle specifiche riviste.

Una delle prime fasi del progetto è stato il reclutamento svoltosi tramite delle stampe, da appendere vicino ai posti di grande frequentazione, e l'utilizzo dei social, strumento fondamentale al giorno d'oggi per arrivare ad un pubblico più ampio.

**VUOI AIUTARE LA SCIENZA...FACENDO IL PIGRO?  
CERCHIAMO VOLONTARI!**

**Lo studio in breve**

Questo progetto si prefigge di indagare l'impatto di uno stile di vita sedentario sulla salute neuromuscolare. Ai volontari verrà chiesto di ridurre il numero di passi giornaliero dall'abituale a 1500 passi al giorno per 15 giorni. Prima dell'inizio e al termine del periodo di riduzione dei passi, sarà svolta una batteria di test biomedici

**Criteri di inclusione:**

- 18-35 anni
- Moderatamente attivi fisicamente
- Effettiva possibilità di ridurre i passi giornalieri per 15 giorni considerando la propria routine quotidiana

**Contatti:**  
fabio.sarto.2@phd.unipd.it  
giacomo.valli@phd.unipd.it



Immagine 6. Volantino utilizzato per il reclutamento.

Grazie alla collaborazione tra noi tesisti, i tirocinanti, e i professori siamo riusciti a raggiungere quasi 50 richieste di partecipazione, le quali poi sono state analizzate dal gruppo di ricerca.

La seconda fase è stata quella di porre dei criteri di inclusione per rendere ottimale il progetto.

I criteri di inclusione utilizzati per la scelta dei soggetti sono stati i seguenti:

- appartenenza ad entrambi i sessi;
- normopeso (BMI compreso tra 18,5 e 24,5);
- età compresa tra i 18 e 35 anni;
- attività fisica moderata (il soggetto deve svolgere almeno 7.000 – 8.000 passi al giorno ma non superare i quattro allenamenti a settimana);
- avere la possibilità di ridurre effettivamente la deambulazione per 15 giorni valutando la propria routine quotidiana;
- essere disposti a trattamenti medici “minimamente invasivi” (come, per esempio, la biopsia muscolare).

## 6.2 Familiarizzazione

Una volta reclutato i soggetti e selezionato i più adattabili al progetto, è partita la terza fase costituita dalla familiarizzazione, ovvero una fase molto delicata del progetto dove i soggetti reclutati venivano messi a contatto per la prima volta con le strumentazioni che poi sarebbero servite per l'analisi e lo studio del progetto.

Il primo passo della familiarizzazione è stato quello di organizzare una riunione tra alcuni elementi del gruppo di ricerca e i partecipanti, per spiegare meglio cosa avrebbero svolto nelle settimane seguenti, cercando di entrare in sintonia l'uno con l'altro per evitare qualsiasi tipo di disagio nei giorni di effettivo lavoro.

La seconda parte della familiarizzazione è stata quella dove i soggetti si sono recati in laboratorio di Fisiologia e hanno fatto una simulazione dei test e visto le strumentazioni, che poi sarebbero state usate per la raccolta delle informazioni.

Dopo qualche settimana da questa introduzione, è iniziato il progetto.

### 6.3 Ecografia

L'ecografia è un sistema di indagine diagnostica medica che non utilizza radiazioni ionizzanti, ma ultrasuoni, e si basa sul principio dell'emissione di eco e della trasmissione delle onde ultrasonore.

L'utilizzo dell'ecografia in questo progetto ha come obiettivo quello di fotografare i muscoli della loggia anteriore della coscia per quantificarne alcune proprietà morfologiche, ovvero le dimensioni e l'organizzazione geometrica, chiamatasi architettura muscolare.

Nella nostra ricerca è stato preso in analisi il quadricipite in quanto esso ha una rilevanza funzionale importante, essendo sempre attivo nel movimento; inoltre, i quattro capi articolari sono muscoli di grandi dimensioni (in particolare il vasto laterale) e questa caratteristica riduce la possibilità di registrare informazioni da muscoli adiacenti.

Il quadricipite, infine, ci permette di effettuare le biopsie, perché ha una vascolarizzazione meno fitta di altre zone anatomiche, rendendo la procedura meno rischiosa. Essendo un muscolo molto plastico, esso è veloce nel cambiare dimensione e funzionalità, risultando più sensibile di altri ai cambiamenti di attività.

Quando si analizzano i muscoli dal punto di vista morfologico, il primo passo è quello di individuare i c,d, "punti di riferimento", ovvero dei punti anatomici in cui si possono rilevare delle caratteristiche specifiche, fondamentali per standardizzarne l'analisi. Essi sono di primaria importanza per cercare di rendere lo studio oggettivo e non operatore-dipendente.

Nel caso del quadricipite, il punto di riferimento principale è il femore, la cui lunghezza totale viene misurata dall'epicondilo laterale del perone fino al gran trocantere, facilmente individuabile tramite delle intrarotazioni della gamba.

Preso tale misurazione, per convenzione vengono selezionate alcune percentuali della stessa, porzioni quali il 30%, 50%, e 70%, all'altezza delle quali si analizza il muscolo, ottenendo una panoramica completa della CSA, con le immagini trasversali, del diverso andamento delle fibre e muscle thickness che lo compongono, con le immagini longitudinali, le quali sono state effettuate unicamente nella percentuale del 50%.

Viene poi posizionata la sonda nel verso delle fibre muscolari. Per la corretta applicazione della stessa, vengono utilizzati i punti

anatomici osservabili di riferimento, al fine di ottimizzare il lavoro e renderlo più preciso per le analisi future.

L'ecografia permette di ottenere le immagini dell'architettura muscolare, tramite scannerizzazioni longitudinali e trasversali.

Le due procedure sono leggermente differenti in quanto, nella presa delle immagini longitudinali si ottiene un'immagine tramite una procedura statica, invece per la presa delle immagini trasversali bisogna fare una ripresa panoramica muovendo la sonda lungo tutto il perimetro circolare della gamba riuscendo così a calcolare la CSA.

Per la realizzazione delle ecografie abbiamo utilizzato l'ecografo "Esaote Mylab 70 Xvision"

L'ecografo si compone essenzialmente di tre parti:

- o Trasduttore: è una sonda che emana onde sonore ad alta frequenza e che tramite contatto con la pelle trasmette e riceve il segnale traducendolo in tempo reale in immagini visibili sullo schermo.

- o Sistema elettrico

- o Sistema di visualizzazione (schermo)

Inoltre, per aumentare la conduttività degli ultrasuoni attraverso il derma ed i tessuti sottostanti, ridurre l'attrito allo scorrimento della sonda sulla pelle e annullare la resistenza opposta dall'aria alla propagazione delle onde sonore è stato applicato sulla sonda un gel blu.

Durante la presa delle immagini ecografiche nell'arto opposto veniva trovato il punto motore, il quale sarebbe servito sia per i test che come punto di riferimento per la successiva fase ovvero la biopsia muscolare.

Per l'individualizzazione del punto motore, ovvero la zona più sensibile agli stimoli elettrici, è stato applicato un elettrodo in prossimità dell'inserzione sacrale del grande gluteo e ad esso è stato collegato un cavo connesso ad un generatore di corrente.

Il cavo corrispondente al polo di segno opposto è stato inserito in un pennino di metallo, attrezzo in grado di condurre la corrente elettrica. Posizionando il pennino sulla superficie del vasto laterale del partecipante è stato ricercato il punto motore del muscolo, il quale è stato evidenziato con un pennarello indelebile.





## 6.4 Biopsia Muscolare

La biopsia muscolare è una procedura utilizzata in ambito medico per molti scopi come, per esempio, nelle distrofie muscolari o nelle malattie infiammatorie del muscolo quando le sole indagini cliniche e genetiche non abbiano definito la diagnosi precisa.

Per questa fase del progetto è stato rimosso un frammento di muscolo, utile per studi biochimici, proteici e genetici.

La biopsia può essere eseguita in regime ambulatoriale o di ricovero ed è minimamente invasiva.

Si possono verificare delle minime complicazioni rapidamente risolvibili (quali cefalee, nausea e sincopi), che solitamente si verificano nei soggetti più sensibili anche ai prelievi del sangue.

Prima si esegue la biopsia muscolare il medico, faceva un'ecografia cercando di capire se nel punto scelto per l'operazione ci fossero vasi sanguigni di grandi dimensioni i quali, se lesionati, avrebbero portato delle complicazioni.

## 6.5 Test

Successivamente alla biopsia muscolare, dopo un periodo di riposo di circa 2 ore - dove i soggetti avevano la pausa per il pranzo – è iniziata la fase dei test funzionali eseguiti tramite un dinamometro con cella di carico.

Le varie misure di forza e anatomiche venivano prese sulla gamba destra mentre i prelievi muscolari sulla sinistra, scelta dovuta dal fatto che il posizionamento dell'attrezzatura in laboratorio era fissa e quindi limitante sotto alcuni punti di vista; infatti, per ottimizzare il lavoro, risulterebbe più efficace prendere come riferimento arto dominante e non dominante.

Due importanti punti iniziali prima di iniziare il test erano quelli di regolare altezza placca per ancoraggio, la quale veniva presa quattro dita sopra il malleolo laterale, e misurare il braccio di leva prendendo come punti di reperi testa perone e malleolo.

L'altezza a cui veniva posizionata la cinghia era determinata sulla base delle caratteristiche antropometriche del soggetto e, ai fini della standardizzazione, l'altezza utilizzata da ciascun partecipante è stata la stessa in entrambi i test in modo da non modificare il braccio di leva.

Poiché si tratta di un'elettromiografia di superficie, è essenziale posizionare la matrice nella zona muscolare attraversata dalla massima quantità di segnali elettrici. Questo è fondamentale affinché la resistenza dei tessuti sottocutanei non ostacoli la conduzione dei segnali fino alla superficie.

Di conseguenza, sono state somministrate stimolazioni elettriche a bassa intensità per valutare quale area causasse la maggiore contrazione del vasto laterale. Al fine di standardizzare i test prima e dopo l'intervento, è stata segnata la posizione della matrice, garantendo un posizionamento costante nello stesso punto.

Per individuare l'orientamento delle fibre muscolari e posizionare la matrice parallelamente ad esse, è stato utilizzato un ultrasuono. Prima dell'applicazione della matrice, la pelle del soggetto è stata depilata e adeguatamente pulita con alcol e pasta abrasiva. La pasta abrasiva, oltre a rimuovere la pelle morta e qualsiasi elemento superficiale che potrebbe interferire con la trasmissione dei segnali, funge da conduttore, migliorando così la registrazione del segnale.

Dopodiché veniva applicata definitivamente la matrice di elettrodi sul punto motore, cercando di orientarla nella stessa direzione delle fibre così da avere una percezione della propagazione del PDA migliore.

Sulla matrice è stato incollato un biadesivo forato in corrispondenza di ciascun elettrodo e questi fori sono stati riempiti con una pasta conduttrice, per permettere la trasmissione elettrica tra la pelle del soggetto ed elettrodi.

Inoltre, venivano applicate delle bande bagnate dotate di elettrodi di massa, che fungevano da “messe a terra” in specifici punti anatomici di isolamento elettrico sotto e sopra la matrice (malleolo-macchina e patella-matrice).

Dopodiché si sono svolgevano i test di massima contrazione volontaria, misurata con due metodi; elettromiografia intramuscolare ad aghi ed elettromiografia ad alta densità (MVC+iEMG+HD EMG), per una durata di contrazione di quattro secondi, step importante per le misurazioni successive, in quanto permetteva di capire il carico massimale e di conseguenza si potevano scegliere le percentuali di lavoro ottimali nelle fasi seguenti.

Il protocollo prevedeva di ancorare il femore e il bacino con le cinghie, posizionare le braccia incrociate sulle spalle e staccare la schiena dal sostegno posteriore.

Una volta raccolte le informazioni massimali e completato il posizionamento delle attrezzature sono iniziati i Test sottomassimali con le percentuali del 20%, 25% e 50% RM.

Mentre venivano svolte le contrazioni nel monitor posizionato frontalmente al soggetto venivano proiettate delle informazioni le quali erano di guida e d'aiuto.

Il soggetto, infatti, poteva vedere delle forme, di triangolo nelle contrazioni del 20% e di trapezio nelle contrazioni del 25% e 50%, le quali erano di guida perché il puntino, che si muoveva longitudinalmente in base alla percentuale della forza espressa, doveva rimanere dentro i due binari della forma specifica, la quale allo stesso tempo scorreva per far sì che il puntino potesse percorrere l'intera figura.

Il protocollo del 25% comprendeva 5 secondi di salita con incremento del 5% di MVC ad ogni secondo, steady state di 20 secondi al 25% e discesa speculare alla salita, mentre il secondo protocollo trapezoidale prevedeva una salita con la stessa

pendenza ma di durata doppia, in modo da arrivare fino al 50% di MVC nello steady state, mantenuto per 10 secondi prima di effettuare la discesa. Entrambi i tracciati avevano durata totale di 30 secondi.

Ciascun protocollo è stato eseguito due volte con un recupero di un minuto tra le serie.

La raccolta dei dati avveniva in contemporanea con elettromiografia ad alta densità di superficie e intramuscolare ad ago nei protocolli a trapezio a 3.5cm dal punto motore.

Un punto importante era quello di effettuare la decomposizione del segnale per valutare l'attività della singola UM e valutare i parametri dei PDA.

## 6.6 Accelerometro

In fase conclusiva delle sessioni pre-intervento, al partecipante veniva fornito un pedometro e un accelerometro, strumenti essenziali per misurare in modo obiettivo la reale diminuzione dei passi.

Il contapassi fungeva da punto di riferimento, fornendo in tempo reale un conteggio dei passi, facilitando così la pianificazione delle attività quotidiane del partecipante.

Un elemento limitante di questo strumento, motivo per il quale veniva consegnato assieme all'accelerometro, è che l'uso del contapassi era a discrezione del soggetto; infatti, potenzialmente poteva essere tolto in qualsiasi momento della giornata, a differenza dell'accelerometro, rendendo così l'analisi dei dati e l'intero progetto di ricerca vano.

L'accelerometro, infatti, veniva fissato alla gamba del soggetto con nastro adesivo in modo stabile e senza causare disagio così da permettere un'analisi più precisa, in quanto non veniva tolto in nessun periodo della giornata, nemmeno nelle attività in acqua essendo impermeabile.

Una volta completato il periodo di riduzione dei passi, gli strumenti venivano restituiti al fine di consentire la trascrizione dei dati dall'accelerometro al computer.

## 7) ANALISI DEI DATI

### 7.1 Analisi delle immagini ecografiche

Per ciascun partecipante sono state prese tre/quattro scan longitudinali, e altrettanti trasversali, al fine di ottenere un'analisi più completa sia pre che post-intervento; siamo quindi arrivati ad acquisire circa sessanta immagini dei dieci soggetti coinvolti.

Nella prima fase di analisi ecografica è stato utilizzato il programma "ImageJ", il quale ha permesso di reperire le informazioni strutturali in modo preciso.

Per ogni immagine ho ricalibrato la scala per la misurazione dell'area, fissandola ad 3 cm.

Per ogni immagine l'analisi si prefissava di ottenere le seguenti informazioni:

- Lunghezza di tre fascicoli;
- Angolo di pennazione dei tre fascicoli;
- Muscle thickness in tre punti del muscolo (prossimale, medio e distale).

Al fine di ottenere queste misure abbiamo inizialmente delineato le due aponeurosi, quella superficiale e quella profonda.

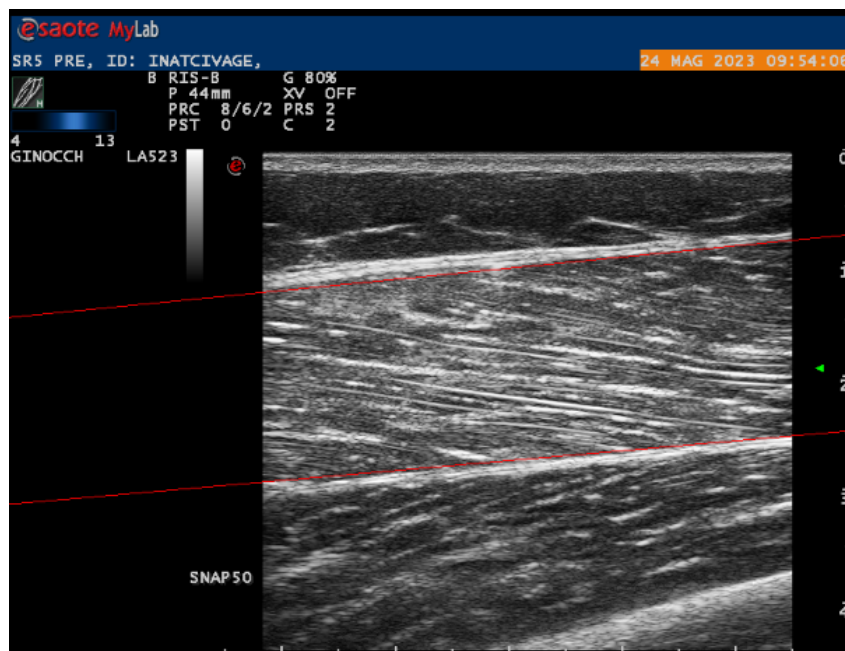
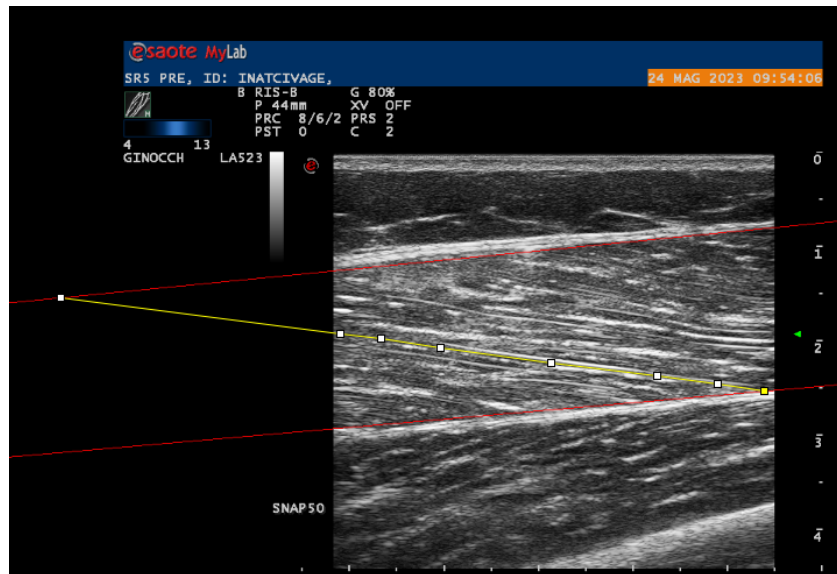


Immagine 7. Ecografia longitudinale al 50% della lunghezza totale del femore dove sono state tracciate le due aponeurosi.

Una volta tracciate le basi, abbiamo recuperato le informazioni d'interesse.

Per prendere la lunghezza dei fascicoli siamo partiti dall'origine, ovvero dall'aponeurosi profonda, seguendo l'andamento di tutto il fascicolo e chiudendo la linea nell'aponeurosi superficiale.

Essendo i fascicoli muscolari dotati di una curvatura, la linea che ci permetteva di seguire l'andamento del fascicolo si poteva dividere in piccoli segmenti.



*Immagine 8. Ecografia longitudinale al 50% totale della lunghezza del femore dove è stato tracciato un fascicolo muscolare.*

Il programma ha la possibilità di modificare contrasto e luminosità per rendere l'immagine più chiara o scura a seconda delle necessità, utile ad individuare meglio i vari fascicoli muscolari.

Una volta prese le lunghezze di tre fascicoli si proseguiva con l'angolo di pennazione.

Basandosi sul fascicolo preso e l'aponeurosi profonda, veniva preso l'angolo tramite uno specifico strumento che, una volta tracciato tre segmenti, permetteva di calcolare l'angolo ivi compreso.



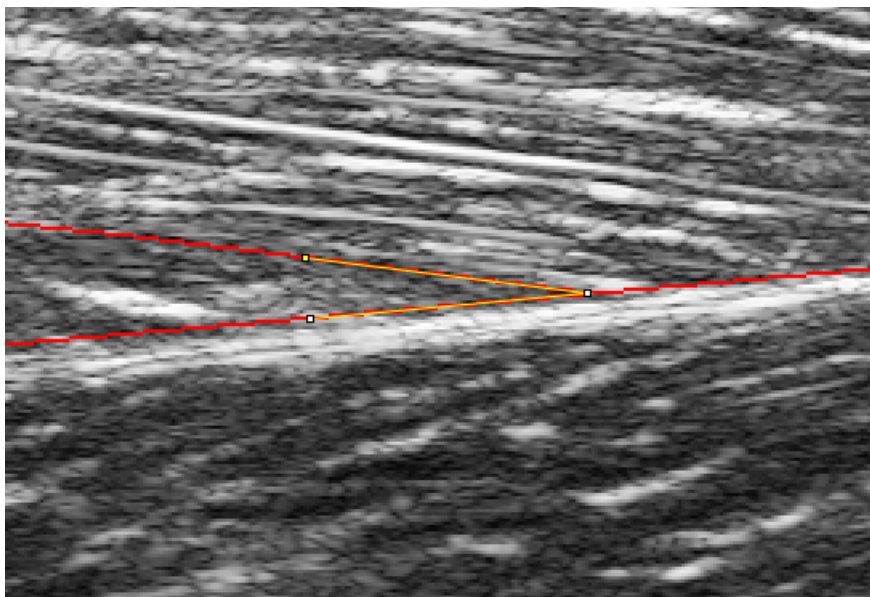


Immagine 9. Ecografia longitudinale al 50% della lunghezza totale del femore dove è stato preso l'angolo di pennazione del fascicolo (immagine 8)

Veniva in seguito presa la muscle thickness - ovvero lo spessore del muscolo, in tre diversi punti -prossimale, centrale e distale- per riuscire a capirne l'andamento generale.



Immagine 10. Ecografia longitudinale al 50% della lunghezza totale del femore dove è stata tracciata la muscle thickness in tre diversi punti.

La muscle thickness veniva presa tramite dei segmenti perpendicolari rispetto all'aponeurosi profonda; se essa risultava

avere una determinata inclinazione rispetto all'immagine totale, bisognava svolgere un processo aggiuntivo, ovvero quello di calcolarsi un angolo retto che avesse come base l'aponeurosi profonda e che poi finisse in quella superficiale creando una sorta di L.

Una volta calcolato l'angolo si prendeva la misura della linea che intercorreva tra l'aponeurosi profonda e superficiale.

I dati forniti sono stati espressi in cm per quanto riguarda la lunghezza dei fascicoli muscolari e muscle thickness invece in gradi per l'angolo di pennazione.

## 7.2 Analisi dei valori presi

Per la raccolta dati ottenuti da “Imagej” ho utilizzato un foglio di lavoro Excel dove ho diviso i valori ottenuti per soggetto, periodo (quindi pre e post-intervento) e parametro d’interesse.

Nel foglio di lavoro di Excel finale per ogni immagine del soggetto (totale 6 immagini considerando i due periodi) ho ottenuto:

- tre valori per la lunghezza dei fascicoli;
- tre valori per l’angolo di pennazione;
- tre valori per la muscle thickness.

Una volta completata la raccolta dati ho calcolato la media dei tre valori per ogni parametro d’interesse di ogni soggetto nei due periodi di lavoro.

SOGGETTO	LUNGHEZZA FASCICOLO (cm)		ANGOLO PENNAZIONE (°)		MUSCLE THICKNESS (cm)	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
SR2	7,519	7,537	22,008	22,004	2,507	2,507

Tabella 1.1: Parte dei dati raccolti nel foglio lavoro Excel. Vengono riportate le medie delle misure di SR2.

Nell’analisi statistica il campione (6.1 Partecipanti) è stato composto di 9 soggetti.

Tutti hanno portato a termine la ricerca, nonostante ciò, SR8 è stato completamente escluso per non aver rispettato i criteri stabiliti durante il periodo di SR; SR8 non ha rispettato la media giornaliera di passi richiesta (1500 passi/giorno). Per questa ragione si è dovuto escluderlo dalla ricerca.

SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10
M	M	M	F	F	M	F	M	F	F
							Escluso dall’analisi per non aver rispettato in modo corretto la SR >1500 passi/giorno		

Tabella 1.2: Campione statistico finale della ricerca. Ad ogni colonna troviamo il partecipante (SR) e il sesso corrispondente (M=maschio, F=femmina).

### 7.3 T-test

Il metodo per fare l'analisi statistica che ho usufruito per il progetto di ricerca è il "t-test per dati appaiati a due code" il quale è un test parametrico che può essere utilizzato per analizzare misurazioni appaiate i quali risultati vanno in entrambi le direzioni; quindi, il dato può aumentare o diminuire rispetto al periodo precedente. Nel mio caso ho utilizzato il test a due code in quanto non si poteva sapere in che direzione fosse andato il cambiamento e di conseguenza il risultato.

In questo progetto di ricerca si parla di dati (Muscle thickness, Lunghezza dei fascicoli, Angolo di pennazione) riguardanti il "prima e il dopo" nello stesso gruppo di individui.

Quindi, per poter avvalersi del "t-test delle coppie corrispondenti" (utilizzato per studiare le differenze tra misure appaiate) devono sussistere i seguenti assunti:

- I soggetti devono essere indipendenti (le misurazioni di un soggetto non devono influire su quelle altrui).
- Le misurazioni appaiate devono essere ottenute dallo stesso soggetto
- Le differenze misurate devono avere una distribuzione normale.

## 7.4 P-Value

Il P-value, nell'ambito dell'inferenza statistica, assume la funzione di uno strumento per interpretare i risultati dei test.

Si tratta di un indicatore di probabilità che fornisce una stima della verosimiglianza che l'affermazione che intendiamo supportare sia accurata, anche se con una leggera imprecisione.

La sua relazione diretta con il livello di significatività ( $\alpha$ ) è evidente. Quest'ultimo rappresenta la soglia critica che stabilisce se un dato risultato può considerarsi statisticamente rilevante.

Nel contesto scientifico, il valore di  $\alpha$  viene predeterminato; comunemente, nelle indagini scientifiche (come nella nostra), si adotta un  $\alpha$  di 0,05.

Un  $\alpha$  impostato a 0,05 indica che le analisi hanno solo il 5% di probabilità di produrre un risultato significativo. In pratica, un rapporto di 1/20 (0,05) è considerato sufficientemente piccolo per concludere che è improbabile che la differenza osservata, evidenziata dal P-value che indica la significatività dei risultati, sia attribuibile al caso.

In sintesi, il livello di significatività indica l'entità della differenza tra le medie dei due punteggi necessaria affinché il risultato sia considerato statisticamente rilevante.

In termini numerici: se il P-value  $\geq \alpha$  con  $\alpha=0,05$ , ciò suggerisce che non vi è una differenza statisticamente significativa nella variabile considerata (risultati non significativi).

Se il P-value  $< \alpha$  con  $\alpha=0,05$ , il valore di P è inferiore alla soglia stabilita, indicando una differenza statistica significativa nei dati analizzati (risultati significativi).

Nella nostra ricerca sperimentale, le variabili prese in considerazione sono Muscle Thickness, Lunghezza del fascicolo e Angolo di pennazione del vasto laterale del quadricipite prima e dopo il periodo di riduzione dei passi.

Un basso livello di significatività (P-value  $\geq 0,05$ ) indica che non sono stati osservati cambiamenti significativi nei vari parametri dell'architettura del vasto laterale del quadricipite a seguito della riduzione dei passi.

Al contrario, un alto livello di significatività (P-value  $< 0,05$ ) suggerisce una riduzione statisticamente significativa dei

parametri d'interesse dell'architettura muscolare del quadricipite in seguito alla riduzione dei passi.

## 7.5 Risultati

I valori del P-Value nei t-test comparati sono riportati nella tabella seguente.

PARAMETRO	P-VALUE
LUNGHEZZA FASCICOLO	0.756
MUSCLE THICKNESS	0,915
ANGOLO PENNAZIONE	0,680

*Tabella 2. Descrive i valori riscontrati del p-value a seguito dei t- test comparati svolti. Nella prima colonna troviamo il parametro d'interesse misurato.*

Nei risultati della tabella 2 è necessario ricordare che i “t-test per dati appaiati” sono stati svolti per 9 coppie di dati seppur i partecipanti al progetto fossero 10. (7.2 Analisi dei valori presi)

Dalle misure riportate emerge che i valori di tutti i parametri d'interesse sono statisticamente non significativi, ovvero hanno un p-value >0,05.

## 7.6 Media e Deviazione Standard

Vengono riportate le tabelle (3.1 e 3.2) con i risultati relativi alla Media e Deviazione Standard della lunghezza dei fascicoli, angoli di pennazione e muscle thickness nei tre differenti punti dell'immagine ecografica (distale, centrale, prossimale) del vasto laterale del quadricipite ad una lunghezza del femore corrispondente al 50% di quella totale.

Ho svolto il procedimento tramite l'utilizzo di Excel

### Tabella Media e Deviazione Standard pre-SR

Parametro d'interesse	Media $\pm$ DS
LUNGHEZZA FASCICOLO	7.616 $\pm$ 1.01
ANGOLO DI PENNAZIONE	17.550 $\pm$ 2.7
MUSCLE THICKNESS	2.107 $\pm$ 0.3

Tabella 3.1

### Tabella Media e Deviazione Standard post-SR

Parametro d'interesse	Media $\pm$ DS
LUNGHEZZA FASCICOLO	7.562 $\pm$ 0.7
ANGOLO DI PENNAZIONE	17.526 $\pm$ 2.7
MUSCLE THICKNESS	2.118 $\pm$ 0.3

Tabella 3.2

Confrontando le due tabelle (3.1 e 3.2) si nota un piccolo cambiamento delle medie:

- Le medie della lunghezza del fascicolo e dell'angolo di pennazione sono diminuite mentre la media della muscle thickness è leggermente aumentata, ciò probabilmente dovuto all'errore nel raccogliere i dati in quanto si tratta di un delta piccolo.
- Le deviazioni standard sono rimaste invariate per angolo di pennazione e muscle thickness, ma è leggermente diminuita nella media della lunghezza del fascicolo.

La deviazione standard (DS) fornisce un indicatore per valutare se la differenza tra le medie dei partecipanti rimane costante dopo il periodo di riduzione dei passi (SR). Se la deviazione standard diminuisce nel periodo Post-SR, ciò suggerisce che i valori medi dei partecipanti hanno subito variazioni minori rispetto al periodo Pre-SR. Al contrario, se la deviazione standard aumenta, indica che i valori medi dei partecipanti hanno subito una maggiore variazione dopo la riduzione dei passi rispetto alla settimana di controllo.

Nei casi in cui la deviazione standard, registrata prima e dopo la SR, rimane sostanzialmente invariata, ciò indica che la quantità di variazione nei valori medi dei partecipanti è stata simile in entrambi i periodi.



## 7.7 Grafico dell'analisi

Ho realizzato il grafico (grafico 1) con il programma “Graph Pad Prism”.

Nel grafico seguente sono indicate le medie dei tre parametri presi in considerazione in questo progetto.

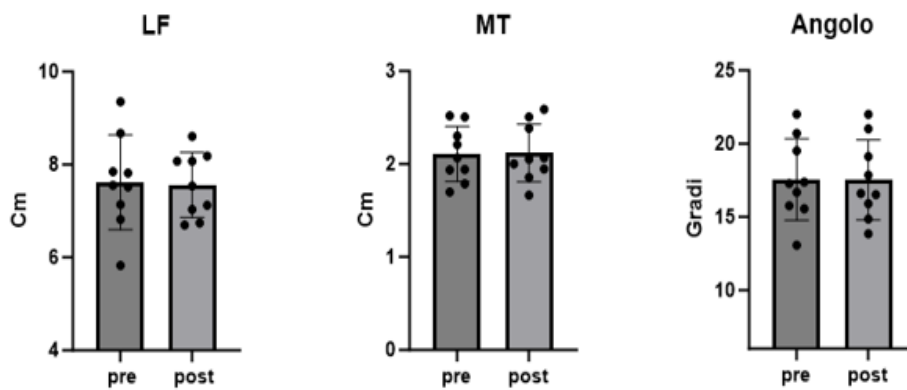


Grafico 1. Grafico dove sono espresse e messe a confronto le medie dei parametri dell'architettura muscolare d'interesse per il progetto prima e dopo la SR.

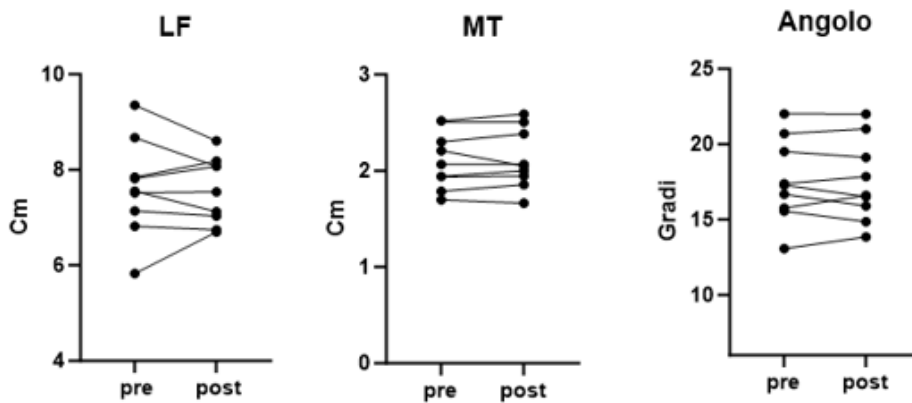


Grafico 2. Grafico dove è illustrata la correlazione dei vari soggetti tra la misura effettuata prima e quella dopo della SR

In ogni grafico sono presenti due colonne, le quali corrispondono alla media del pre-intervento e post-intervento, dalle quali si può

notare anche a livello visivo il minimo cambiamento frutto della SR.

Sull'asse delle ascisse è espressa la lunghezza in cm, per lunghezza del fascicolo e muscle thickness, o l'ampiezza in gradi, nel caso dell'angolo di pennazione.

Nei grafici della lunghezza del fascicolo e dell'angolo di pennazione l'asse delle ascisse ha un valore di partenza di 4 cm per il primo e di 6 gradi per il secondo mentre per il grafico della muscle thickness essendo un valore più piccolo la partenza è quella convenzionale quindi 0 cm.

La linea verticale indica la Deviazione Standard, la quale indica quanto i valori dei partecipanti, dopo la proposta di SR, siano cambiati attorno il valore medio mentre i puntini neri rappresentano i soggetti.

## 8) Discussione

Nel progetto “InactivAge” è stata presa in analisi una molteplicità di elementi per comprendere e verificare gli adattamenti fisiologici di una popolazione sana e giovane (Capitolo 6.1 Partecipanti) in risposta ad un periodo programmato di inattività. Nello specifico, nella mia tesi sono andato ad analizzare delle immagini ecografiche dove ho esaminato l’architettura muscolare facendo riferimento a tre parametri principali: lunghezza del fascicolo, angolo di pennazione e muscle thickness.

A seguito di quanto emerso dallo studio ed illustrato tramite tabelle (*Tabella 1.1, 1.2, 2, 3.1, 3.2*) e i grafici (*Grafico 1, 2*), è possibile capire che 14gg di Step Reduction non sono sufficienti in una popolazione sana, giovane e non sedentaria a creare degli adattamenti architettonici significativamente rilevanti - quindi con un p-value minore di 0.05 – in tutti e tre i parametri presi a riferimento.

È necessario, al fine di dare corretta interpretazione ai dati rilevati ed analizzati, fare delle precisazioni fornendo una chiave di lettura quanto più oggettiva.

Il campione preso in considerazione per questa fase del progetto è di nove persone, scelte con criteri di inclusione molto selettivi: di conseguenza, ampliando il campione e lavorando su più ampia scala, potrebbero riscontrarsi risultati differenti. Questo trova conferma in molti studi che dimostrano degli adattamenti significativamente rilevanti a seguito di Step Reduction, si veda ad esempio lo studio di Bowden<sup>19</sup> il quale dimostra degli adattamenti importanti per l’insulino resistenza e fitness-cardiorespiratoria.

Per questo motivo il progetto “InactivAge” ha già in programma ulteriori analisi, le quali potrebbero confermare quanto analizzato in questo lavoro o dimostrare risultati differenti.

Un ulteriore punto da non sottovalutare è la capacità d’utilizzo di alcuni strumenti d’analisi come “imagej”: essendo il primo progetto di ricerca a cui faccio parte, bisogna considerare la mia inesperienza e il fatto che, se le analisi fossero state fatte da professionisti – quali professori o i dottori di ricerca - più precisi

---

<sup>19</sup> Bowden Davies et al., «Short-Term Decreased Physical Activity with Increased Sedentary Behaviour Causes Metabolic Derangements and Altered Body Composition».

e familiari con gli strumenti, si potrebbero riscontrare dei risultati lievemente differenti da quanto ottenuto in questa tesi.

Infine, va sottolineato che la SR è il meno invasivo tra i modelli di inattività utilizzati nella ricerca, per cercare di essere il più possibile fedeli alle situazioni reali in casi di popolazione sedentaria. Da ciò ne deriva che, se avessimo proposto un diverso tipo di modello di inattività come, per esempio, l'arto in sospensione (vedi studio di Campbell<sup>20</sup>), molto probabilmente, essendo maggiormente invasivo, avremmo ottenuto risultati più marcati.

Questo studio è molto interessante perché dimostra che in tre settimane, dove i soggetti sono stati sottoposti al modello di inattività ULLS, la massa muscolare ha una perdita del circa 0.4% al giorno dimostrando che i parametri, analizzati anche in questa tesi, diminuiscono significativamente mostrando un valore del p-value inferiore allo 0.05.

Il progetto prevedeva poi una riqualificazione di tre settimane, il quale ha dimostrato che questo periodo di allenamento è sufficiente a ripristinare completamente ai valori pre-ULLS.

Questo, infatti, dimostra che il muscolo, essendo estremamente sensibile alle variazioni di carico, probabilmente se si aumentasse il numero di giorni di SR, per esempio a 21gg, si potrebbero verificare dei risultati significativamente rilevanti a livello architettonico come ottenuto nello studio sopra-citato.

Ad oggi risulta difficile confrontare i risultati ottenuti con quelli di altri studi in quanto "InactiveAge" è un progetto innovativo perché, a differenza degli studi precedenti, prende in esame soggetti giovani (nessun partecipante aveva più di 24 anni, nonostante il range d'inclusione fosse dai 18 ai 35) sottoponendoli ad un protocollo di riduzione dei passi di due settimane.

.

---

<sup>20</sup> Campbell et al., «Skeletal Muscle Adaptations to Physical Inactivity and Subsequent Retraining in Young Men».

## 9) Conclusioni

In questa fase del progetto “InactivAge” abbiamo modificato lo stile di vita di un campione sano e giovane, composto da 9 persone, per 14gg al fine di capirne i cambiamenti sia a livello funzionale, quindi relativi alla forza, che a livello muscolare analizzandone l’architettura e la CSA.

Per due settimane abbiamo programmato una riduzione del range giornaliero di passi da circa 7000/8000 a 1500.

Nella ricerca mi sono occupato dell’analisi architettonica del muscolo prendendo a riferimento lunghezza del fascicolo, angolo di pennazione e muscle thickness.

Da questo lavoro ci si aspettava un cambiamento, in riduzione o in aumento, dei tre parametri a livello teorico, ma non ne avevamo la certezza in quanto è il primo studio rivolto ad una popolazione giovane sana e non sedentaria.

Nella parte dello studio di cui mi sono occupato, non si è riscontrato nessun cambiamento che si possa definire significativo in nessuno dei parametri analizzati, quindi con un p-value  $>0.05$ .

Probabilmente se si fosse preso in analisi un campione più ampio, aumentato il periodo a cui sono stati sottoposti all’intervento e affidato l’analisi dei dati ad un personale più specializzato si sarebbero ottenuti risultati differenti.

In letteratura, infatti, si possono trovare diverse fonti dimostranti che due settimane di Step Reduction sono sufficienti a creare degli adattamenti muscolari significativamente rilevanti in particolar modo se il campione preso in studio è anziano.

Questo ci porta a credere che in un periodo, il quale è stato di gran lunga superiore a due settimane, come durante la pandemia Covid-19, anche nella popolazione giovane la SR possa aver portato delle modifiche rilevanti a livello architettonico.

Perché come dimostrato nello studio di Campbell<sup>21</sup> il muscolo è molto sensibile alle variazioni di carico quindi probabilmente in questo lavoro non si è ottenuto un risultato rilevante anche a causa del breve periodo.

---

<sup>21</sup> Campbell et al.

Sicuramente questo tipo di analisi è in costante sviluppo e sempre più si andranno a fare degli studi di ricerca sulle, e per le, popolazioni giovani oramai maggiormente sedentarie rispetto a qualche decennio fa.

Questa analisi è un punto di partenza e di riflessione per capire quanto importante sia il movimento in qualsiasi fase della vita, sia per la prevenzione che per il benessere fisico e mentale generale della popolazione.

## **RINGRAZIAMENTI**

Volevo ringraziare chi ha reso possibile la mia partecipazione a questo progetto, il mio relatore, il Professore Martino Franchi per avermi dato la possibilità di concludere questo mio percorso di studi con un progetto interessante che potesse valorizzare i tre anni conclusi.

Sicuramente va ringraziato l'intero gruppo di ricerca, tra cui Fabio Sarto e Clarissa Muller Brusco i quali hanno permesso di svolgere lo studio nel migliore dei modi dimostrandosi molto disponibili e professionali.

Inoltre, volevo ringraziare i compagni con cui ho condiviso le ore di lavoro per portare a termine questo progetto senza i quali non sarebbe stato possibile svolgere il tutto.

E in fine volevo ringraziare tutti i partecipanti che sono stati il punto fondamentale e centrale del progetto.

MOTION IS LIFE

## BIBLIOGRAFIA

- Bowden Davies, Kelly A., Victoria S. Sprung, Juliette A. Norman, Andrew Thompson, Katie L. Mitchell, Jason C. G. Halford, Jo A. Harrold, John P. H. Wilding, Graham J. Kemp, e Daniel J. Cuthbertson. «Short-Term Decreased Physical Activity with Increased Sedentary Behaviour Causes Metabolic Derangements and Altered Body Composition: Effects in Individuals with and without a First-Degree Relative with Type 2 Diabetes». *Diabetologia* 61, fasc. 6 (giugno 2018): 1282–94. <https://doi.org/10.1007/s00125-018-4603-5>.
- Campbell, E. L., O. R. Seynnes, R. Bottinelli, J. S. McPhee, P. J. Atherton, D. A. Jones, G. Butler-Browne, e M. V. Narici. «Skeletal Muscle Adaptations to Physical Inactivity and Subsequent Retraining in Young Men». *Biogerontology* 14, fasc. 3 (giugno 2013): 247–59. <https://doi.org/10.1007/s10522-013-9427-6>.
- Dirks, Marlou L., Benjamin T. Wall, Rachel Nilwik, Daniëlle H.J.M. Weerts, Lex B. Verdijk, e Luc J.C. Van Loon. «Skeletal Muscle Disuse Atrophy Is Not Attenuated by Dietary Protein Supplementation in Healthy Older Men». *The Journal of Nutrition* 144, fasc. 8 (agosto 2014): 1196–1203. <https://doi.org/10.3945/jn.114.194217>.
- Kump, David S., Matthew J. Laye, e Frank W. Booth. «Increased Mitochondrial Glycerol-3-Phosphate Acyltransferase Protein and Enzyme Activity in Rat Epididymal Fat upon Cessation of Wheel Running». *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* 290, fasc. 3 (marzo 2006): E480–89. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00321.2005>.
- Mammen, George, e Guy Faulkner. «Physical Activity and the Prevention of Depression». *American Journal of Preventive Medicine* 45, fasc. 5 (novembre 2013): 649–57. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2013.08.001>.
- Narici, M. V., e M. D. De Boer. «Disuse of the Musculo-Skeletal System in Space and on Earth». *European Journal of Applied Physiology* 111, fasc. 3 (marzo 2011): 403–20. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1556-x>.
- Oikawa, Sara Y., Tanya M. Holloway, e Stuart M. Phillips. «The Impact of Step Reduction on Muscle Health in Aging: Protein and Exercise as Countermeasures». *Frontiers in Nutrition* 6 (24 maggio 2019): 75. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00075>.
- Richter, Erik A., Lykke Sylow, e Mark Hargreaves. «Interactions between Insulin and Exercise». *Biochemical Journal* 478, fasc. 21 (12 novembre 2021): 3827–46. <https://doi.org/10.1042/BCJ20210185>.
- Sarto, Fabio, Roberto Bottinelli, Martino V. Franchi, Simone Porcelli, Bostjan Simunič, Rado Pišot, e Marco V. Narici. «Pathophysiological Mechanisms of Reduced Physical Activity: Insights from the Human Step Reduction Model and Animal Analogues». *Acta Physiologica* 238, fasc. 3 (luglio 2023): e13986. <https://doi.org/10.1111/apha.13986>.
- Schuch, Felipe B., Davy Vancampfort, Justin Richards, Simon Rosenbaum, Philip B. Ward, e Brendon Stubbs. «Exercise as a Treatment for Depression: A Meta-Analysis Adjusting for Publication Bias». *Journal of Psychiatric Research* 77 (giugno 2016): 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2016.02.023>.
- Schuch, Felipe, Davy Vancampfort, Joseph Firth, Simon Rosenbaum, Philip Ward, Thaís Reichert, Natália Carvalho Bagatini, Roberta Bgeginski, e Brendon Stubbs. «Physical Activity and Sedentary Behavior in People with Major Depressive Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis». *Journal of Affective Disorders* 210 (marzo 2017): 139–50. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.10.050>.



- Schunke, Michael, e Guido Carpino. *Topografia e Funzione dell'apparato locomotore*. Napoli: EdiSes, s.d.
- Suetta, C., L. G. Hvid, L. Justesen, U. Christensen, K. Neergaard, L. Simonsen, N. Ortenblad, S. P. Magnusson, M. Kjaer, e P. Aagaard. «Effects of Aging on Human Skeletal Muscle after Immobilization and Retraining». *Journal of Applied Physiology* 107, fasc. 4 (ottobre 2009): 1172–80. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00290.2009>.
- Trost, Stewart G., Neville Owen, Adrian E. Bauman, James F. Sallis, e Wendy Brown. «Correlates of Adults??? Participation in Physical Activity: Review and Update»: *Medicine & Science in Sports & Exercise* 34, fasc. 12 (dicembre 2002): 1996–2001. <https://doi.org/10.1097/00005768-200212000-00020>.
- Vandoni, Matteo, Roberto Codella, Roberto Pippi, Vittoria Carnevale Pellino, Nicola Lovecchio, Luca Marin, Dario Silvestri, et al. «Combatting Sedentary Behaviors by Delivering Remote Physical Exercise in Children and Adolescents with Obesity in the COVID-19 Era: A Narrative Review». *Nutrients* 13, fasc. 12 (14 dicembre 2021): 4459. <https://doi.org/10.3390/nu13124459>.