

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL PIEMONTE ORIENTALE  
“Amedeo Avogadro”



UNIVERSITÀ DEL PIEMONTE ORIENTALE

Dipartimento di Scienze e Innovazione Tecnologica  
Corso di Laurea Magistrale in Biologia

Tesi di Laurea

RICOMPOSIZIONE CORPOREA: APPROCCI E RISCONTRI IN  
UN GRUPPO MONITORATO PER 12 SETTIMANE

Relatrice: Professoressa Prodam Flavia

Co-relatore: Dott. Sozzi Gianluca

Candidato: Miretto Alice

ANNO ACCADEMICO 2022/2023



<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>LA COMPOSIZIONE CORPOREA.....</b>	<b>6</b>
2.1	<b>VALUTAZIONE DELLA COMPOSIZIONE CORPOREA .....</b>	<b>12</b>
2.2	<b>PESATA IDROSTATICA .....</b>	<b>13</b>
2.3	<b>PLETISMOGRAFIA.....</b>	<b>14</b>
2.4	<b>BIOIMPEDENZIOMETRIA (BIA) .....</b>	<b>14</b>
2.4	<b>DUAL ENERGY X- RAY ABSORPTIOMETRY (DXA):.....</b>	<b>15</b>
2.5	<b>MISURE ANTROPOMETRICHE.....</b>	<b>17</b>
2.5.1	<b>LE CIRCONFERENZE CORPOREE .....</b>	<b>17</b>
2.5.2	<b>LA PLICOMETRIA .....</b>	<b>19</b>
<b>3.</b>	<b>DISPENDIO ENERGETICO TOTALE (TDEE).....</b>	<b>22</b>
3.1	<b>MISURAZIONE DEL DISPENDIO ENERGETICO: .....</b>	<b>29</b>
<b>4.</b>	<b>STRATEGIE NUTRIZIONALI.....</b>	<b>33</b>
<b>5.</b>	<b>PARTE SPERIMENTALE.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>OBIETTIVO DELLO STUDIO .....</b>	<b>35</b>
<b>6.</b>	<b>MATERIALI E METODI .....</b>	<b>37</b>
<b>7.</b>	<b>RISULTATI .....</b>	<b>45</b>
7.1	<b>BMI.....</b>	<b>45</b>
7.2	<b>IL PESO.....</b>	<b>46</b>
7.3	<b>CIRCONFERENZA ADDOME.....</b>	<b>48</b>
7.3	<b>SOMMA DELLE 3 Pliche.....</b>	<b>50</b>
<b>8.</b>	<b>DISCUSSIONE .....</b>	<b>52</b>
<b>9.</b>	<b>PROSPETTIVE FUTURE E CONCLUSIONI .....</b>	<b>59</b>
<b>10.</b>	<b><i>Bibliografia</i> .....</b>	<b>63</b>

## 1. INTRODUZIONE

La ricomposizione corporea rappresenta un concetto chiave nel dominio del fitness e della nutrizione, enfatizzando la trasformazione qualitativa della composizione fisica attraverso l'alterazione proporzionale della massa grassa (FM) e della massa magra (FFM). Questo approccio si distacca dalla tradizionale focalizzazione sulla riduzione del peso corporeo come principale indicatore di successo, proponendo invece una visione più olistica che valorizza la qualità della massa corporea oltre alla sua quantità. (Andrea, 2020)

Nel contesto di ricomposizione corporea, assume rilevanza l'equilibrio tra tessuto adiposo e massa muscolare. La comprensione di questo equilibrio è fondamentale, poiché richiede un approccio integrato che abbraccia sia l'aspetto nutrizionale sia quello dell'esercizio fisico. (*William D. McArdle F. I., 2009*) Di conseguenza, per conseguire un risultato ottimale, è imprescindibile personalizzare sia l'intervento dietetico sia il regime di allenamento, tenendo conto delle esigenze e delle caratteristiche individuali.

Il presente elaborato si propone di esplorare le dinamiche della ricomposizione corporea attraverso un approccio integrato che combina un piano alimentare ipocalorico personalizzato con un programma di allenamento mirato. Attraverso un'analisi condotta su un gruppo di 10 soggetti per un periodo di 12 settimane, lo studio si prefigge di valutare l'efficacia di questo approccio combinato nella diminuzione del grasso corporeo e nella simultanea conservazione o accrescimento della massa muscolare.

La metodologia adottata in questo studio si basa su un'analisi approfondita del fabbisogno calorico individuale e della composizione corporea iniziale di ciascun partecipante, al fine di sviluppare un piano alimentare ipocalorico che non comprometta l'apporto nutrizionale necessario per il mantenimento e

l'incremento della massa muscolare. Parallelamente, il programma di allenamento è stato progettato per ottimizzare gli effetti dell'intervento dietetico, ponendo particolare enfasi sull'allenamento di resistenza, riconosciuto come elemento cruciale nella promozione della massa magra.

## 2. LA COMPOSIZIONE CORPOREA

La valutazione della composizione corporea riveste un ruolo fondamentale nello studio del benessere fisico e della salute e continua ad essere un ambito di ricerca attivo e cruciale, mirato a comprendere la struttura e la distribuzione dei diversi tessuti che costituiscono il nostro corpo.

Uno dei motivi principali per cui la valutazione accurata della composizione corporea riveste un ruolo di primaria importanza è sicuramente perché fornisce una base solida per prendere decisioni riguardo la gestione del peso corporeo. Nel contesto della perdita o del guadagno di peso, una chiara comprensione della composizione corporea iniziale risulta essere fondamentale per definire obiettivi realistici e sostenibili. In aggiunta, il monitoraggio della composizione corporea nel corso del tempo permette di valutare l'efficacia delle diverse strategie adottate di esercizio fisico e regime alimentare.

La valutazione della composizione corporea può avvenire attraverso diversi metodi, tra cui le tabelle altezza – peso e il calcolo del rapporto tra i due.

Numerosi indici sono stati sviluppati, tra questi, il Body Mass Index (BMI), conosciuto anche come Indice di Massa Corporea (ICM) rappresenta uno dei metodi universalmente utilizzati e accettati dalla comunità scientifica come parametro di riferimento per definire un individuo come normopeso – sottopeso – sovrappeso – obeso.

$$\text{BMI} = \text{Peso (Kg)} / \text{Altezza}^2 \text{ (m)}$$

<b>Classificazione del peso in base al BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>		
<b>Classificazione</b>	<b>BMI</b>	<b>malattia</b>
Sottopeso	<18.5	Basso
Normopeso	18.5-24.9	Normale
Sovrappeso	25-29.9	Aumentato
Obesità classe I	30-34.9	Moderato
Obesità classe II	35-39.9	Severo
Obesità classe III	≥40	Molto severo

*Figura 1. Classificazione del peso in base al BMI.*

*(William D. McArdle F. I., 2009)*

La rilevanza di questo indice, di facile ottenimento, risiede nella sua correlazione curvilinea con il tasso di mortalità per varie cause. All'aumentare dell'ICM nell'intera gamma del sovrappeso moderato e grave, si osserva un incremento del rischio di sviluppare complicanze cardiovascolari (tra cui ipertensione e ictus), diversi tipo di cancro, diabete, calcoli biliari, apnea del sonno e patologie renali.

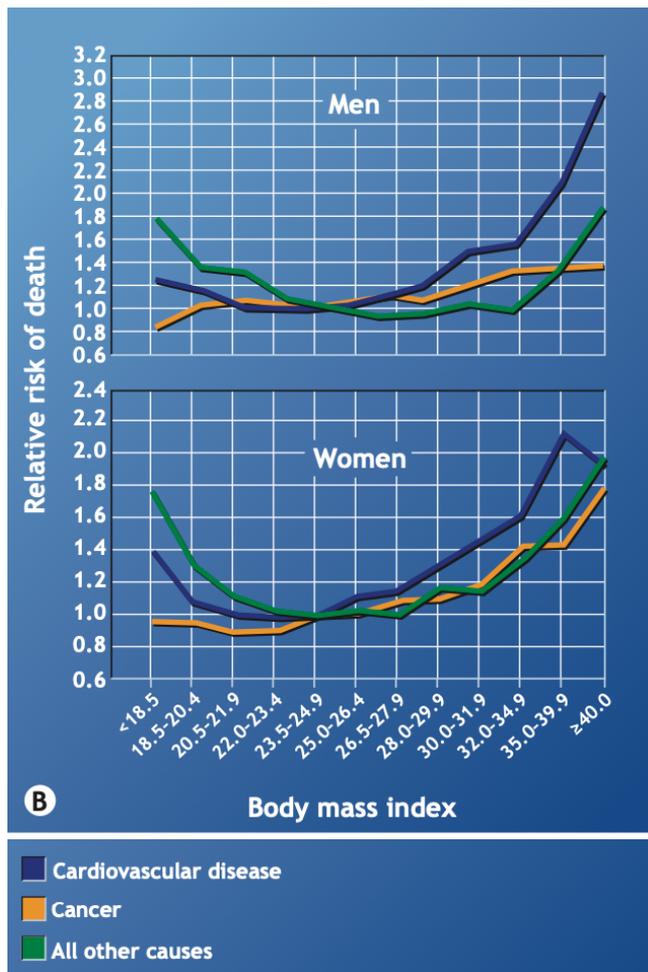
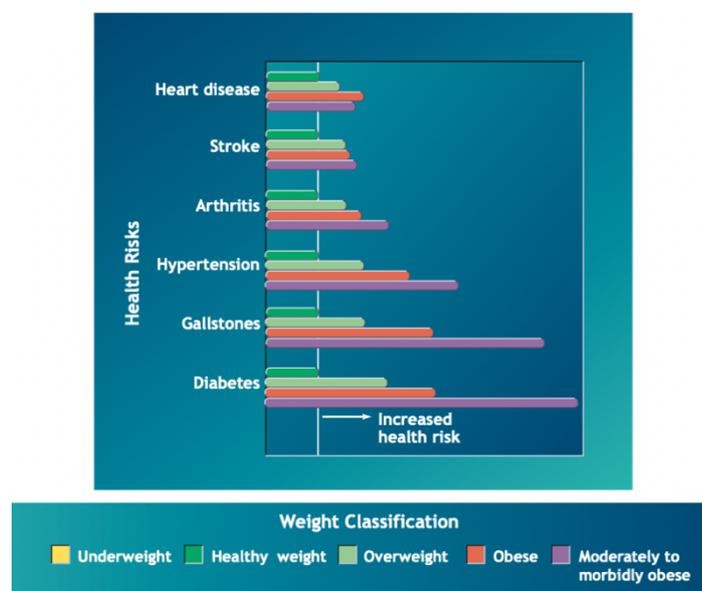


Grafico 1. Rischio relativo multivariato di morte da malattie cardiovascolari, cancro, e tutte le altre cause secondo BMI tra gli uomini e le donne che non avevano mai fumato e non avevano storia di malattia all'atto dell'iscrizione. (Calle EE, 1999)

Grafico 2. BMI, classificazione del peso e rischi associati. (William D. McArdle F. I., 2009)



Tuttavia, è importante sottolineare che codesto parametro presenta una limitazione significativa in quanto non tiene in considerazione della struttura ossea dell'individuo e non distingue le variazioni di peso derivanti dal tessuto adiposo e/o muscolare, nota come “*fat patterning*”. Diversi fattori, oltre all'eccesso di grasso corporeo, come la massa ossea, muscolare e l'aumento del volume plasmatico dovuto all'allenamento, potrebbero influenzare il numeratore dell'equazione dell'ICM. Un valore elevato di quest'ultimo potrebbe portare ad una valutazione erronea dell'eccesso di grasso corporeo in individui normopeso con una considerevole massa muscolare determinata dall'attività fisica.

Negli ultimi anni, la ricerca scientifica ha proposto un approccio bidimensionale alla compartimentazione del corpo:

$$BW = FM + FFM$$

- BW= Body Weight
- FM= Fat Mass
- FFM= Fat Free Mass

In questo contesto, viene presa in considerazione non solo la massa corporea espressa in Kg, ma anche la distribuzione dei grassi (FM) e della massa magra (FFM) dell'individuo.

- La massa magra (FFM): massa priva di grasso. Comprende muscoli, ossa, organi, tessuti connettivi.
- Il grasso corporeo totale (FM) è localizzato in due sedi anatomiche distinte:
  - Grasso essenziale: presente nel cuore, nei polmoni, nel fegato, nella milza, nei reni, nei testicoli, nei muscoli, nel

tessuto nervoso centrale e nel midollo osseo. Fondamentale per il corretto funzionamento fisiologico compatibile con uno stato di buona salute

- Grasso di deposito: Comprende i tessuti adiposi viscerali che forniscono protezione meccanica agli organi all'interno della cavità toracica e addominale e tessuto adiposo sottocutaneo.

La distribuzione proporzionale del grasso di deposito è simile negli uomini e nelle donne (12% della massa corporea negli uomini, 15% nelle donne), ma la percentuale totale di grasso essenziale nelle donne è in media quattro volte superiore al valore degli uomini.

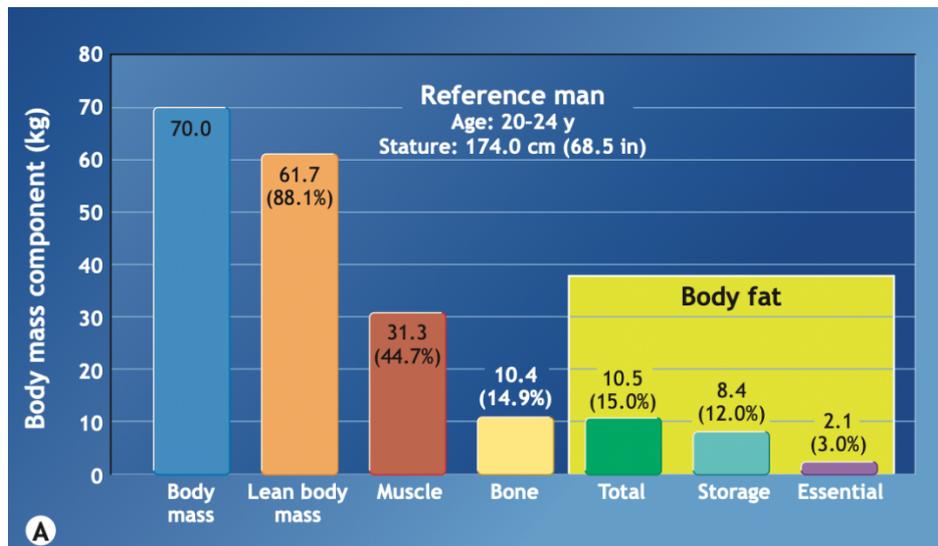


Grafico 3. Composizione corporea dell'uomo su modello teorico di Behnke

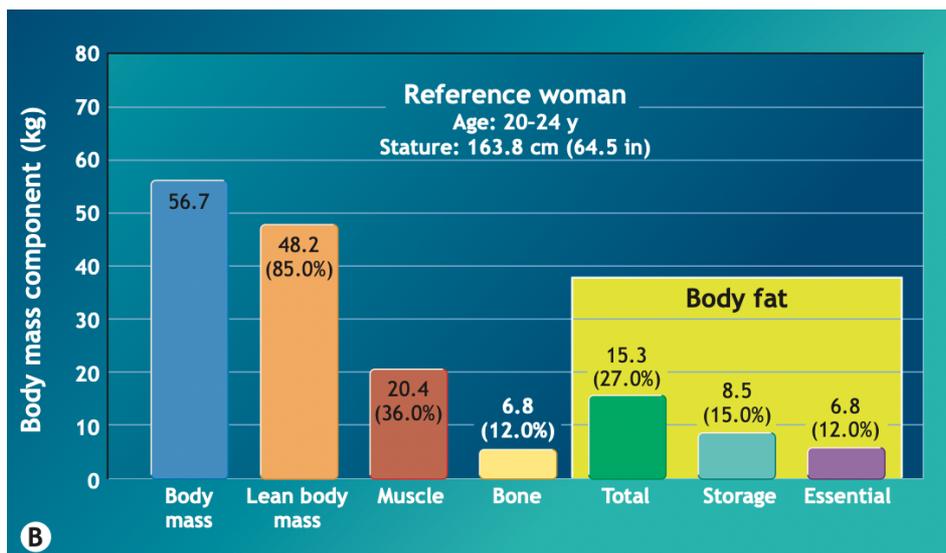


Grafico 4. Il modello teorico di Behnke per la composizione corporea della donna di riferimento (B). I valori tra parentesi indicano la percentuale della massa corporea totale. (William D. McArdle F. I., 2009)

In relazione al limite inferiore della massa corporea per l'uomo di riferimento, caratterizzato da un 3% di grasso essenziale, il limite inferiore per la donna di riferimento include approssimativamente il 12% di grasso essenziale. Tale limite, concettualizzato dal Dottor Behnke e noto come '*massa corporea minima*', costituisce un parametro di riferimento. In generale, le donne che presentano un indice di massa corporea inferiore alla media non mostrano una percentuale di adiposità corporea inferiore al 10-12%.

Le donne impegnate in attività fisiche, specialmente in discipline orientate al mantenimento di un peso corporeo basso o ad un aspetto estetico particolare, come la corsa, la ginnastica e il bodybuilding, presentano un aumento del rischio di incontrare disturbi legati al ciclo mestruale. Quest'ultimi, possono manifestarsi con irregolarità del ciclo (oligomenorrea) o addirittura con l'assenza completa delle mestruazioni (amenorrea). Tali condizioni derivano

principalmente da cambiamenti nella regolazione ormonale, con alterazioni nella secrezione dell'ormone luteinizzante (LH) da parte dell'ipofisi.

L'amenorrea è un fenomeno che colpisce il 2-5% delle donne in età riproduttiva nella popolazione generale.

## 2.1 VALUTAZIONE DELLA COMPOSIZIONE CORPOREA

Nell'ambito della valutazione della composizione corporea, esiste un ampio spettro di metodologie validate e tecniche di analisi. Queste spaziano da approcci meno complessi, quali la misurazione antropometrica delle pliche cutanee e delle circonferenze corporee, a metodologie di laboratorio più sofisticate come l'assorbimetria a raggi X a doppia energia (DXA) e la pesata idrostatica. (Fosbøl MØ, 2015)

Prima della selezione di un metodo specifico per la misurazione della composizione corporea in un contesto di ricerca scientifica, è imperativo ponderare diversi fattori determinanti. Tali fattori includono la disponibilità delle attrezzature, il costo delle procedure, nonché le normative relative alla sicurezza, specialmente per quanto riguarda l'esposizione alle radiazioni. Un requisito imprescindibile per la scelta di una tecnica di misurazione è la validità e la riproducibilità dei risultati ottenuti, in relazione alle caratteristiche fenotipiche dei soggetti partecipanti allo studio.

In un contesto ideale, le metodologie per la stima della composizione corporea dovrebbero mostrare un grado di accuratezza uniforme attraverso un ampio spettro di soggetti, indipendentemente da variabili come età, etnia e genere. Tuttavia, ciò risulta spesso irrealizzabile a causa delle limitazioni intrinseche e

delle ipotesi sottostanti alle tecniche esistenti. Pertanto, si possono osservare significative discrepanze individuali nella precisione e nell'accuratezza delle misurazioni della composizione corporea.

## 2.2 PESATA IDROSTATICA

La pesata idrostatica è una tecnica di misurazione che stima il volume corporeo totale basandosi sullo spostamento d'acqua causato dall'immersione completa di un soggetto in una vasca appositamente progettata e riempita d'acqua. Questo metodo si fonda sul principio di Archimede, secondo il quale un oggetto immerso in un fluido è soggetto a una spinta verticale, diretta dal basso verso l'alto, pari al peso del fluido spostato. Di conseguenza, il volume del fluido spostato corrisponde esattamente al volume del corpo immerso. Utilizzando la pesata idrostatica, si ottiene una misura accurata del volume corporeo, che consente di calcolare la densità corporea. (William D. McArdle F. I., 2009)

La densità del corpo viene determinata attraverso la seguente formula matematica:

$$D_b = BM / BV$$

$D_b$  = Body Density

$BM$  = Body Mass

$BV$  = Body Volume

## 2.3 PLETISMOGRAFIA

La pletismografia è un metodo alternativo all'idrometria per la misurazione del volume e della densità corporea, che invece di utilizzare l'acqua, si basa sullo spostamento dell'aria, rendendolo così adatto a un pubblico più vasto. Questa tecnica si fonda sulle relazioni tra pressione e volume espresse dalla legge di Boyle per i gas perfetti, la quale stabilisce che, a temperatura costante, la pressione e il volume di un gas sono inversamente proporzionali tra loro. La misurazione avviene mediante un'apparecchiatura denominata pletismografo, che consiste in una cabina contenente un gas inerte suddivisa in due compartimenti: una camera anteriore, dove si posiziona il soggetto seduto, e una camera posteriore. (William D. McArdle F. I., 2009)

La presenza del soggetto nella camera anteriore determina un aumento della pressione del gas, che a sua volta causa una variazione del volume nella camera posteriore. Il volume corporeo del soggetto viene calcolato come la differenza tra il volume della camera vuota e quello della camera con il soggetto all'interno.

## 2.4 BIOIMPEDENZIOMETRIA (BIA)

L'analisi dell'impedenza bioelettrica (BIA) è una tecnica rapida e non invasiva utilizzata per valutare componenti della composizione corporea quali la massa magra, la massa grassa e il contenuto idrico del corpo. Questo metodo si basa sull'applicazione di una corrente alternata a bassa intensità che attraversa il corpo del soggetto. Durante il passaggio della corrente, si misura l'impedenza ( $Z$ ), ossia la resistenza offerta al flusso della corrente. La resistenza è maggiore nei tessuti adiposi a causa della loro minor conduttività e minore nella massa magra. In effetti, i tessuti biologici possono comportarsi

come conduttori elettrici o isolanti in base alla loro composizione e al loro contenuto d'acqua. Pertanto, utilizzando la BIA, è possibile ottenere misurazioni indicative della distribuzione di diversi tipi di tessuto all'interno. (William D. McArdle F. I., 2009)

Un limite significativo della tecnica di analisi dell'impedenza bioelettrica (BIA) è rappresentato dalla sua minore affidabilità quando utilizzata con atleti di alto livello. Questo aspetto deriva principalmente dal fatto che i parametri standardizzati impiegati nella BIA potrebbero non essere perfettamente adatti a individui con composizione corporea e idratazione atipiche, come è spesso il caso degli atleti agonisti. Questi soggetti, a causa della loro massa muscolare maggiore e della distribuzione variabile dei fluidi corporei, possono presentare letture di impedenza che non riflettono accuratamente la loro reale composizione corporea.

#### 2.4 DUAL ENERGY X- RAY ABSORPTIOMETRY (DXA):

La densitometria a doppia energia (DXA) è riconosciuta come il Gold Standard per la determinazione della composizione corporea. (Duren DL, Body composition methods: comparisons and interpretation., 2008).

È un metodo diagnostico bidimensionale che si avvale dell'utilizzo di raggi X con due diversi livelli energetici, basandosi sul principio di attenuazione di questi raggi quando attraversano il tessuto corporeo. (Duren DL, Body composition methods: comparisons and interpretation., 2008)

Il fenomeno dell'attenuazione è fortemente influenzato dall'energia dei raggi X a bassa energia e viene regolato principalmente da due meccanismi fisici:

- *Effetto Fotoelettrico*: In questo processo, i fotoni dei raggi X interagiscono con gli elettroni degli atomi del tessuto corporeo, trasferendo l'intera loro energia e cessando di esistere come fotoni. Questo fenomeno è particolarmente rilevante per l'analisi della massa ossea, in quanto gli atomi di calcio nel tessuto osseo mostrano un'elevata probabilità di assorbire i fotoni attraverso l'effetto fotoelettrico.
- *Effetto Compton*: in questo scenario, i fotoni collidono con gli elettroni del materiale assorbente (in questo caso, il tessuto corporeo) e trasferiscono solo parte della loro energia, continuando a esistere ma con energia ridotta. Questo effetto è più prevalente nei tessuti meno densi, come i tessuti molli.

Attraverso l'analisi delle differenze nell'attenuazione dei raggi X a causa di questi due effetti, la DXA può discriminare con precisione tra diversi tipi di tessuto. Di conseguenza, fornisce una stima dettagliata della composizione corporea, includendo la quantificazione della massa grassa, della massa magra non ossea e del contenuto minerale osseo. Questo rende la DXA uno strumento diagnostico prezioso per una varietà di valutazioni cliniche legate alla salute delle ossa e alla composizione corporea. (Duren DL, 2008)

I metodi appena descritti, richiedono apparecchiature specializzate e spazi dedicati, limitando talvolta la loro applicabilità quotidiana. Per facilitare le misurazioni in contesti meno specializzati, si possono adottare tecniche antropometriche semplici quali la misurazione delle circonferenze corporee e delle pliche cutanee. Queste misure non solo forniscono stime utili sulla composizione corporea, ma sono anche strumenti pratici e accessibili.

La capacità di queste misurazioni di riflettere variazioni nella massa grassa e nella distribuzione del tessuto adiposo le rende particolarmente utili per tracciare i progressi derivanti da modifiche dietetiche o programmi di

allenamento. Sebbene possano non raggiungere la precisione delle tecniche di laboratorio, le misurazioni antropometriche forniscono comunque informazioni preziose e pratiche.

## 2.5 MISURE ANTROPOMETRICHE

Le misure antropometriche sono una serie di tecniche di misurazione utilizzate per valutare le dimensioni, le proporzioni e la composizione del corpo umano. Sono metodi semplici, non invasivi e a basso costo, ampiamente impiegati in vari ambiti, dalla clinica alla ricerca sportiva.

### 2.5.1 LE CIRCONFERENZE CORPOREE

Le circonferenze corporee sono strumenti di misurazione efficaci per classificare gli individui all'interno di un gruppo sulla base della loro relativa adiposità. Queste misurazioni forniscono informazioni preziose sulla distribuzione del grasso corporeo e possono essere utilizzate per confrontare i livelli di grasso tra individui con caratteristiche fisiche simili.

La circonferenza della vita emerge come una misura antropometrica fondamentale in ambito clinico, essenziale per la stima pratica dei rischi associati al metabolismo, alla salute generale e all'aumento della mortalità legati all'obesità. Sia gli uomini che le donne con una circonferenza vita elevata sono soggetti a un rischio maggiore di incorrere in patologie come malattie

cardiovascolari, diabete di tipo 2, diverse forme di cancro, demenza e cataratta (principale causa di cecità a livello mondiale). (William D. McArdle F. I., 2009)

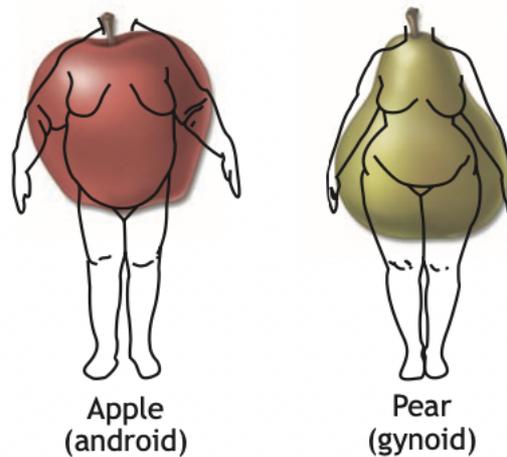
Pertanto, la misurazione della circonferenza della vita è uno strumento prezioso per una valutazione più completa del rischio relativo alla salute, specialmente in quei soggetti la cui classificazione basata sull'IMC potrebbe non riflettere accuratamente il loro stato di salute metabolica e cardiovascolare.

Il rapporto Vita-Fianchi (WHR, Waist-Hip Ratio) rappresenta un indicatore clinicamente significativo, utilizzato per quantificare la distribuzione del tessuto adiposo e valutare i rischi per la salute ad essa associati. Tale indice si ottiene calcolando il rapporto tra la circonferenza della vita e quella dei fianchi. Per gli uomini, un WHR ideale è generalmente considerato inferiore a 0,90, mentre per le donne il valore ottimale è al di sotto di 0,85. (Duren DL, 2008)

Il WHR è inoltre impiegato per differenziare le tipologie di distribuzione del grasso corporeo: un WHR superiore a 0,85 è indicativo di un modello di distribuzione del grasso di tipo androide, o *'a mela'*, caratterizzato da un accumulo di tessuto adiposo prevalentemente nella regione addominale. Al contrario, un WHR inferiore a 0,79 suggerisce una distribuzione di tipo ginoide, o *'a pera'*, con il grasso localizzato maggiormente attorno ai fianchi e alle cosce. La distribuzione del grasso di tipo androide, generalmente associata al sesso maschile, è stata associata a un aumentato rischio di patologie metaboliche e cardiovascolari, rendendo il WHR uno strumento utile per la valutazione del rischio in contesti clinici. (William D. McArdle F. I., 2009)

La predisposizione al fenotipo ginoide si associa a un sensibile abbassamento del rischio di patologie cardiovascolari, ma implica, al contempo, una maggiore propensione verso condizioni quali l'insufficienza venosa e la cellulite. Nonostante i vantaggi derivanti da un ridotto rischio per la salute, il grasso accumulato nelle regioni tipiche del fenotipo ginoide tende a essere più tenace

alla mobilizzazione rispetto a quello localizzato nella zona addominale.  
(Plowman SA, 2007)



*Figura A. Rappresentazione grafica della conformazione 'androide' e 'ginoide'*

### 2.5.2 LA PLICOMETRIA

Nel contesto antropometrico, il termine "plica" si riferisce allo spessore di una piega cutanea e del tessuto adiposo sottocutaneo misurato in un punto specifico del corpo. rappresentano uno strumento informativo per valutare il grasso corporeo e la sua distribuzione.

In fase di calibrazione, il calibro esercita una forza di tensione uniforme di 10 g/mm<sup>2</sup> sulla plica cutanea, composta da uno strato duplice di pelle e tessuto adiposo sottocutaneo. La lettura dello spessore della plica, espressa in millimetri sul quadrante del calibro, deve essere registrata entro due secondi dall'applicazione della massima pressione dello strumento, al fine di evitare la compressione del tessuto durante la misurazione. (William D. McArdle F. I., 2009)

Per gli scopi di ricerca, è fondamentale che il ricercatore responsabile delle misurazioni posseda un'ampia esperienza e mostri capacità di riprodurre in modo coerente e affidabile le misurazioni per gli stessi soggetti, sia nella medesima giornata che in giorni successivi o anche a intervalli di settimane. Mantenere una consistenza nella metodologia di misurazione è vitale per assicurare la validità e l'affidabilità dei risultati ottenuti in studi che analizzano la composizione corporea.

I siti anatomici comunemente utilizzati per la misurazione delle pliche cutanee comprendono il tricipite, il sottoscapolare, il sovrailliacco, l'addominale e la parte superiore della coscia. Durante la procedura di misurazione, l'operatore dovrebbe eseguire almeno due o tre misurazioni per ogni sito, procedendo in ordine rotazionale e posizionando il soggetto in piedi. La media di queste misurazioni costituisce il punteggio attribuito alla plica cutanea.

Due approcci principali sono raccomandati per l'impiego di queste misurazioni. In primo luogo, la somma dei punteggi delle pliche può essere utilizzata per indicare il livello di adiposità relativa tra gli individui, riflettendo sia i cambiamenti assoluti sia quelli percentuali delle pliche cutanee, sia prima che dopo un intervento specifico.

Il secondo metodo, include l'applicazione di equazioni matematiche basate su specifiche caratteristiche della popolazione per stimare la densità corporea o la percentuale di grasso corporeo. Queste equazioni sono considerate accurate per individui che condividono caratteristiche simili in termini di età, genere, livello di attività fisica, grado di adiposità e appartenenza etnica con il gruppo da cui sono state originariamente derivate. (William D. McArdle F. I., 2009)

Una delle formule più comunemente utilizzate per stimare la percentuale di grasso corporeo attraverso le pliche cutanee è quella sviluppata da Jackson e

Pollock, che può essere applicata utilizzando misurazioni di tre o sette pliche cutanee. (McArdle, 2015)

- Calcolo della % di massa grassa: densità corporea =  $1.0994921 - (0.0009929 \times \text{somma 3 pliche}) + (0.0000023 \times (\text{somma 3 pliche}^2)) - (0.0001392 \times \text{età})$ 
  - % FM =  $(495/\text{densità corporea}) - 450$

Protocollo a 3 pliche uomo (Jackson & Pollock): addome, pettorale, coscia

- Calcolo della % di massa grassa: densità corporea =  $1.10938 - (0.0008267 \times \text{somma 3 pliche}) + (0.0000016 \times (\text{somma 3 pliche}^2)) - (0.0002574 \times \text{età})$ 
  - % FM =  $(495/\text{densità corporea}) - 450$

### 3. DISPENDIO ENERGETICO TOTALE (TDEE)

Nel contesto della fisiologia umana, il mantenimento dell'omeostasi funzionale richiede un costante apporto energetico, ottenibile attraverso il metabolismo ossidativo di substrati come carboidrati, grassi e proteine. Il processo primario di rilascio dell'energia chimica da questi composti si realizza mediante la loro completa ossidazione in acqua e anidride carbonica, con la concomitante produzione di calore.

L'energia risultante da questo processo è fondamentale per svariate funzioni biologiche: dalla biosintesi delle macromolecole, dalla contrazione muscolare durante l'esercizio fisico, fino al mantenimento dei gradienti chimici e elettrochimici attraverso le membrane cellulare.

Il Metabolismo energetico totale si occupa di studiare le trasformazioni energetiche all'interno dell'organismo e può essere suddiviso in diverse componenti, tra cui il metabolismo basale, la termogenesi indotta dalla dieta e quella indotta dall'attività fisica. Questi elementi costituiscono la base per la stima del fabbisogno energetico di un individuo. La misurazione del metabolismo energetico può essere effettuata mediante metodi diretti, come la calorimetria diretta, o indiretti, come la calorimetria indiretta. Tuttavia, negli studi, a causa di limitazioni legate a costi e spazi, si tende a ricorrere ad altre metodologie. Queste permettono di ottenere una stima affidabile del dispendio energetico giornaliero totale (TDEE) calcolando il metabolismo basale (BMR) e valutando i Livelli di Attività Fisica (LAF) e gli equivalenti metabolici (MET). (McArdle, 2015)

Il Dispendio Energetico Totale è influenzato da:

- 1) Metabolismo Basale *BMR* (60-70%)
- 2) Termogenesi Indotta dalla Dieta *DIT* (7-13%)
- 3) Termogenesi Indotta dall'Attività Fisica *TAF* (13-30%)

1. METABOLISMO BASALE (Resting Energy Expenditure): costituisce il principale componente del dispendio energetico totale, rappresentando tra il 65% e il 75% di tale dispendio. Tale parametro è definito come l'ammontare di energia consumata da un individuo in condizione di riposo, necessaria per il mantenimento delle funzioni vitali dell'organismo. Il MB viene quantificato in termini di consumo energetico per unità di tempo, tipicamente espressi come kcal/minuto o kcal/giorno. (Ravussin E, 1992).

La variabilità individuale del metabolismo basale è influenzata da una molteplicità di fattori biologici, che interagiscono in maniera complessa e differenziata. Tra questi, il sesso rappresenta una variabile determinante, in quanto esistono differenze intrinseche tra il metabolismo basale maschile e femminile, spesso attribuibili alle divergenze nella composizione corporea. Anche l'età rappresenta un fattore determinante nel modulare il metabolismo basale. Comunemente, si registra un decremento annuo del 2% in tale parametro, fenomeno che riflette le modifiche nella composizione corporea e nelle funzionalità metaboliche intrinseche. Questa tendenza al calo del metabolismo basale è direttamente connessa con una riduzione della massa magra e con alterazioni nelle reazioni metaboliche che sostengono le attività fisiologiche. (Keys A, 1973).

Parallelamente, l'Indice di Massa Corporea (BMI), la massa magra (FFM) e la massa grassa (FM), insieme alla loro distribuzione nel corpo, hanno un impatto significativo sul metabolismo basale. (Hunter, 2012).

In tale contesto, la *massa magra*, che include muscoli, ossa e altri tessuti, si

manifesta metabolicamente più attiva rispetto alla massa grassa, influenzando così in modo significativo il metabolismo basale contribuendo notevolmente al suo aumento. Ricerche empiriche, condotte su campioni eterogenei, hanno evidenziato una correlazione diretta e proporzionale tra la percentuale di massa magra nell'organismo e il valore del metabolismo basale. Specificatamente, si è constatato che un incremento nella percentuale di massa magra è associato a un corrispondente aumento del tasso metabolico basale. Questa associazione di tipo lineare, in cui l'incremento di un parametro induce un incremento concomitante dell'altro, si è dimostrata coerente in tutti i soggetti esaminati, indipendentemente da differenze di età, genere e appartenenza etnica. (Ferraro R, 1992).

La *massa grassa*, sebbene metabolicamente meno dinamica rispetto alla sua controparte magra, partecipa al bilancio energetico basale.

FFM (kg)	RDEE <sup>a</sup> (kCal) <sup>b</sup>	FFM (kg)	RDEE (kCal)	FFM (kg)	RDEE (kCal)
30	1018	58	1623	86	2228
31	1040	59	1644	87	2249
32	1061	60	1666	88	2271
33	1083	61	1688	89	2292
34	1104	62	1709	90	2314
35	1126	63	1731	91	2336
36	1148	64	1752	92	2357
37	1169	65	1774	93	2379
38	1191	66	1796	94	2400
39	1212	67	1817	95	2422
40	1234	68	1839	96	2444
41	1256	69	1860	97	2465
42	1277	70	1882	98	2487
43	1299	71	1904	99	2508
44	1320	72	1925	100	2530
45	1342	73	1947	101	2552
46	1364	74	1968	102	2573
47	1385	75	1990	103	2595
48	1407	76	2012	104	2616
49	1428	77	2033	105	2638
50	1450	78	2055	106	2660
51	1472	79	2076	107	2681
52	1493	80	2098	108	2703
53	1515	81	2120	109	2724
54	1536	82	2141	110	2746
55	1558	83	2163	111	2768
56	1580	84	2184	112	2789
57	1601	85	2206	113	2811

*Figura B. Stima della Spesa Energetica Giornaliera a riposo (BMR). Basato sulla percentuale della FFM. (V. Katch, University of Michigan). (William D. McArdle F. I., 2009)*

La massa corporea, l'altezza e l'età sono variabili chiave che contribuiscono alla diversità individuale nel dispendio energetico basale (BMR). L'approccio sviluppato all'inizio del ventesimo secolo da Harris e Benedict, che utilizzava queste variabili per misurare rigorosamente il consumo di ossigeno, ha permesso di prevedere con precisione il BMR.

La metodologia Harris-Benedict, a seguito di questa validazione, è stata adottata come prassi routinaria nel calcolo del Metabolismo Basale. (McArdle, 2015)

BMR UOMINI:  $66,5 + 13,75 \times \text{Peso (kg)} + 5,003 \times \text{Altezza (cm)} - 6,775 \times \text{Età}$

BMR DONNE:  $655,1 + 9,563 \times \text{Peso (kg)} + 1,850 \times \text{Altezza (cm)} - 1,16 \times \text{Età}$

Equazione	Età (anni)	Formula
Harris-Benedict (1919)	15-73	MB(femmina) = $655 + 9,56[\text{peso}(\text{kg})] + 1,85[\text{altezza}(\text{cm})] - 4,68[\text{età}(\text{anni})]$
		MB(maschio) = $66 + 13,75[\text{peso}(\text{kg})] + 5,0[\text{altezza}(\text{cm})] - 6,76[\text{età}(\text{anni})]$
Fleisch (1951)	20-99	MB(femmina) = $24 \times \text{BSA} \times \{35,5 - 0,064 \times [\text{età}(\text{anni}) - 20]\}$
		MB(maschio) = $24 \times \text{BSA} \times \{38 - 0,073 \times [\text{età}(\text{anni}) - 20]\}$
LARN (FAO/WHO/UNU, 1985)	18-29	MB(femmine) = $14,7[\text{peso}(\text{kg})] + 496$
		MB(maschi) = $15,3[\text{peso}(\text{kg})] + 679$
	30-59	MB(femmine) = $8,7[\text{peso}(\text{kg})] + 829$
		MB(maschi) = $11,6[\text{peso}(\text{kg})] + 879$
	60-74	MB(femmine) = $9,2[\text{peso}(\text{kg})] + 688$
		MB(maschi) = $11,9[\text{peso}(\text{kg})] + 700$
	≥75	MB(femmine) = $9,8[\text{peso}(\text{kg})] + 624$
		MB(maschi) = $8,4[\text{peso}(\text{kg})] + 819$
Owen (1987)	18-82	MB(femmine) = $795 + 7,2[\text{peso}(\text{kg})]$
		MB(maschi) = $879 + 10,2[\text{peso}(\text{kg})]$
Mifflin (1990)	19-78	MB(femmina) = $-161 + 10[\text{peso}(\text{kg})] + 6,25[\text{altezza}(\text{cm})] - 5[\text{età}(\text{anni})]$
		MB(maschio) = $5 + 10[\text{peso}(\text{kg})] + 6,25[\text{altezza}(\text{cm})] - 5[\text{età}(\text{anni})]$
Cunningham (1980)	adulti	MB (kcal/day) = $500 + 22 (\text{massa magra, kg})$

*Figura C. Equazioni per il calcolo del BMR (Greco, 2017)*

- 2) TERMOGENESI INDOTTA DALLA DIETA (DIT) : È definita come l'aumento del dispendio energetico conseguente all'ingestione di alimenti. Si suddivide in due parti: la *termogenesi obbligatoria*, che comprende l'energia impiegata per la digestione, l'assorbimento e il processamento dei nutrienti; e la *termogenesi facoltativa*, che implica l'attivazione del sistema nervoso simpatico e il suo effetto stimolante sul metabolismo. L'effetto termico degli alimenti raggiunge generalmente il suo apice entro un'ora dall'assunzione del pasto e presenta una notevole variabilità interindividuale, con un aumento della DIT che varia dal 10% al 30% dell'energia contenuta nel cibo ingerito. In particolare, un pasto ricco di proteine può indurre un effetto termico che rappresenta quasi il 25% delle calorie totali del pasto, dovuto principalmente all'attivazione dei processi digestivi e all'energia richiesta dal fegato per la gestione degli aminoacidi, inclusa la loro deaminazione e conversione in glucosio.
- 3) TERMOGENESI INDOTTA DALL'ATTIVITA' FISICA: è la quota di energia consumata durante l'esercizio e l'attività fisica, sia essa sportiva, lavorativa o sociale. Includendo sia le attività motorie '*essenziali*' legate alle responsabilità quotidiane sia quelle '*volontarie*' e ricreative, questa componente del bilancio energetico rappresenta l'aspetto più fluttuante, costituendo tra il 15-30% del dispendio energetico totale. Il concetto di "attività fisica spontanea" si applica a movimenti corporei associati a compiti e routine giornalieri, quali attività lavorative o azioni come salire e scendere le scale. Questa categoria comprende altresì movimenti minimi e frequentemente inconsapevoli di parti del corpo, contribuendo al cosiddetto '*dispendio energetico da attività fisica minimale*'. L'acronimo NEAT (Non Exercise Activity Thermogenesis) è utilizzato per indicare la spesa energetica supplementare attribuibile a tali attività fisiche spontanee, distinte dall'esercizio

fisico strutturato. Questa forma di attività riveste un ruolo significativo nel bilancio energetico totale, essendo costituita da movimenti non pianificati che si verificano al di fuori di un regime esercitativo programmato. Il consumo energetico associato all'attività fisica può essere descritto utilizzando il parametro LAF (Livello di Attività Fisica), grandezza adimensionale, che riflette la media giornaliera del consumo energetico e viene comunemente calcolato come un fattore del metabolismo basale o in termini di MET (Metabolic Equivalent of Task). Quest'ultimo è una misura del dispendio energetico in condizioni di riposo, determinato dal volume di ossigeno consumato per unità di tempo.

$1 \text{ MET} = 3,5 \text{ ml O}_2 / \text{Kg Peso corporeo} / \text{min} = \sim 0,01768 \text{ kcal/ kg Peso Corporeo/min} = \sim 1 \text{ kcal/kg Peso corporeo/ora}$  (considerando l'equivalente calorico di 1 L di O<sub>2</sub>  $\sim 5 \text{ kcal}$ ). (CREA, 2017)

A fronte di ciò, il costo energetico associato alle diverse attività quotidiane e sportive può essere misurato in multipli del MET. Le attività fisiche classificate come di moderato impegno hanno valori MET compresi tra 3 e 6, mentre quelle considerate pesanti o molto pesanti si collocano rispettivamente in una fascia di 6-10 MET e oltre i 10 MET. La maggior parte delle attività domestiche comporta un dispendio energetico di 2-5 MET; i lavori più leggeri, come quelli d'ufficio, richiedono da 1,5 a 3 MET. D'altra parte, attività sportive impegnative, come la corsa, possono richiedere un dispendio energetico di 6-12 MET. La variazione del consumo energetico in ambito sportivo è fortemente influenzata sia dall'intensità muscolare e metabolica specifica dell'attività che

dalla modalità individuale di praticare lo sport, tenendo conto anche del carattere personale e delle competenze tecniche dell'atleta.

FAO/WHO/UNU, 2004	Institute of Medicine IOM, 2005	DE-AF	LAF
Sedentario–Poco attivo LAF = 1,4–1,69	SEDENTARIO LAF = 1,00–1,39	19% di DET	1,4
	POCO ATTIVO LAF = 1,40–1,59	28% di DET	1,6
Attivo o moderatamente attivo LAF = 1,70–1,99	ATTIVO LAF = 1,60–1,89	35% di DET	1,8
Molto attivo LAF = 2,00–2,40	MOLTO ATTIVO LAF = 1,90–2,50	40% di DET	2,0

*Tabella 1. Tabella dei LAF. (Greco, 2017)*

In conclusione, si può affermare che il Dispendio Energetico Totale di un individuo può essere stimato utilizzando i Livelli di Attività fisica (LAF), seguendo i seguenti passaggi:

- Calcolare il Metabolismo Basale (BMR): (vedi Figura 2.)
- Determinare il Livello di Attività Fisica (LAF): (vedi figura 1)
- Moltiplicare il BMR per il LAF: il prodotto che ottengo corrisponde alle Kcal bruciate in un giorno.

$$TDEE = BMR \times LAF$$

In alternativa, è possibile calcolare il Dispendio energetico totale con il Metabolismo Equivalente (MET):

- Stimare il MET per ogni attività svolta durante la giornata

- Calcolare il dispendio energetico per ogni attività:  $\text{Energia per Attività} = \text{MET} \times \text{Peso (kg)} \times \text{Durata (ore)}$
- Sommare il Dispendio Energetico di tutte le attività
- Aggiungere il BMR

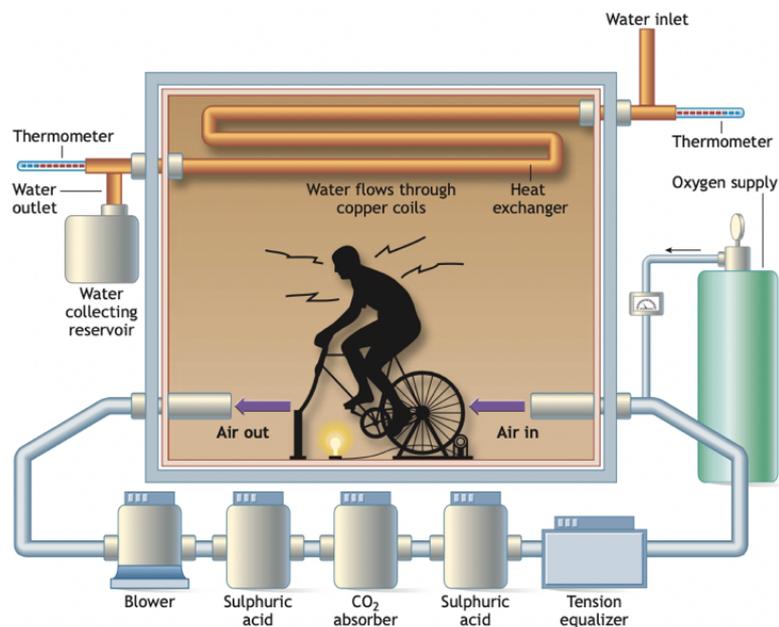
$$\text{TDEE} = \text{Dispendio Energetico Totale Attività} + \text{BMR}$$

Entrambi i metodi forniscono stime del TDEE, ma il metodo MET può fornire una stima più dettagliata, in quanto considera specificamente la durata e il tipo di attività fisica svolta. Tuttavia, richiede di conoscere o stimare i valori MET per ogni attività e di avere un registro dettagliato delle attività quotidiane.

### 3.1 MISURAZIONE DEL DISPENDIO ENERGETICO:

Nell'ambito dei processi metabolici, la produzione di calore rappresenta un fenomeno intrinseco e costante. Di conseguenza, il tasso di produzione calorica (a livello cellulare, tessutale o sistemico) costituisce un indice operativo del tasso metabolico energetico. La calorimetria rappresenta l'unità di misura base del calore e il termine definisce la scienza che studia lo scambio termico. L'approccio calorimetrico si biforca in due metodologie principali: calorimetria diretta e calorimetria indiretta, entrambe impiegate per una quantificazione accurata del trasferimento energetico umano. (William D. McArdle F. I., 2009)

- *Calorimetria Diretta*: Questa metodologia misura direttamente la quantità di calore prodotta dall'organismo. Tale misurazione è realizzata mediante l'impiego di camere calorimetriche, dove l'individuo è posto per un determinato lasso temporale e il calore emanato dal suo corpo è accuratamente registrato. Nonostante la sua elevata precisione nella determinazione del dispendio energetico, la calorimetria diretta richiede un investimento significativo in termini di risorse e infrastrutture specializzate.



*Figura D. Calorimetro umano*

La figura 10 raffigura un calorimetro umano in cui il tasso di metabolismo energetico del corpo, ovvero la produzione di calore, viene misurato direttamente. Nel design del calorimetro sviluppato da Atwater e Rosa, le pareti interne sono foderate con un foglio di rame, a cui sono collegati scambiatori di calore posizionati sopra, attraverso i quali scorre acqua fredda. Durante

l'esercizio fisico del soggetto, l'acqua, raffreddata a 2°C, fluisce ad alta velocità, assorbendo il calore emesso. Invece, durante i periodi di riposo del soggetto, l'acqua più tiepida circola a una velocità ridotta. Nel modello originale dello schema del cicloergometro, utilizzato nel calorimetro, la ruota posteriore della bicicletta era in contatto con un generatore che alimentava una lampadina. In versioni successive di tali ergometri, parte della ruota posteriore era costituita da rame. Questa ruota, ruotando attraverso un campo elettromagnetico, generava corrente elettrica, che veniva poi utilizzata per calcolare l'output di potenza. Questa configurazione avanzata del calorimetro consentiva di misurare in modo preciso il metabolismo energetico sotto vari regimi di attività, catturando le dinamiche di produzione di calore e di energia elettrica del soggetto sottoposto a test. (William D. McArdle F. I., 2009)

- *Calorimetria Indiretta:* Alternativa pratica alla calorimetria diretta, questa tecnica si basa sulla misurazione del consumo di ossigeno e della produzione di anidride carbonica. Attraverso queste variabili, è possibile dedurre il tasso metabolico energetico. La calorimetria indiretta è particolarmente utile per la misurazione del metabolismo in vari contesti clinici e di ricerca, basandosi sul principio che la quantità di O<sub>2</sub> consumato e di CO<sub>2</sub> prodotto è direttamente correlata alla quantità di energia metabolizzata. Gli esperimenti realizzati con il calorimetro a bomba hanno evidenziato che la combustione di una miscela bilanciata di carboidrati, grassi e proteine, in presenza di 1 litro di ossigeno, produce circa 4,82 kCal di energia. Questo dato è significativo perché, sebbene possano verificarsi variazioni rilevanti nella composizione metabolica, il valore calorico attribuito all'ossigeno mostra solamente lievi fluttuazioni, generalmente comprese tra il 2% e il 4%. Questa

relativa stabilità nel valore calorico dell'ossigeno rende la misurazione un affidabile indicatore della spesa energetica, indipendentemente dalla composizione specifica dei macronutrienti consumati. (William D. McArdle F. I., 2009).

Entrambe le metodologie sono essenziali per approfondire la comprensione del metabolismo umano, specialmente in campi quali la fisiologia dell'esercizio, la dietetica e la medicina. Questi approcci calorimetrici forniscono una base fondamentale per analizzare come diverse condizioni, come l'esercizio fisico, le variazioni dietetiche o specifiche patologie, influiscano sul dispendio energetico e il metabolismo.

#### 4. STRATEGIE NUTRIZIONALI

In ambito nutrizionale, la letteratura riconosce un'eterogeneità di regimi alimentari, ciascuno con distinti sottotipi e caratteristiche. Vengono analizzate un'ampia varietà di questi archetipi, includendo diete a molto basso e basso apporto calorico (VLED e LED), diete a ridotto contenuto lipidico (LFD), diete a limitato apporto di carboidrati (LCD), diete chetogeniche (KD), diete con enfasi sulle proteine (HPD) e il regime di digiuno intermittente (IF). (Aragon AA, 2017)

Nonostante le molteplici strategie nutrizionali sopra elencate, il concetto di “*CICO*” (Calorie In, Calorie Out), che postula la perdita o l'incremento ponderale come diretta conseguenza di un deficit o surplus calorico, offre una visione semplificata della dinamica peso-energia. (Aragon AA, 2017). Questa prospettiva, pur essendo tecnicamente valida, trascura la composizione del peso modificato e la complessità dei fattori che modulano l'assunzione calorica e i comportamenti alimentari. Elementi critici in questo contesto includono il costo metabolico variabile legato all'elaborazione dei macronutrienti e l'effetto termogenico degli alimenti (TEF), che dipende dal tipo di macronutrienti ingeriti. Al di là del bilancio calorico grezzo, la qualità e il genere degli alimenti consumati possono esercitare un'influenza significativa sul processo metabolico delle calorie, incidendo sulla composizione del peso perso o acquisito e sulle abitudini alimentari. La diversità metabolica individuale rappresenta un ulteriore fattore di variabilità.

Per quanto concerne le strategie alimentari orientate alla riduzione del tessuto adiposo, un deficit calorico protratto costituisce il principio guida. Soggetti con un più alto tasso iniziale di tessuto adiposo possono tollerare un deficit calorico più marcato. Per contro, in individui con minori depositi adiposi, una riduzione

ponderale più graduale tende a salvaguardare in modo più efficace la massa magra.

Inversamente, le diete mirate all'accrescimento della massa magra si avvalgono di un surplus calorico costante, volto a favorire i processi anabolici e a sostenere i bisogni crescenti derivanti dall'allenamento di resistenza. Surplus calorici maggiori sono indicati per soggetti non ancora abituati all'esercizio fisico, che possono quindi beneficiare di progressi più cospicui nell'incremento della massa magra, e per coloro con elevata NEAT. Al contrario, per gli atleti con maggiore esperienza, si consiglia un surplus calorico più moderato per minimizzare il rischio di un eccessivo accumulo di tessuto adiposo durante fasi di apporto calorico elevato. La composizione e la quantità del surplus calorico, così come il livello di allenamento dell'individuo, influenzano significativamente la natura dei guadagni muscolari.

La comprensione che emerge è che non esiste un approccio universale all'alimentazione; invece, le strategie dietetiche dovrebbero essere personalizzate in base alle esigenze specifiche, allo stato di salute, agli obiettivi di fitness e al contesto di vita di ogni individuo.

## 5. PARTE SPERIMENTALE

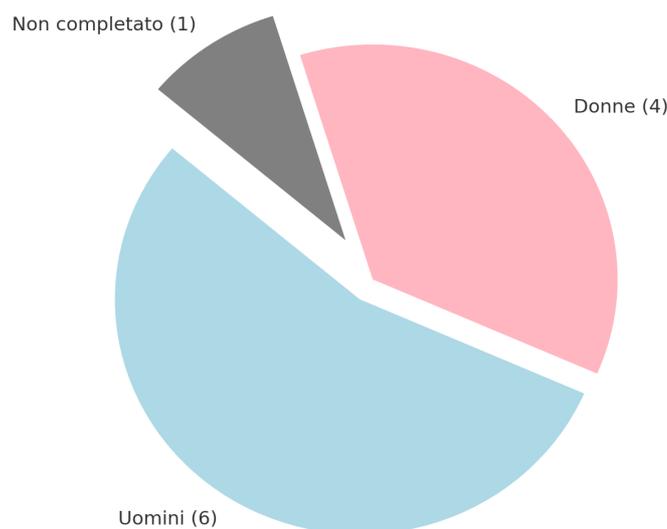
### 5.1 OBIETTIVO DELLO STUDIO

L'obiettivo del corrente studio consiste nell'analizzare l'efficacia di un protocollo di '*ricomposizione corporea*' della durata di 12 settimane, il quale adotta un regime alimentare ipocalorico e un programma di allenamento mirato.

Tale studio si propone di valutare la capacità del suddetto protocollo di conseguire simultaneamente l'incremento della massa muscolare e la riduzione del tessuto adiposo.

### 5.2 SOGGETTI DELLO STUDIO

Lo studio sulla ricomposizione corporea è stato effettuato su un campione eterogeneo di 10 partecipanti, composto da 6 uomini (A, B, C, D, E, I) e 4 donne (F, G, H). Un partecipante non ha portato a termine il protocollo di 12 settimane, pertanto i suoi dati sono stati esclusi dall'analisi.



*Grafico 5. Le diverse sezioni rappresentano gli uomini, le donne e il partecipante che non ha completato il protocollo, rispettivamente in azzurro, rosa e grigio*

I soggetti coinvolti nello studio sono stati reclutati da una popolazione di uomini e donne, nell'intervallo di età compreso tra i 20 e i 45 anni. Nel corso dello studio, i partecipanti sono stati sottoposti a dettagliate analisi anamnestiche e antropometriche, che hanno incluso la misurazione accurata delle pliche cutanee, delle circonferenze corporee e del peso. Questo approccio metodologico aveva l'obiettivo di fornire un quadro completo della composizione corporea iniziale dei partecipanti, per poterla successivamente confrontare con la situazione finale post-intervento.

## 6. MATERIALI E METODI

I soggetti partecipanti allo studio sono stati sottoposti a una valutazione della composizione corporea in tre momenti distinti:

- Alla prima settimana
- Alla sesta settimana
- Alla dodicesima settimana

Sono stati valutati nel tempo i seguenti parametri:

- Analisi Plicometrica
- Circonferenze
- Statura e peso

### 6.1 VALUTAZIONE DELLA COMPOSIZIONE CORPOREA

#### ◇ PLICOMETRIA

Per l'analisi plicometrica, sono state misurate le seguenti tre pliche del protocollo Jackson e Pollock.

Per uomini:

- Addominale
- Pettorale
- Mediana Coscia

Per le Donne:

- Tricipitale
- Soprailliaca
- Mediana Coscia

Protocollo a 3 pliche donna (Jackson & Pollock): tricipite, soprailliaca, coscia (Jackson AS, 1978)

- Calcolo della % di massa grassa: densità corporea =  $1.0994921 - (0.0009929 \times \text{somma 3 pliche}) + (0.0000023 \times (\text{somma 3 pliche}^2)) - (0.0001392 \times \text{età})$ 
  - % FM =  $(495/\text{densità corporea}) - 450$

Protocollo a 3 pliche uomo (Jackson & Pollock): addome, pettorale, coscia (Jackson AS, 1978)

- Calcolo della % di massa grassa: densità corporea =  $1.10938 - (0.0008267 \times \text{somma 3 pliche}) + (0.0000016 \times (\text{somma 3 pliche}^2)) - (0.0002574 \times \text{età})$ 
  - % FM =  $(495/\text{densità corporea}) - 450$

Ulteriore protocollo utilizzato nel seguente studio è stato la somma delle 3 pliche cutanee.

## ◇ CIRCONFERENZE

Le circonferenze corporee, che riflettono le dimensioni trasversali dei vari segmenti corporei, sono specificamente riferite a punti anatomici definiti e presentano una correlazione significativa con la percentuale di grasso corporeo totale del soggetto. (Steinkamp RC, 1965)

Per la rilevazione delle circonferenze, è stato impiegato un metro flessibile e anelastico.

È stata posta particolare attenzione nel leggere il valore esatto, evitando qualsiasi approssimazione.

Sono state effettuate 3 misurazioni per ogni circonferenza. Il valore vero è assunto come la media delle tre misurazioni.

Le circonferenze rilevate: vita, addome, polpaccio o avambraccio. (Steinkamp RC, 1965)

- Circonferenza vita: il soggetto è posto in posizione eretta, con le braccia lungo i fianchi. La misurazione è eseguita nel punto più stretto, approssimativamente 3 – 4 cm sopra l'ombelico.
- Circonferenza addome: misurata mentre il soggetto è supino, con le braccia lungo i fianchi e l'addome rilassato. La misura è stata rilevata all'altezza dell'ombelico, fornendo un indicatore significativo del grasso corporeo addominale.
- Circonferenza del polpaccio: il soggetto è posizionato in piedi e si è individuato il punto preciso che presentava la circonferenza massima, situato approssimativamente a metà lunghezza del polpaccio. Questa misurazione è utilizzata per una valutazione della massa muscolare dell'individuo.

## ◇ PESO e STATURA

Il peso corporeo è stato misurato utilizzando una bilancia a scala digitale, caratterizzata da un'accuratezza di peso di 0,1 kg. L'operatore si è assicurato che ciascun partecipante, indossando solo biancheria intima, distribuisse il peso uniformemente sui due piedi al centro della piattaforma della bilancia. Le misurazioni sono state effettuate al mattino e a digiuno.



*Figura 2. Bilancia a scala digitale*

◇ CALCOLO DEL BMR e TDEE

Nella fase iniziale dello studio, è stato stimato il Metabolismo Basale (BMR) applicando l'equazione di Harris - Benedict che fornisce una stima accurata del metabolismo basale. (McArdle, 2015)

BMR UOMINI:  $66,5 + 13,75 \times \text{Peso (kg)} + 5,003 \times \text{Altezza (cm)} - 6,775 \times \text{Età}$

BMR DONNE:  $655,1 + 9,563 \times \text{Peso (kg)} + 1,850 \times \text{Altezza (cm)} - 1,16 \times \text{Età}$

Questa misurazione ha fornito le basi per il successivo calcolo del Total Daily Energy Expenditure (TDEE), eseguito mediante la formula:

$$\text{TDEE} = \text{BMR} \times \text{LAF}$$

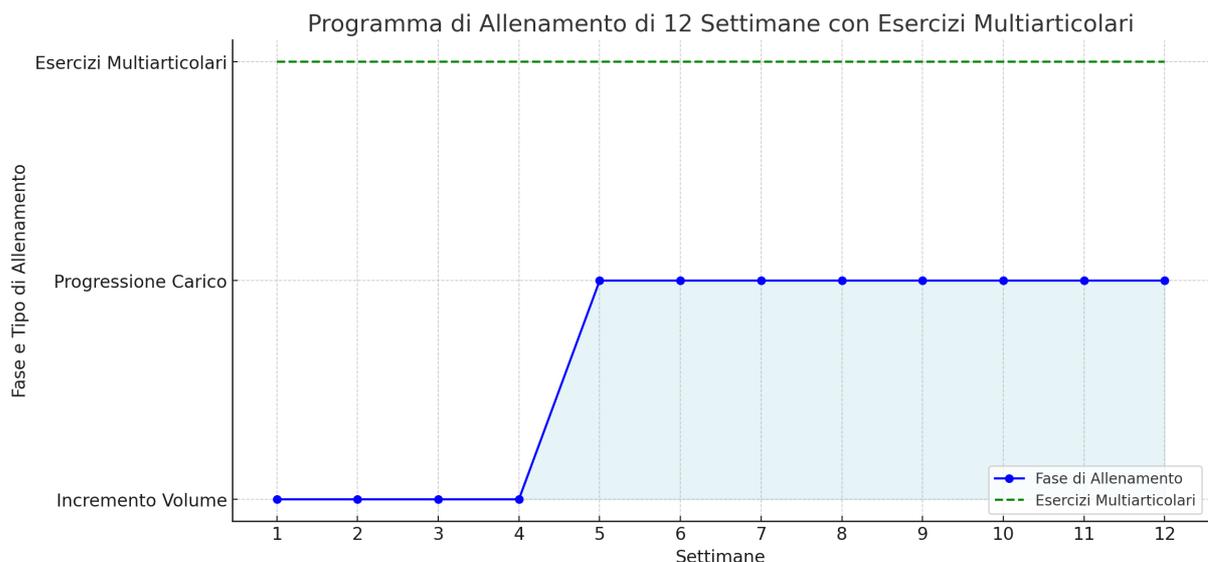
Attraverso questo calcolo è stato possibile stimare il fabbisogno energetico totale giornaliero, combinando sia il metabolismo basale sia il livello di attività fisica quotidiana (LAF) dei partecipanti allo studio (vedi figura8).

## ◇ PROGRAMMA DI ALLENAMENTO

Il programma di allenamento è articolato su un arco temporale di 12 settimane, con una chiara suddivisione:

- Le prime 4 settimane prevedono un incremento graduale del volume di allenamento;
- Le 8 settimane restanti sono dedicate alla progressione del carico allenante.

Queste progressioni sono implementate attraverso l'utilizzo di esercizi multiarticolati con sovraccarichi, impiegando bilancieri, manubri e macchinari isotonici.

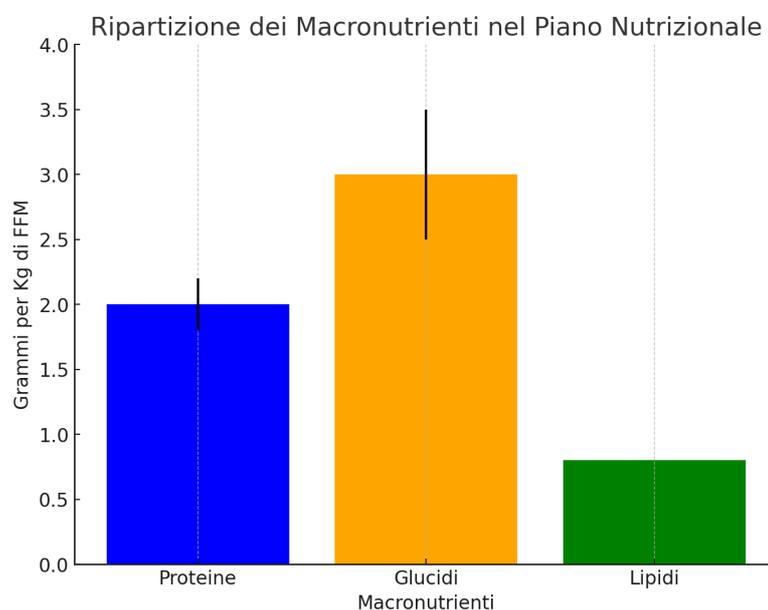


*Grafico 6. Le prime 4 settimane si concentrano sull'incremento del volume di allenamento, seguite da 8 settimane di progressione del carico. La linea tratteggiata verde rappresenta la presenza costante di esercizi multiarticolari durante tutto il programma.*

◇ IMPOSTAZIONE PROGRAMMA NUTRIZIONALE:

I soggetti partecipanti allo studio hanno seguito un piano nutrizionale personalizzato, caratterizzato da una ripartizione equilibrata dei macronutrienti.

- $2,0 \pm 0,2$  g/Kg FFM di proteine
- $3,0 \pm 0,5$  g/Kg FFM di glucidi
- $0,8$  g/Kg FFM di Lipidi



*Grafico 7. I dati sono espressi come quantità medie di proteine, glucidi e lipidi, espresse in grammi per Kg di FFM. Le barre nere indicano la possibile variazione.*

Attraverso l'accurata suddivisione dei macronutrienti, è stato possibile perfezionare la ricomposizione corporea, sincronizzando efficacemente la diminuzione del grasso corporeo con la protezione della massa muscolare. Tale esito benefico è stato raggiunto grazie all'attuazione di un deficit calorico

pianificato, che ha consentito modifiche corporee ottimali nel quadro di una strategia nutrizionale mirata.

#### ◇ ANALISI STATISTICA

Per verificare la normalità di ogni serie di dati è stato applicato il test di Shapiro-Wilk. Per analizzare le differenze delle coppie di serie di dati correlate è stato utilizzato il test di Wilcoxon, la significatività statistica è stata assunta per  $p < 0,05$ . Le analisi sono state eseguite mediante utilizzo del software R (versione, sviluppatori).

## 7. RISULTATI

### 7.1 BMI

Applicando la formula per il calcolo del BMI è stato possibile effettuare un confronto tra il valore dell'Indice di Massa Corporea (BMI) misurato al tempo iniziale (T0) e quello rilevato al termine del periodo di osservazione (T1), consentendo di identificare eventuali variazioni.

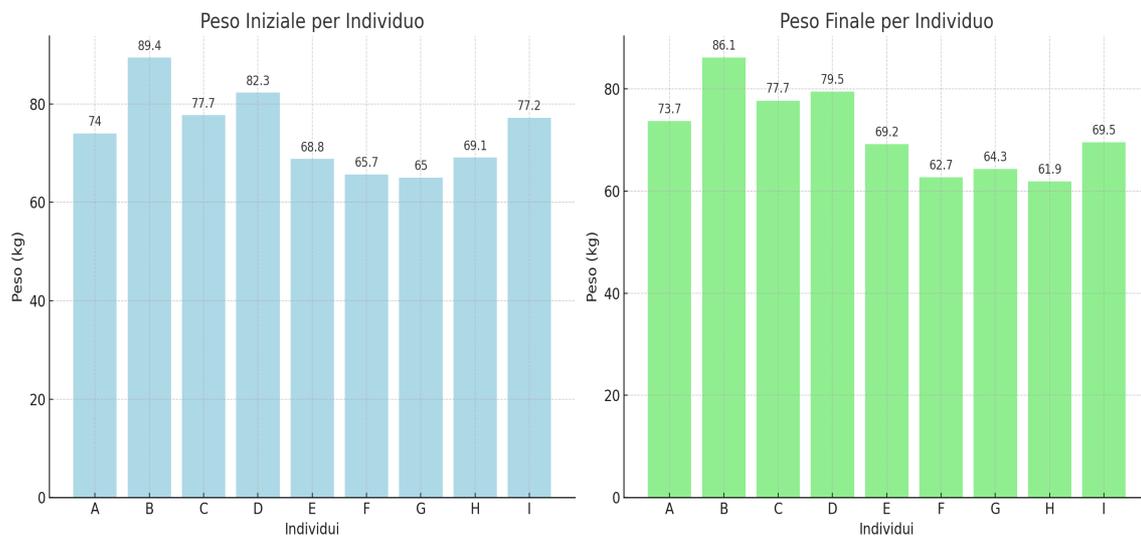
Soggetto	BMI T0	BMI T1	Variazione BMI	Variazione BMI (%)
A	22.84	22.62	0.22	0.95%
B	28.22	27.17	1.04	3.69%
C	27.20	27.20	0.00	0.00%
D	26.27	25.38	0.89	3.40%
E	22.47	22.60	-0.13	-0.58%
F	27.00	25.76	1.23	4.57%
G	24.17	23.91	0.26	1.08%
H	24.48	21.93	2.55	10.42%
I	24.09	21.69	2.40	9.97%

*Grafico 8: Variazione del BMI per tutti i soggetti.*

Nel *Grafico 8* è illustrata la variazione del BMI espresso anche in termini percentuali, registrato al termine del protocollo di studio. Si osserva che la mediana del BMI iniziale (T0) per l'intero campione di soggetti corrisponde a 24.48; al termine del periodo di osservazione (T1), tale valore medianico si

attesta a 23.91, evidenziando un decremento nella mediana del BMI complessivo.

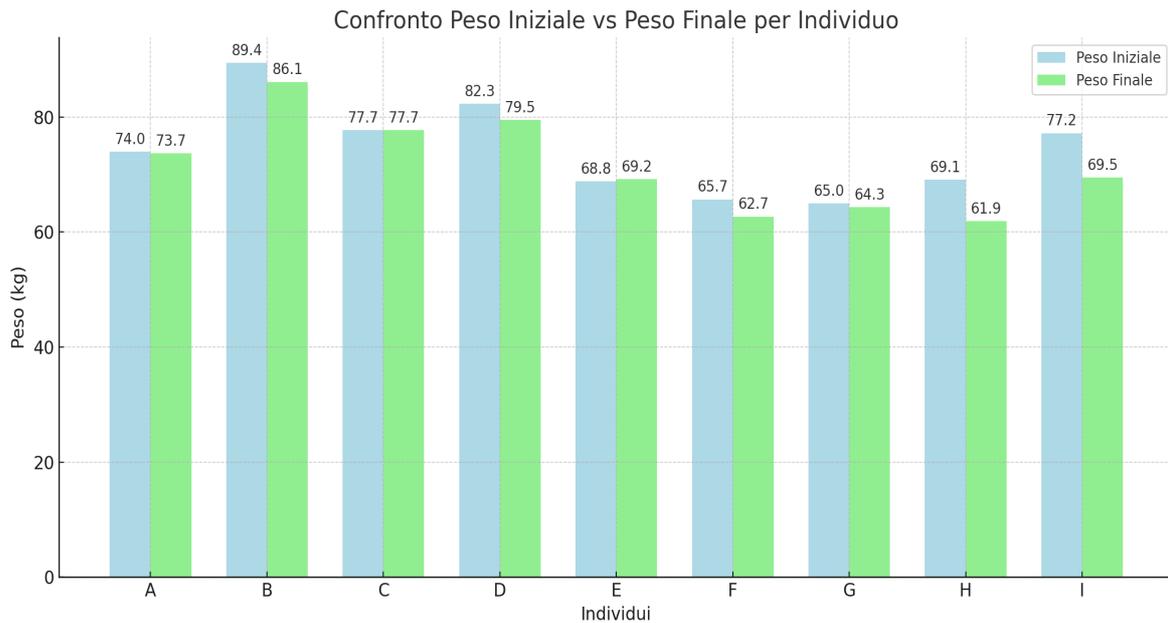
## 7.2 IL PESO



*Grafico 9. Peso iniziale (T0) e peso finale (T1)*

Nel *Grafico 9* è presentato il peso iniziale rilevato all'avvio dello studio (T0), contrassegnato in azzurro, e il peso registrato al termine delle 12 settimane (T1), indicato in verde. La distribuzione del peso all'esordio dello studio mostra una variabilità significativa, con valori che vanno da un minimo di 65,7 kg (Individuo F) a un massimo di 89,4 kg (Individuo B).

Esaminando i dati, il *Grafico 10* illustra un confronto diretto tra i pesi misurati al T0 e al T1 per ciascun partecipante, evidenziando le variazioni rilevate.



*Grafico 10*

È rilevante evidenziare che l'analisi dei dati ha dimostrato un decremento ponderale uniforme tra i partecipanti allo studio.

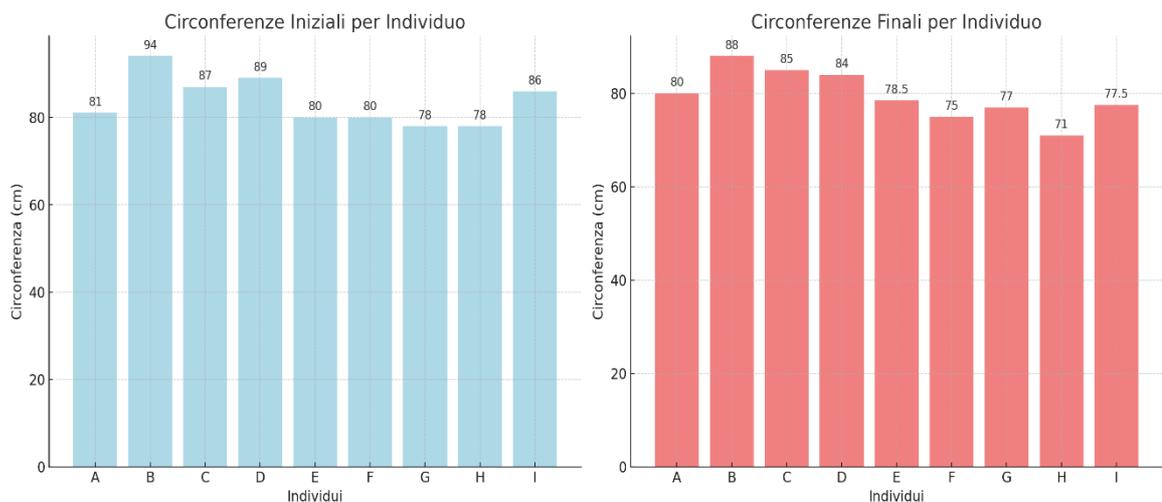
Al T0 la mediana del peso corporeo degli individui era stabilita a 74,0 kg. Al termine del periodo di monitoraggio (T1), questa si è attestata a 69,5 kg, con una differenza tra il T0 e il T1 di 4,5 kg.

I risultati dell'analisi statistica (p-value = 0.02997) mostrano variazione statisticamente significativa (p-value<0.05).

### 7.3 CIRCONFERENZA ADDOME

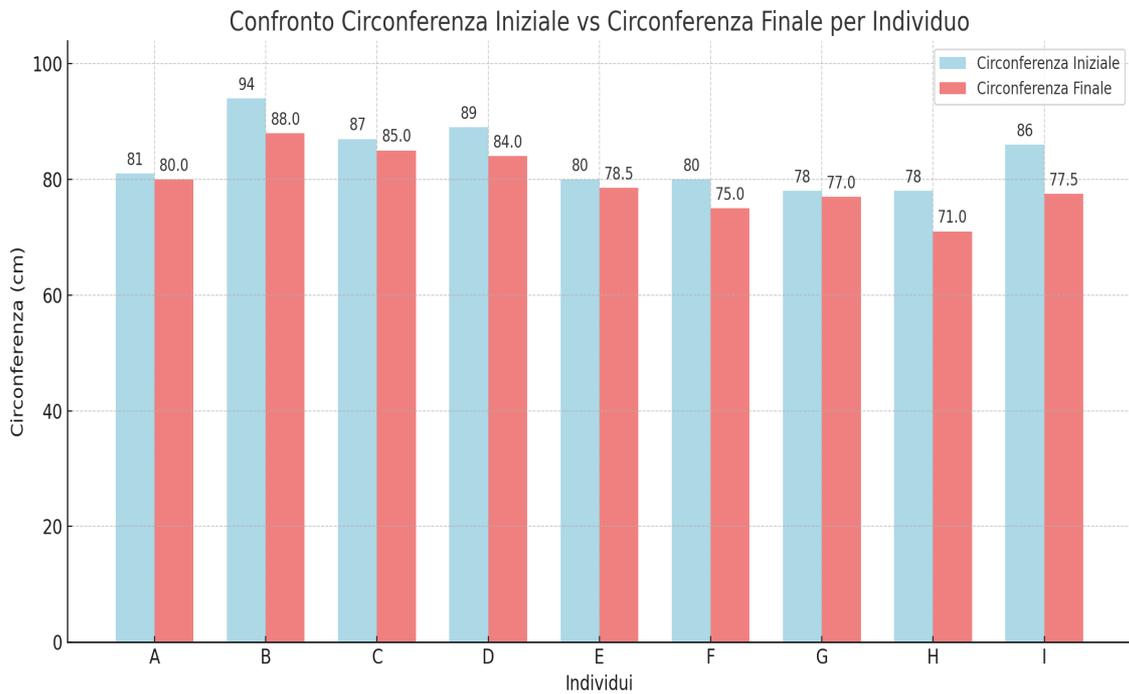
Particolare attenzione è stata rivolta alla circonferenza addominale dei partecipanti. Le misurazioni della circonferenza addominale sono state effettuate in due momenti distinti: all'inizio dello studio (T0) e alla conclusione del periodo di osservazione (T1), con l'obiettivo di valutare le variazioni indotte dall'intervento o dal periodo di osservazione.

Il *Grafico 11* illustra in modo comparativo le misurazioni delle circonferenze addominali, espressi in centimetri, per ciascun individuo coinvolto nello studio.



*Grafico 11. Circonferenza addome iniziale e finale*

Dal confronto side-by-side tra T0 e T1 nel *Grafico 12*, si evince una tendenza generale alla variazione delle misure addominali.



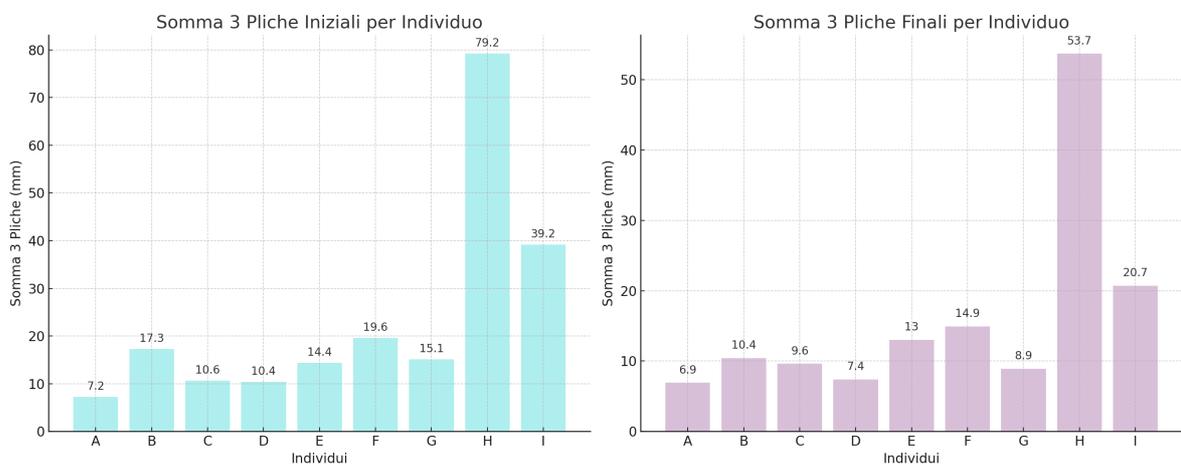
*Grafico 12. Variazione circonferenza addome per ogni individuo*

Inizialmente, al tempo T0 (inizio dello studio), è stata registrata una mediana della circonferenza addominale di 81 cm. Seguendo il periodo di osservazione, al tempo T1 (conclusione dello studio), si è verificata una riduzione significativa della circonferenza addominale, con una mediana di 78,5 cm. Con una differenza tra il T0 e il T1 di 2,5 cm nella mediana della circonferenza addominale.

I risultati dell'analisi statistica (P-value = 0.00903) mostrano variazione statisticamente significativa (p-value<0.05).

### 7.3 SOMMA DELLE 3 PLICHE

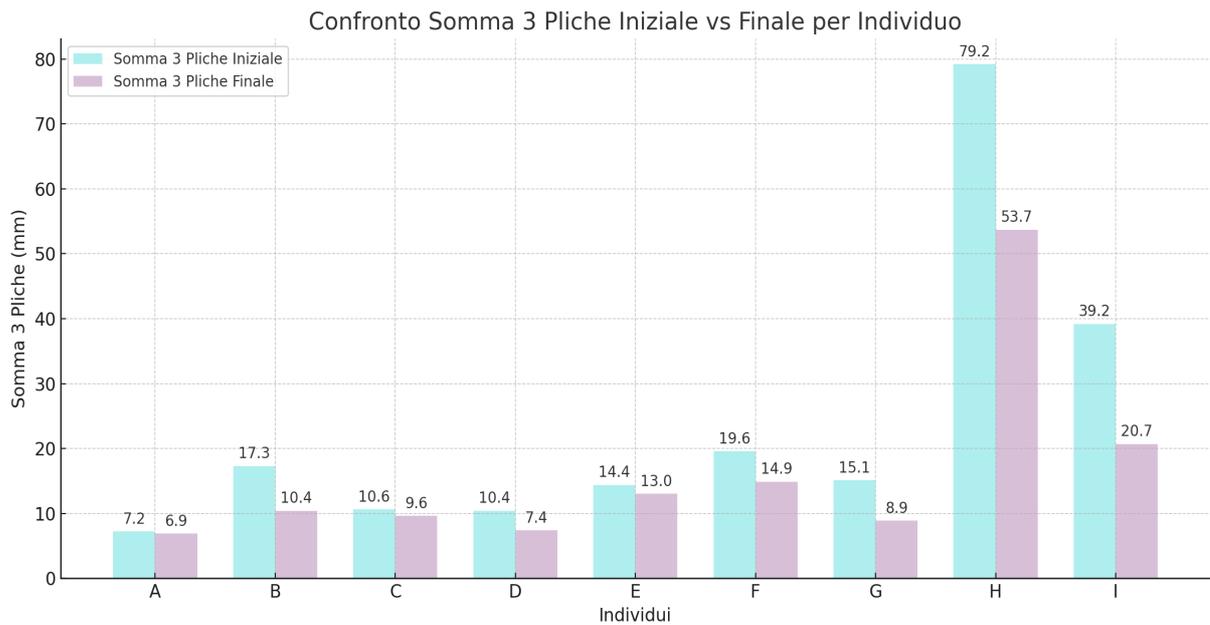
Un ulteriore aspetto analizzato in questo studio riguarda la variazione della somma delle tre pliche cutanee. I risultati di queste misurazioni sono rappresentati graficamente nel *Grafico 13* e nel *Grafico 14*.



*Grafico 13*

Nella prima parte del grafico, le barre color azzurro indicano i valori misurati all'inizio dello studio (T0); le barre color viola, invece, mostrano la variazione di tali misure al termine dello studio (T1).

Il *Grafico 14* permette un'esatta percezione delle variazioni nella somma delle tre pliche cutanee di ciascun soggetto.



*Grafico 14*

Si evidenzia un calo generale tra i soggetti studiati, con la mediana delle pliche cutanee che passa da 14.4 mm al T0, e scende a 10.4 mm, con una variazione di 4.4 mm.

Il soggetto H evidenzia la variazione maggiore (25,5 mm), nella somma pliche rilevate al T0 (79.2 mm) e al T1 (53.7 mm).

I risultati dell'analisi statistica (p-value= 0.003906) mostrano variazione statisticamente significativa (p-value<0.05).

## 8. DISCUSSIONE

La ricomposizione corporea, considerata come un processo di ottimizzazione fisiologica mirata alla riduzione della massa grassa (FM) e all'aumento della massa magra (FFM), principalmente muscolare, trova nelle sinergie tra regime alimentare e programma di allenamento i suoi fattori determinanti. La progressione coordinata di tali interventi è cruciale per il raggiungimento degli obiettivi di ricomposizione.

Nonostante la letteratura scientifica presenti una limitata quantità di pubblicazioni riguardanti studi su popolazioni coinvolte in progetti di ricomposizione corporea, nel dominio della nutrizione, le divergenze tra i vari regimi dietetici si manifestano chiaramente, ognuno con le sue peculiarità distintive.

Lo studio condotto da *Aragon nel 2017* esamina una varietà di archetipi dietetici, dall'approccio chetogenico (KD) a quello a basso contenuto di grassi (LFD), evidenziando come un deficit calorico sia cruciale per promuovere la perdita di massa grassa (Aragon AA, 2017). Inversamente, per favorire l'aumento della massa muscolare è necessario un apporto calorico superiore al fabbisogno, ponendo particolare attenzione all'assunzione di proteine, essenziali per stimolare la sintesi proteica e contrastare la degradazione muscolare. In questo contesto, viene proposto un consumo proteico di 2,3-3,1 g/kg di massa magra libera da grasso (FFM). (Ralf Jäger1, 2017).

Studi precedenti (Calle EE, 1999) hanno evidenziato una correlazione diretta tra sovrappeso e un incremento nel rischio di sviluppare condizioni cardiometaboliche, ipertensione, artrite e diabete di tipo 2, ribadendo l'importanza del mantenimento di un peso corporeo all'interno dei limiti stabiliti dall'indice di massa corporea (BMI) come salvaguardia della salute. Un ulteriore strumento

diagnostico ampiamente utilizzato è il rapporto vita-fianchi (WHR), che offre indicazioni aggiuntive sulla distribuzione del tessuto adiposo; valori di WHR superiori a 0,90 negli uomini e 0,85 nelle donne sono associati a un elevato pericolo di malattie cardiovascolari, diabete e tumori. (Duren DL, 2008)

In generale, uomini con un WHR superiore a 1,0 e donne con uno superiore a 0,85 sono considerati ad alto rischio. (Nishida C, 2010)

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) classifica l'obesità utilizzando criteri quali l'indice di massa corporea (BMI) e la misurazione della circonferenza della vita. Tuttavia, l'affidabilità del BMI come unico indicatore di obesità è limitata, in particolar modo per gli individui con alta massa muscolare come gli atleti, dove il BMI può non riflettere accuratamente la composizione corporea e può portare a una valutazione errata dello stato di salute. Ciò evidenzia la necessità di integrare il BMI con altri metodi di valutazione che considerino sia la massa grassa che quella muscolare per fornire una stima più accurata dello stato di salute e del benessere di un individuo.

In questo contesto, emerge la necessità di integrare il BMI con misurazioni antropometriche avanzate, adottando un approccio bidimensionale che distingua chiaramente massa magra e massa grassa (McArdle, 2015). Questa metodologia non solo consente di contestualizzare il peso corporeo con maggiore precisione ma anche di acquisire una valutazione dettagliata e personalizzata della composizione corporea, superando i limiti del BMI. L'adozione di questa prospettiva bidimensionale si dimostra fondamentale per gli atleti, per i quali il BMI non rappresenta un affidabile indicatore di salute, consentendo una valutazione più accurata e l'elaborazione di strategie interventistiche mirate a promuovere il benessere fisico e la prevenzione delle patologie legate all'adiposità.

In coerenza con le considerazioni precedentemente esposte, i risultati di questo studio avvalorano l'insufficienza del BMI come unico indicatore per la valutazione della composizione corporea in soggetti atletici. Nel *Grafico 8*, che illustra BMI all'inizio e alla fine del protocollo, si osserva che gli individui B, C, D, e F sono classificati come 'sovrappeso' secondo i criteri del BMI.

Tuttavia, un'analisi più approfondita tramite la somma delle 3 pliche cutanee, riconosciuta come misura antropometrica avanzata per la stima delle percentuali di massa magra (FFM) e massa grassa (FM), rivela che questi quattro soggetti vantano prestazioni atletiche di alto livello. Tale constatazione è ulteriormente validata nei *Grafici 11 e 12*, dove sono esposte le variazioni della somma delle tre pliche cutanee ai tempi T0 e T1. Queste misurazioni evidenziano l'effettiva composizione corporea degli atleti, confermando l'inadeguatezza del BMI come solo parametro di riferimento per un'accurata valutazione dello stato fisico in individui con elevata performance atletica.

Parallelamente, anche *il peso*, nonostante sia un parametro comunemente utilizzato in ambito clinico, presenta limitazioni significative. È correlato all'insorgenza di diverse patologie, quali diabete, artrite e ipertensione, ma non fornisce un quadro preciso della composizione corporea in termini di rapporto tra massa muscolare e grassa, né considera la struttura ossea dell'individuo. (Calle EE, 1999)

Il *Grafico 2* illustra l'andamento del peso corporeo dei partecipanti, tracciando le variazioni dal punto di partenza (T0) alla fine del periodo di studio (T1). Si riscontra una tendenza generale alla diminuzione del peso tra i soggetti, segnalando potenziali effetti positivi delle strategie nutrizionali e di allenamento impiegate. In particolare, l'individuo B mostra una notevole riduzione di peso (con un passaggio da 89,4 kg a 86,1 kg), un indicatore che suggerisce un esito favorevole del programma.

L'analisi del soggetto C rivela un aspetto fondamentale del processo di ricomposizione corporea. Nonostante la mancanza di variazione nel peso totale, come documentato nel *Grafico 9*, si è verificata una riduzione notevole nello spessore complessivo della somma delle 3 pliche cutanee (*Grafico 13*). Questo dato è indicativo di una trasformazione corporea sostanziale, che si manifesta con un incremento della massa muscolare in concomitanza con una riduzione del tessuto adiposo. (Fosbøl MØ, 2015) . Questo tipo di cambiamento è esattamente in linea con gli obiettivi prefissati di tali programmi di ricomposizione.

Tale evidenza è fondamentale per contestare la nozione diffusa che vede la perdita di peso come unico indicatore di miglioramento nella ricomposizione corporea. Il caso del soggetto C illustra come possano avvenire notevoli cambiamenti nella composizione corporea a prescindere dalla massa totale, portando a benefici sostanziali sia dal punto di vista della salute sia estetico. Questo enfatizza l'importanza di andare oltre il semplice dato del peso corporeo e di considerare una valutazione più olistica e dettagliata nella misurazione dei progressi.

Interessante notare che anche per gli individui G e H, che in questo caso sono donne, si è verificata una diminuzione del peso. Questo dato conferma l'efficacia del protocollo di ricomposizione corporea anche nel campione femminile e pone l'accento sulla necessità di un'analisi differenziata per sesso nelle risposte al trattamento. Tuttavia, simili alle loro controparti maschili, una valutazione basata esclusivamente sul peso non può determinare se tale perdita sia attribuibile alla massa grassa, alla massa muscolare o a entrambe. Il calo di peso osservato nei partecipanti rafforza il concetto che il peso può servire da indicatore iniziale dei cambiamenti corporei, ma deve essere integrato con altre misure per valutare accuratamente l'efficacia di un intervento di ricomposizione corporea.

La *circonferenza addominale* emerge come una misura antropometrica di grande rilevanza clinica, soprattutto per la sua forte correlazione con i rischi metabolici e di salute generale, inclusa l'associazione con una maggiore mortalità dovuta all'obesità. Un aumento della circonferenza addominale, sia negli uomini che nelle donne, è associato a un rischio più elevato di sviluppare patologie cardiovascolari. (Lim S, 2014)

Dall'analisi del *Grafico 11* si evince una generale riduzione della circonferenza addominale per la maggior parte dei partecipanti, il che è indicativo di una possibile diminuzione del tessuto adiposo viscerale che rappresenta un obiettivo significativo in termini di miglioramento della salute. (Nishida C, 2010).

Ogni partecipante presenta una propria storia unica di cambiamento, suggerendo una risposta individualizzata al programma di intervento. Ad esempio, l'individuo A mostra un cambiamento marginale nella circonferenza addominale, suggerendo che altri fattori, come la genetica o il regime di allenamento specifico e la dieta, possono aver influenzato meno la riduzione del grasso in questa area. D'altro canto, soggetti come B e I hanno registrato una riduzione più marcata, che potrebbe essere interpretata come una risposta ottimale alle strategie adottate nel programma.

La diminuzione significativa della circonferenza addominale osservata nei partecipanti D, E, F e H indica che il programma di ricomposizione corporea potrebbe avere inciso positivamente sulla riduzione del grasso addominale.

Per la quantificazione del grasso corporeo e la sua distribuzione, è stata privilegiata *la somma delle tre pliche* cutanee, ritenuta un indicatore più affidabile rispetto alle stime convenzionali di massa grassa. Questa preferenza si fonda sulla capacità di tale misura di riflettere accuratamente le variazioni nella composizione corporea, superando le potenziali inesattezze delle stime di

massa grassa tradizionali. Di conseguenza, l'analisi della somma delle pliche è emersa come un indicatore chiave per la valutazione dell'efficacia degli interventi di ricomposizione corporea, fornendo una stima più diretta e significativa dei cambiamenti avvenuti.

Il *Grafico 13* illustra una comparazione dettagliata della somma delle tre pliche cutanee per ciascun partecipante, misurata prima e dopo il periodo di intervento. I risultati evidenziano una riduzione significativa nella somma delle pliche cutanee in ogni soggetto, indicando una diminuzione del grasso sottocutaneo attribuibile alle modifiche apportate dal programma alimentare e di esercizio fisico. Tuttavia, non è possibile stabilire con certezza se tale riduzione sia dovuta principalmente al cambiamento nella dieta o all'attività fisica. Questo aspetto potrebbe rappresentare un interessante punto di partenza per ricerche future, che potrebbero esplorare in modo più approfondito quale dei due metodi, nutrizionale o di allenamento, abbia maggiormente contribuito alla diminuzione delle pliche cutanee.

Nel caso specifico del soggetto H, che è una donna, si osserva la riduzione più significativa, con una variazione marcata da 79.2 mm a 53.7 mm. Questo notevole cambiamento sottolinea un'effettiva riduzione del tessuto adiposo e potrebbe riflettere una trasformazione positiva verso una composizione corporea più salutare. L'importanza di tale miglioramento non può essere sottovalutata, in quanto è ampiamente riconosciuto che la diminuzione del grasso sottocutaneo è frequentemente associata a vantaggi salutari, in particolare per quanto riguarda la riduzione dei rischi cardiovascolari e metabolici. (Fosbøl MØ, 2015) .

Il presente studio, pur non analizzando approfonditamente gli effetti benefici sul piano fisiologico, mette in luce la considerevole rilevanza del tema per le future indagini scientifiche. Con un campione di dimensioni contenute, questo lavoro aspira a promuovere la realizzazione di successive ricerche

prospettiche, sottolineando il significativo potenziale dell'argomento esaminato.

## 9. PROSPETTIVE FUTURE E CONCLUSIONI

Nel settore della salute e del benessere fisico, la trasformazione della composizione corporea rappresenta un elemento chiave, mirando specificamente a ridurre la percentuale di tessuto adiposo e ad aumentare o mantenere la massa muscolare. Questa finalità assume un'importanza rilevante sia per gli atleti che per coloro che desiderano elevare il proprio benessere fisico e migliorare l'estetica corporea, differenziandosi significativamente dal mero obiettivo di perdita di peso per focalizzarsi piuttosto a una trasformazione qualitativa del corpo.

Nel presente studio, è stato esaminato in modo approfondito il fenomeno della ricomposizione corporea, indagando le sue dinamiche e gli effetti di specifici interventi su un gruppo scelto. Mediante l'impiego di metodologie di ricerca rigorose e analisi statistiche, si sono ottenuti risultati significativi che non solo arricchiscono la letteratura esistente ma offrono anche preziose indicazioni pratiche per il settore della salute e del fitness.

I risultati dello studio hanno evidenziato che una combinazione di alimentazione, caratterizzata da un deficit calorico variabile, e costante esercizio fisico contro resistenza, produce risultati ottimali in termini di ricomposizione corporea. Ciò si traduce in un miglior equilibrio tra massa grassa (FM) e massa magra (FFM), favorendo quest'ultima.

Tuttavia, lo studio corrente ha rilevato una notevole eterogeneità nelle risposte individuali ai protocolli, come dimostrato dall'assenza di tendenze dominanti nei dati raccolti. Questo sottolinea la necessità di effettuare analisi accurate e dettagliate per identificare l'effetto specifico del protocollo su ciascun partecipante, un passo essenziale per assicurare una valutazione completa e precisa dei risultati emersi. Nonostante l'importanza dei contributi forniti dalla nostra ricerca, la dimensione limitata del campione richiede una

generalizzazione cauta dei risultati, che devono essere considerati indicativi anziché definitivi.

Questo studio rappresenta un significativo passo avanti nella comprensione del processo di ricomposizione corporea, un ambito ancora relativamente inesplorato nel campo della salute e del fitness. La seguente ricerca, ha rivelato risultati promettenti che meritano ulteriori indagini.

È innegabile che il campo della ricomposizione corporea sia vasto e complesso, con molteplici variabili che influenzano i risultati individuali.

In considerazione di ciò, si sottolinea la necessità di studi futuri che impieghino campioni più ampi e diversificati. Questo permetterebbe di comprendere meglio l'efficacia dei diversi protocolli di ricomposizione corporea su una varietà più ampia di popolazioni. Inoltre, ricerche successive potrebbero esplorare in dettaglio gli effetti a lungo termine dei programmi di ricomposizione corporea, sia in termini di salute fisica che di benessere psicologico.

Un altro aspetto fondamentale da considerare nei futuri studi è l'interazione tra vari fattori come la genetica, lo stile di vita e le condizioni ambientali. Questi elementi possono influenzare significativamente l'esito dei programmi di ricomposizione corporea e devono essere attentamente analizzati.

Inoltre, è importante valutare l'impiego di tecnologie avanzate e metodi innovativi nel monitoraggio e nella personalizzazione dei programmi di ricomposizione corporea. L'uso di tali strumenti potrebbe non solo migliorare l'efficacia di tali programmi, ma anche fornire dati più accurati e dettagliati per future ricerche.

In definitiva, mentre il seguente studio ha gettato luce su alcune dinamiche fondamentali della ricomposizione corporea, esso apre anche la strada a un'esplorazione più profonda e capillare di questo affascinante campo.

L'aspirazione è che il lavoro presente possa fungere da trampolino di lancio per ricerche future, contribuendo a una comprensione più completa e a un'applicazione più efficace delle strategie di ricomposizione corporea a beneficio della salute e del benessere a lungo termine.



## 10. BIBLIOGRAFIA

- Andrea, B. (2020). *Project Nutrition*.
- Aragon AA, S. B.-R. (2017, Jun). *International society of sports nutrition position stand: diets and body composition*. Tratto da PubMed: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5470183/>
- BROZEK J, K. A. (s.d.). *The evaluation of leanness-fatness in man; norms and interrelationships*. Tratto da PubMed.
- BROZEK J, K. A. (s.d.). *The evaluation of leanness-fatness in man; norms and interrelationships*. Tratto da PubMed.
- BROZEK J, K. A. (s.d.). *The evaluation of leanness-fatness in man; norms and interrelationships*. . Tratto da PubMed.
- Calle EE, T. M. (1999). *PubMed*. Tratto da Body-mass index and mortality in a prospective cohort of U.S. adults. N Engl J Med. 1999: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10511607/>
- CREA. (2017). Linee guida per una sana alimentazione. In G. c. Lorenzo Barnaba. CREA.
- Duren DL, S. R. (2008). In *J Diabetes Sci Technol*.
- Duren DL, S. R. (2008). *Body composition methods: comparisons and interpretation*. Tratto da J Diabetes Sci Technol.
- Duren DL, S. R. (2008). *Body composition methods: comparisons and interpretation*. Tratto da J Diabetes Sci Technol. : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19885303/>
- Duren DL, S. R. (2008). Body composition methods: comparisons and interpretation. In *J Diabetes Sci Technol*.
- Ferraro R, L. S. (1992). *Lower sedentary metabolic rate in women compared with men*. *J Clin Invest*. . Tratto da PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1522233/>
- Fogelholm M, v. M. (s.d.). *Comparison of body composition methods: a literature analysis*. Tratto da PubMed: Eur J Clin Nutr. 1997 Aug;51(8):495-503. doi: 10.1038/sj.ejcn.1600448. PMID: 11248873.
- Fosbøl MØ, Z. B. (2015). *Contemporary methods of body composition measurement*. Tratto da Clin Physiol Funct Imaging.: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24735332/>
- Greco, E. P. (2017, aprile 11). *Valutazione del dispendio energetico*. *L'Endocrinologo 18 (Suppl 1)*. Tratto da <https://link.springer.com/article/10.1007/s40619-017-0289-z#citeas>
- Hunter, G. R. (2012, September 06). *Assessment of Free-Living Physical Activity in Humans: An Overview of Currently Available and Proposed New Measures*. Tratto da Wiley Online Library: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1038/oby.2001.48>
- Jackson AS, P. M. (1978). Generalized equations for predicting body density of men.
- Keys A, T. H. (1973). *Basal metabolism and age of adult man*. *Metabolism*. Tratto da PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4696902/>
- Lim S, M. J. (2014, September). *Links between ectopic fat and vascular disease in humans*. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*.

- Lohman, T. G. (s.d.). *The Use of Skinfold to Estimate Body Fatness on Children and Youth*, *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*.
- McArdle, K. F. (2015). *Exercise Physiology – Nutrition, Energy and Human Performance*.
- Nishida C, K. G. (2010). *Body fat distribution and noncommunicable diseases in populations: overview of the 2008 WHO Expert Consultation on Waist Circumference and Waist-Hip Ratio*.
- Plowman SA, S. D. (2007). *Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Ralf Jäger<sup>1</sup>, C. M.-R. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*.
- Ravussin E, B. C. (1992). *Energy balance and weight regulation: genetics versus environment*. Tratto da *British Journal of Nutrition*.
- Shephard RJ, 1. (s.d.). Tratto da [https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=yFmMTMoqcLYC&oi=fnd&pg=PP13&dq=Shephard+RJ,+1991.&ots=-awVw1t9dl&sig=zKnwyMGjKWGhi503GXqc-rDBnMw#v=onepage&q=Shephard%20RJ%2C%201991\).&f=false](https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=yFmMTMoqcLYC&oi=fnd&pg=PP13&dq=Shephard+RJ,+1991.&ots=-awVw1t9dl&sig=zKnwyMGjKWGhi503GXqc-rDBnMw#v=onepage&q=Shephard%20RJ%2C%201991).&f=false)
- Steinkamp RC, C. N. (1965). *Measures of body fat and related factors in normal adults. I. Introduction and methodology*. *J Chronic Dis*. 1965 Dec. Tratto da PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5852580/>
- William D. McArdle, F. I. (2009). *EXERCISE PHYSIOLOGY Nutrition, Energy, and Human Performance*. Wolters kluwer.