



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA
VITA (DISTAV)

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN BIOLOGIA APPLICATA E SPERI-
MENTALE

Curriculum ALIMENTI E NUTRIZIONE

**Nutrizione e integrazione alimentare nella pratica sportiva dilettan-
tistica: confronto tra sport di potenza e sport di resistenza**

Relatori:

Prof.ssa Ilaria Demori

Dott.ssa Mariaisabella Ghignotti

Dott.ssa Silvia Cremonti

Correlatore:

Prof.ssa Laura Sturla

Candidato:

Davide Bergamini

Anno accademico 2022/2023

INDICE:

INTRODUZIONE.....	pag 4
1. Fisiologia dell'esercizio fisico.....	pag 4
1.1 L'allenamento e il principio di sovraccarico.....	pag 4
2. Il muscolo scheletrico e la contrazione muscolare.....	pag 6
2.1 Meccanismi di contrazione muscolare.....	pag 8
2.1.1 Ruolo dell'ATP nella contrazione muscolare.....	pag 9
3. Biochimica del muscolo scheletrico e ipertrofia muscolare.....	pag 10
3.1 Sistemi energetici.....	pag 11
3.1.1 Sistema anaerobico alattacido.....	pag 11
3.1.2 Sistema anaerobico lattacido.....	pag 12
3.1.3 Sistema aerobico o ossidativo.....	pag 13
3.2 La β -ossidazione e la via metabolica ossidativi degli ac.grassi..	pag 15
3.3 Ossidazione ed energopoiesi da sostanze proteiche.....	pag 18
4. Macronutrienti nella dieta dello sportivo.....	pag 19
4.1 Glucidi.....	pag 19
4.2 Proteine e amminoacidi.....	pag 22
4.3 Lipidi.....	pag 24
5. Equilibrio idrico-salino nello sport e nel fitness.....	pag 25
6. Integrazione e supplementazione nello sport.....	pag 27
6.1 Integratori e supplementi plastici.....	pag 28
6.2 Integratori e supplementi energetici.....	pag 32
7. Nutrizione e supplementazione negli sport di potenza.....	pag 35
7.1 Sport di potenza e macronutrienti.....	pag 36

8. Nutrizione e supplementazione negli sport di resistenza.....	pag 38
8.1 Fabbisogno energetico.....	pag 39
8.2 Macronutrienti e micronutrienti.....	pag 39
8.3 Alimentazione specifica per la competizione o gara.....	pag 41
9. Scopo della tesi.....	pag 43
MATERIALI E METODI.....	pag 44
1. Anamnesi alimentare.....	pag 44
1.1 Anamnesi patologica personale e familiare.....	pag 45
2. Valutazione della composizione corporea.....	pag 46
2.1 Bilancia bioimpedenziometrica.....	pag 47
2.2 La bioimpedenziometria.....	pag 50
RISULTATI.....	pag 56
1. Caso studio 1.....	pag 56
2. Caso studio 2.....	pag 70
DISCUSSIONE.....	pag 84
CONCLUSIONE.....	pag 94
RINGRAZIAMENTI.....	pag 94
BIBLIOGRAFIA.....	pag 95
SITOGRAFIA.....	pag 100

INTRODUZIONE:

1. Fisiologia dell'esercizio fisico

Il corpo umano, durante l'esercizio fisico, va incontro ad una serie di perturbazioni, che alterano la normale fisiologia e biochimica dell'organismo.

Si instaurano quindi dei meccanismi di adattamento allo stimolo stressorico che tendono a ripristinare l'omeostasi dell'organismo. L'omeostasi può essere definita come la capacità del corpo di mantenere un ambiente interno stabile attraverso la regolazione di alcune variabili critiche quali il pH, livelli di ossigeno nel sangue, la concentrazione ematica di glucosio e temperatura corporea.

Qualsiasi perturbazione dell'omeostasi provocherà una serie di risposte regolatorie da parte dell'organismo con l'obiettivo di riportare le variabili critiche a livelli normali.

Praticare un esercizio fisico rappresenta un potente "fattore di disturbo" della normale omeostasi a riposo e più intenso è l'esercizio, maggiore sarà l'impatto su di essa. A seguito di un esercizio fisico intenso i livelli di ossigeno e di glucosio nel sangue tendono a scendere al di sotto dei livelli normali. La temperatura corporea aumenta attivando i processi regolatori termici.

La risposta dell'organismo comprende l'attività di sistema nervoso, respiratorio, cardiovascolare, muscolare che collaborano a ripristinare una condizione di equilibrio fisiologico. (Silverthorn,2020)

1.1 L'allenamento e il principio di sovraccarico

L'allenamento sportivo è definito dal professor Carlo Vittori come "un processo pedagogico-educativo complesso che si concretizza nell'organizzazione dell'esercizio fisico ripetuto in quantità e con intensità tali da produrre carichi progressivamente crescenti, che stimolino i processi fisiologici di supercompensazione dell'organismo e favoriscano l'aumento delle capacità fisiche, psichiche, tecniche e tattiche dell'atleta."

Il meccanismo d'azione dell'allenamento si basa sui principi di:

- **irritabilità:** capacità di rispondere a stimoli esterni o interni
- **adattamento:** capacità di apportare modificazioni anatomico-fisiologiche in risposta agli stimoli a cui si è ripetutamente sottoposti con lo scopo, ad una successiva esposizione ad essi, di saper reagire meglio al medesimo stress.

Secondo il **principio di sovraccarico**, infatti, lo stress imposto da una singola sessione di allenamento provoca una risposta immediata o acuta da parte del corpo. Tuttavia, se si esercitano numerose sedute di allenamento alla settimana per diversi mesi, il corpo si adatterà nel lungo termine allo stress ripetuto legato alla pratica di un esercizio fisico regolare e costante, abbinato ad un corretto tempo di recupero.

Così ad esempio in risposta a settimane e mesi di allenamento di resistenza (sport di endurance), un classico adattamento cronico consiste nell'aumento del numero dei mitocondri (biogenesi mitocondriale) e dunque della capacità ossidativa propria del muscolo scheletrico.

In sport di forza e di potenza (es. bodybuilding) l'adattamento all'utilizzo di sovraccarichi consiste nel progressivo aumento della massa e del tono muscolare con conseguente maggiore capacità contrattile del muscolo stesso.

Considerando quanto affermato, ne deriva che un'efficace programmazione è caratterizzata dalla seguente sequenza di eventi:

1. Somministrazione del carico (seduta o insieme di sedute di allenamento), che rappresenta l'evento stressorio
2. alterazione dello stato di omeostasi, conseguentemente alla proprietà di irritabilità dell'individuo
3. recupero e paralleli processi rigenerativi (adattamento)
4. livello prestazionale più elevato

Gli ultimi due punti costituiscono quel principio che, nella scienza dell'allenamento, prende il nome di "supercompensazione", ovvero un recupero in eccedenza. Successivamente ad un carico di lavoro allenante, che ha determinato uno stato di stress nell'organismo, si può dire che quest'ultimo "supercompensa" lo stimolo adattando le proprie capacità ad un livello di efficienza superiore.

Tale legge dell'allenamento mette in evidenza l'assoluta importanza della fase di recupero, poiché se si imponesse all'atleta una nuova seduta di allenamento, dal carico elevato, prima che la fase di recupero si sia ultimata, ciò potrebbe rivelarsi controproducente. (Matricoli, 2022).

2. Il muscolo scheletrico e contrazione muscolare

Il muscolo scheletrico è formato da un insieme di cellule piuttosto lunghe, cilindriche e con estremità fusiformi, chiamate fibre muscolari.

In sezione trasversale si osserva che queste fibre sono raggruppate parallelamente in fascicoli ed avvolti da tessuto connettivo (detto perimysio).

Ogni fibra muscolare è un sincizio, formatosi nel corso dello sviluppo embrionale dalla fusione di più mioblasti.

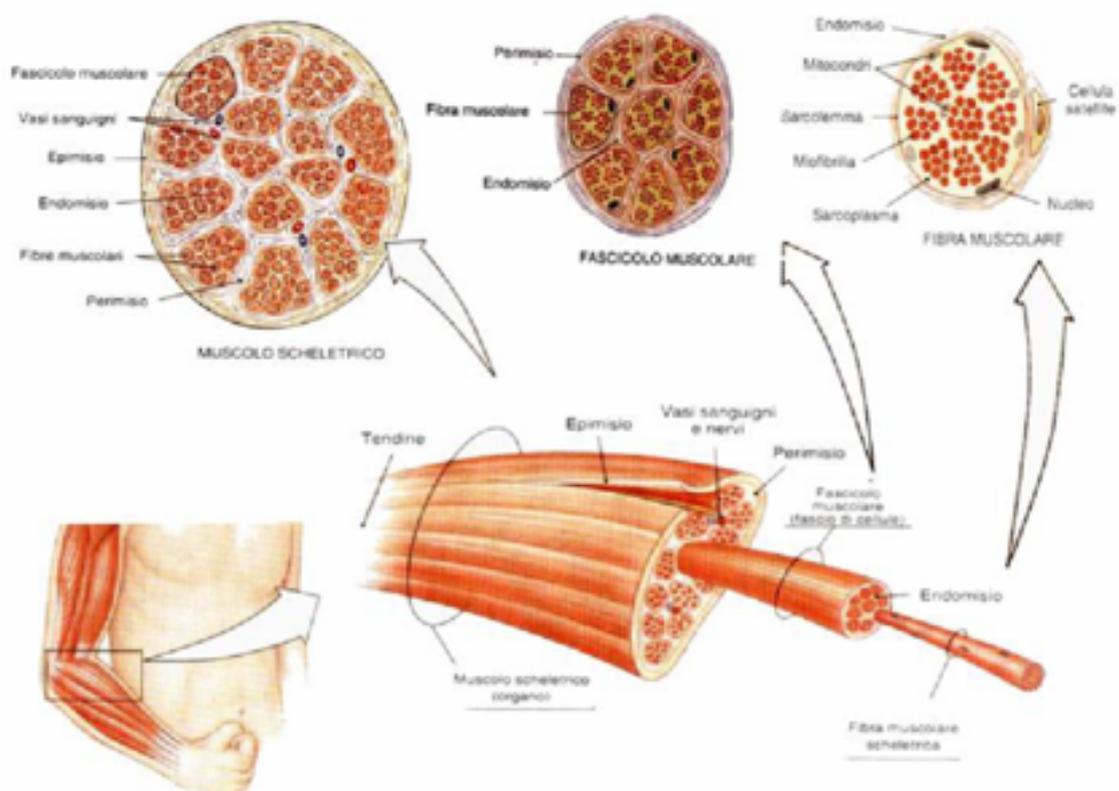


Figura 1. Struttura anatomica del muscolo scheletrico

Ogni fibra muscolare al suo interno è occupata in larga misura dalle **miofibrille**, organizzate in lunghi fasci longitudinali.

La miofibrilla è circondata dal reticolo sarcoplasmatico, un sistema complesso di vescicole e tubuli: lo scopo di questa struttura è quello di accumulare calcio per dare l'avvio alla contrazione muscolare.

La miofibrilla lungo l'asse maggiore manifesta una striatura dovuta all'alternarsi regolare di bande chiare e scure. Le bande scure sono dette bande A; le bande chiare sono dette bande I; ciascuna banda I è divisa in due da una linea scura detta linea Z; ciascuna banda A è divisa in due da una stria scura detta linea H. Il tratto di miofibrilla compresa tra $1/2$ banda I + banda A + $1/2$ banda I è chiamata **sarcomero**.

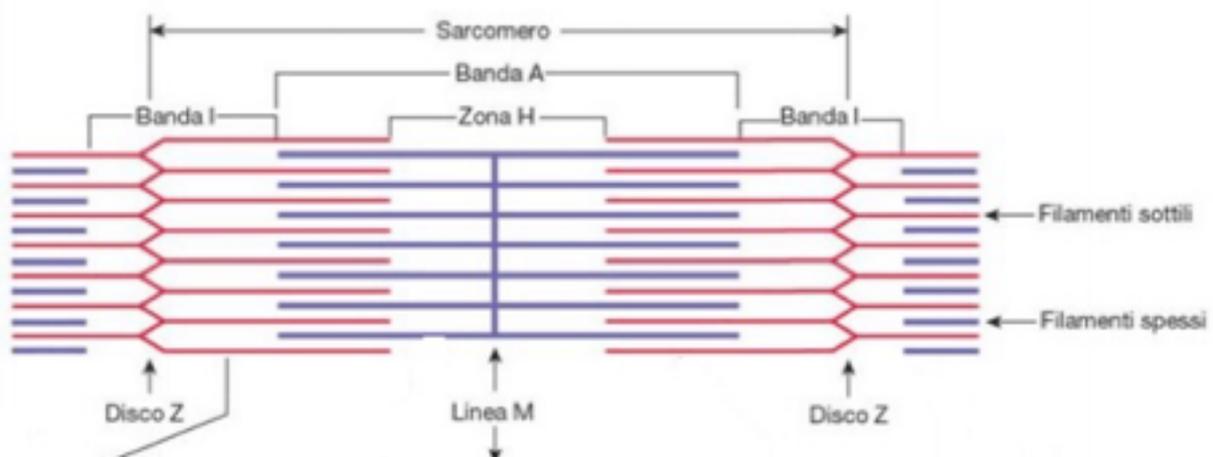


Figura 2. Struttura del sarcomero

Il sarcomero rappresenta l'unità funzionale del tessuto muscolare striato.

Ogni sarcomero al microscopio elettronico appare formato da miofilamenti spessi e sottili. I filamenti spessi sono formati dalla molecola proteica **miosina**, i sottili sono formati dalla molecola proteica **actina**.

I filamenti spessi si trovano al centro del sarcomero e costituiscono la banda A; i filamenti sottili sono ai poli del sarcomero e costituiscono le bande I che arrivano sino alla linea Z.

Durante la contrazione il sarcomero si accorcia per l'avvicinamento delle due linee Z. Si ha quindi una riduzione della banda I mentre rimane invariata la banda A.

Il sarcomero si può accorciare al massimo per il 50% della sua lunghezza.

La contrazione è dovuta allo scorrimento dei filamenti sottili sui filamenti spessi. La forza generata dal muscolo dipende dall'azione dei ponti trasversi (cross-bridge). (Siverthorn,2020)

2.1 Meccanismi molecolari di contrazione muscolare

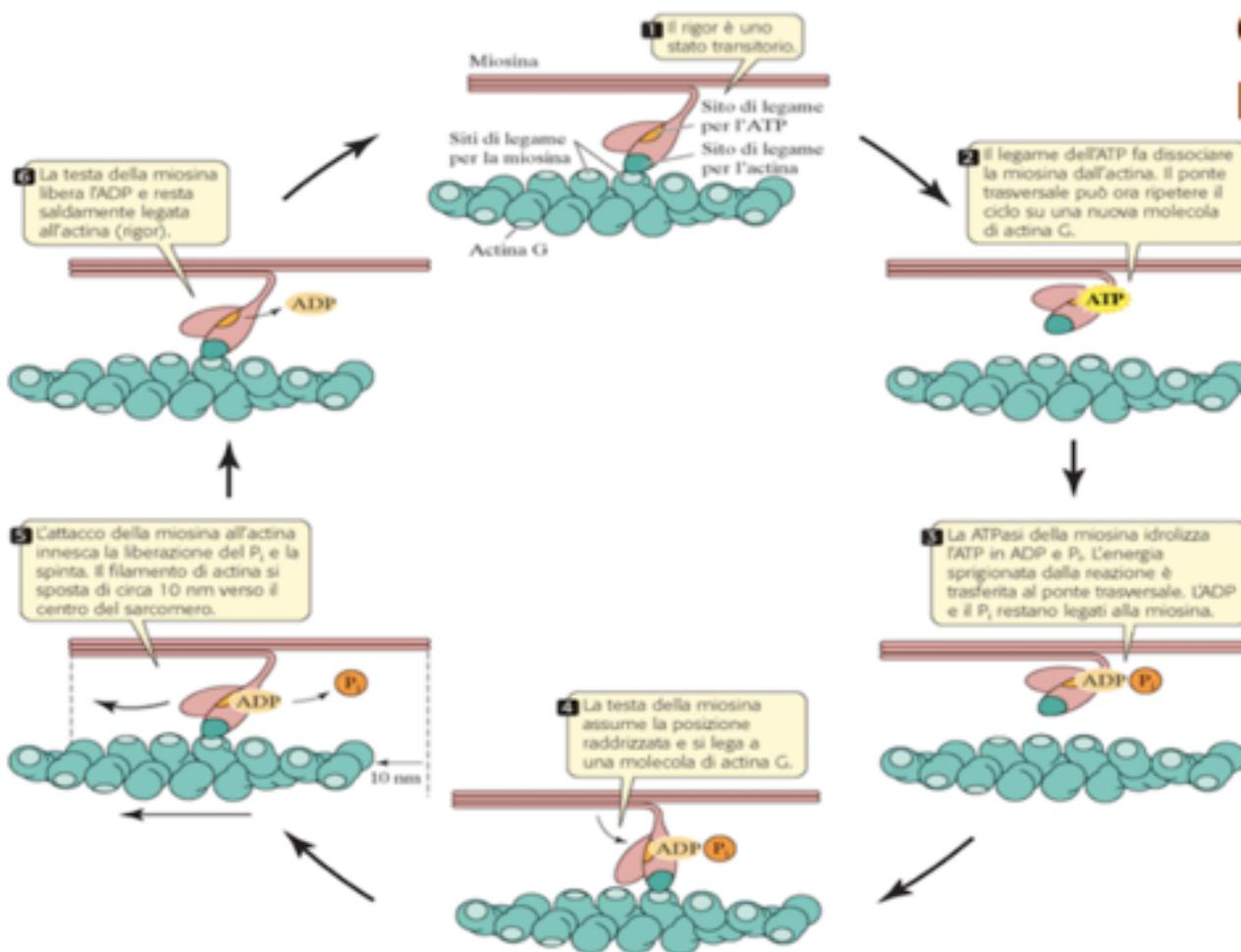


Figura 3. Ciclo di attività dei ponti trasversali durante la contrazione muscolare

Durante la fase di attacco i ponti generano forza, questo a sua volta determina lo scorrimento dei filamenti di actina (avanzamento di 8-12 nm, movimento a remo).

Ciò porta al distacco dei ponti ed attacco a nuovi siti di actina.

Il segnale di innesco della contrazione muscolare è rappresentato da un incremento della concentrazione intracellulare di **Ca²⁺**.

Il legame del Ca²⁺ alla troponina determina un cambiamento conformazionale della troponina che si ripercuote sulla tropomiosina, la quale viene spostata più profondamente nel solco del doppio filamento di actina, rendendo liberi i siti di attacco dell'actina per la miosina.

4 ioni Ca²⁺ si legano alla troponina C inducendone un cambiamento conformazionale. In seguito a questa variazione conformazionale la tropomiosina si sposta e scopre il sito sull'actina di legame per la miosina.

L'ATPasi miosinica idrolizza l'**ATP** liberando l'energia necessaria per consentire la rotazione della testa di miosina che spinge l'actina verso il centro del sarcomero.

La testa si stacca, torna alla posizione di partenza e si attacca ad un'altra molecola di actina.

Il ciclo procede per tutta la durata della contrazione. (McArdle et al., 2011)

2.1.1 Ruolo dell'ATP nella contrazione muscolare

L'ATP svolge quattro ruoli importanti nella contrazione muscolare:

1. Consente il distacco della miosina dall'actina
2. Consente il trasferimento di energia alla testa della Miosina
3. Permette il trasporto attivo del Ca²⁺ nel reticolo sarcoplasmatico

4. Consente la costante attività della Na⁺-K⁺-ATPasi che genera e mantiene i gradienti di concentrazione del Na⁺ e del K⁺, fondamentali per la genesi del potenziale d'azione. (McArdle et al.,2011)

3. Biochimica del muscolo scheletrico e ipertrofia muscolare

La struttura funzionale ed ultrastruttura del muscolo scheletrico permettono di tracciare un modello delle vie energopoietiche. La disponibilità di nutrienti condiziona la distribuzione dei mitocondri nella cellula e le loro caratteristiche di efficienza metabolica; una carenza non permette "l'adattamento" dei mitocondri stessi e addirittura può dar luogo ad una risposta compensativa inadeguata che si configura con mitocondri di volume aumentato e con alterazioni evidenti della struttura e morfologia non solo dei mitocondri ma anche dell'intera fibra (Aw and Jones 1989).

La "miscela di carburante" che alimenta l'esercizio, dipende da: **Intensità** dello sforzo, **Volume** (durata) dello sforzo e poi dallo **stato nutrizionale** iniziale e dallo **stato di allenamento** dell'atleta.

Si noti che l'atleta ha le stesse esigenze nutrizionali richieste dall'individuo sano sedentario, tranne che per le richieste energetiche.

L'energia è ottenuta per ossidazione di differenti substrati attraverso vie metaboliche diverse e anche topograficamente separate: la via glicolitica di Embden-Meyerhof, lo shunt dei pentosi fosfati, la β- ossidazione degli ac. grassi, e finalmente il ciclo di Krebs degli ac.tricarbossilici.

L'energia prodotta nell'ossidazione dei substrati tramite la catena di trasporto elettronico mitocondriale produce nucleotidi fosfati (TAN = Total Adenine Nucleotides) e in particolare è l'ATP l' unica sorgente di energia spendibile per il lavoro muscolare: contrazione-decontrazione, mantenimento e omeostasi dei gradienti ionici cellulari, spesa energetica delle vie del metabolismo cellulare.

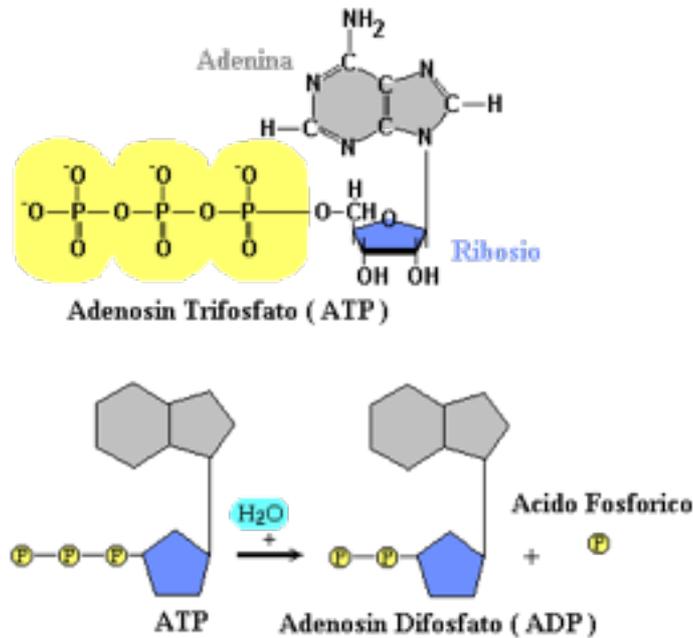


Figura 4. Struttura di nucleotidi fosfati: ATP e ADP

3.1 Sistemi energetici

Per potere risintetizzare continuamente ATP occorre attingere a vari sistemi.

3.1.1 Sistema Anaerobico Alattacido [sistema del (CP) creatin-fosfato]

In questo sistema CP permette la riosforilizzazione dell'ADP in ATP (reazione di Lohmann) assicurando il mantenimento della contrazione muscolare. Questo sistema dipende dalla concentrazione del CP il cui contenuto nel muscolo è di 4 volte superiore a quello dell'ATP già presente.

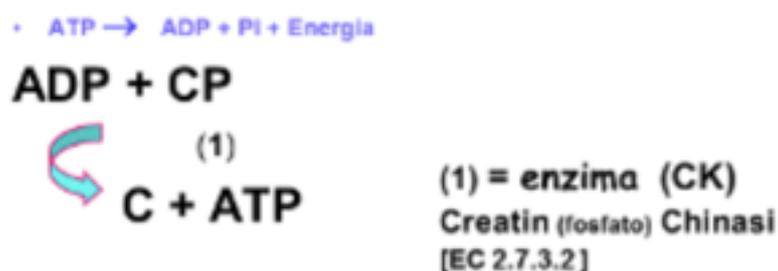


Figura 5. Reazione di Lohmann



Anche espresso come: $\text{MgADP}^- + \text{PCr} + \text{H}^+ \rightarrow \text{MgATP}^{2-} + \text{Creatina}$

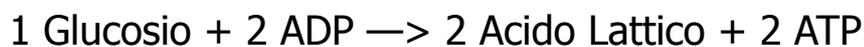
Costante della reazione per pH = 7.0:

$$[K = \frac{[\text{ATP}] * [\text{Creatina}]}{[\text{ADP}] [\text{PCr}] + \text{H}^+} = 100]$$

Questo sistema è molto potente ma ha bassa capacità e l'energia prodotta è disponibile per un tempo comunque breve (8/10"). (Aw TY et al., 1989).

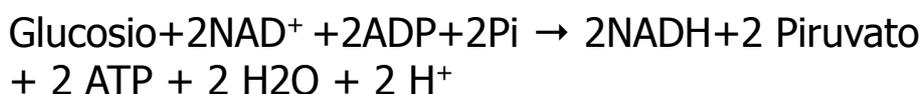
3.1.2 Sistema anaerobico lattacido o sistema della glicolisi anaerobica lattacida.

In questa via metabolica l'energia viene prodotta attraverso la via che va dal glicogeno (zucchero di deposito epatico e muscolare) ad acido piruvico e infine per bassa pressione parziale dell'O₂ (pp O₂) ad acido lattico.



Quindi da una mole di Glucosio si ottengono 2 molecole di ATP con formazione di Acido Lattico. Da un punto di vista energetico bisogna ancora considerare il diverso destino dei prodotti di questa via metabolica: l'Ac. Piruvico entra nel ciclo di Krebs in condizioni di disponibilità di O₂ mentre in condizioni di scarsa disponibilità di O₂ è preferenziale la via di formazione del lattato.

Il guadagno complessivo derivante dalla glicolisi risulta pertanto di due molecole di ATP e due di NADH. La reazione complessiva della glicolisi viene così riassunta:



Questo è un sistema potente ed è capace di sostenere uno sforzo non oltre i 120" con ottimizzazione del rendimento intorno ai 40".

3.1.3 Sistema Aerobico o ossidativo

E' caratterizzato da un'ampia necessità di ossigeno per ossidare gli alimenti al fine di ricavare ATP.

In questo metabolismo l'energia viene ricavata da substrati derivati da grassi, carboidrati e scarsamente dalle proteine. Tutti questi substrati vengono ossidati tramite un complesso sistema di reazioni detto ciclo di Krebs alla fine del quale si ottengono molecole di H₂ (idrogeno). L'idrogeno viene poi trasportato (sotto forma di coenzimi NADH e FADH) nella catena respiratoria dalla quale, tramite la fosforilizzazione ossidativa si ottiene l'ATP.

Se il substrato ossidato è il glucosio da una mole di glucosio si ottengono 36 moli di ATP.

Questo metabolismo viene ottimizzato (soprattutto per l'utilizzo energetico dei grassi) dopo 20 minuti; nell'intervallo temporale prima dei 20' viene attivata la glicolisi aerobica.

In vitro la via glicogeno-glicolitica di Embden-Meyerhof-Parnas e il successivo ciclo di Krebs producono 38 moli di ATP per ogni mole (180 g) di glucosio ossidata secondo lo schema: $1 \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 38 \text{ ATP} + \text{calore (400 kcal/mole)}$

Le 2 molecole di ATP prodotte dalla via glicolitica sono quindi solo la frazione iniziale del totale delle molecole di ATP ottenibili in via aerobica, a partire da una molecola di glucosio, che possono arrivare come detto fino a 36/38.

Nella prima tappa fondamentale della glicolisi il glucosio intracellulare viene fosforilato per azione dell'enzima esochinasi e trasformato in glucosio-6-fosfato (G-6-P) con consumo di una molecola di ATP. Nella seconda tappa: per azione di una isomerasi si passa da glucosio-6-P a fruttosio-6-P (F-6-P), che a sua volta è fosforilato a fruttosio-1-6-difosfato per azione della fosfofruttochinasi (PFK).

Questa reazione, cosiddetta "reazione battistrada", costa un ulteriore ATP. La reazione battistrada catalizzata dalla PFK rappresenta probabil-

mente il più importante sito di controllo della pista metabolica: si trova infatti immediatamente a valle del punto di ingresso nella via metabolica degli altri zuccheri semplici come fruttosio e galattosio. In particolare PFK è attivata da un' aumentata concentrazione di ADP, AMP, Pi, ma anche da un aumento dell' NH_4^+ (come si verifica all'interno del ciclo dei purinucleotidi). Anche variazioni del pH condizionano l'attività della PFK: l'alcalosi stimola la PFK mentre l'acidosi la inibisce. L'attività della PFK è inibita da alte concentrazioni di ATP e di CP; ad alte concentrazioni di ATP un'alta concentrazione di citrato inibisce l'attività della PFK, ma la stessa alta concentrazione di citrato stimola PFK a basse concentrazioni ATP.

La relazione tra attività della PFK e concentrazioni di ATP e citrato stabilisce un'importante relazione di controllo tra metabolismo ossidativo di Ac.Grassi e di glucosio.

Il processo glicolitico diviene a questo punto irreversibile: fruttosio-1-6-difosfato viene trasformato, ad opera di due specifici enzimi, in due molecole a tre atomi di carbonio tra loro inter convertibili

Il diidrossiacetone fosfato e la gliceraldeide 3-fosfato.

Le due molecole di gliceraldeide-3-fosfato vengono trasformate in due molecole di piruvato con resa energetica di 4 ATP, e con riduzione di 2 NAD^+ a 2 NADH . (Dal Monte.,1984)

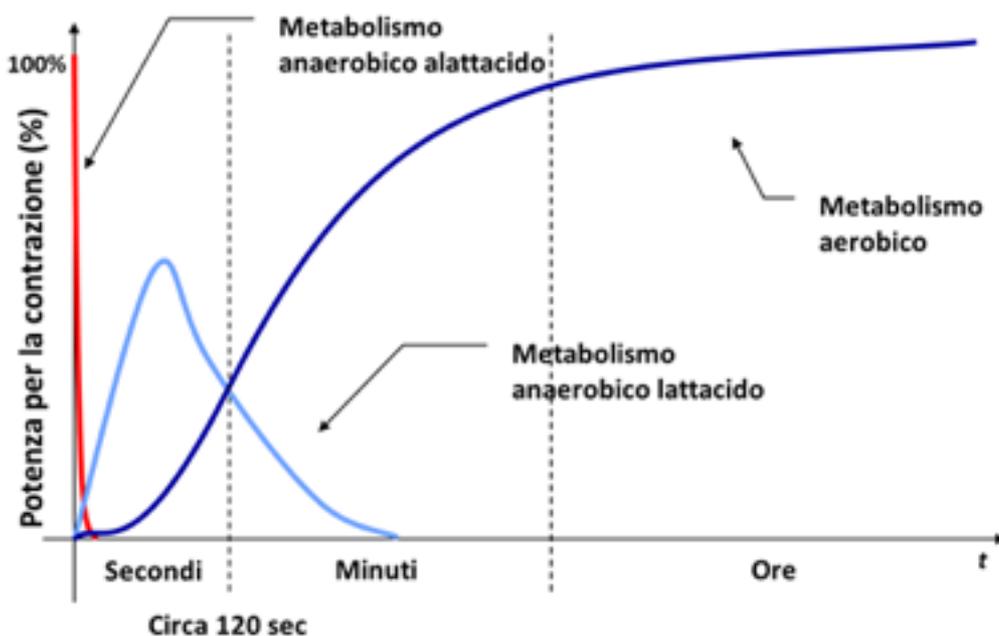


Figura 6. Confronto tra i vari sistemi energetici.

3.2 La β -ossidazione e la via metabolica ossidativa degli Ac. grassi.

La β -ossidazione occorre nel mitocondrio delle cellule e si esercita sugli Ac. Grassi liberi (FFA) risultanti dall'idrolisi dei di/tri-gliceridi dei depositi intra ma soprattutto extracellulari.

Il muscolo importa Ac. Grassi dal torrente circolatorio in funzione della concentrazione di Ac.grassi con la mediazione di un meccanismo a navetta dipendente da Carnitina (Carnitina shuttle), ma li utilizza poi in funzione del suo proprio stato metabolico.

Gli Ac.grassi rilasciati per idrolisi indotta da catecolamina non esterificati o liberi (NEFA o FFA) hanno emivita brevissima ($\pm 2'30''$); circolano in complessi con l'Albumina, maggiore è il rapporto molare Ac. Grassi/Albumina, maggiore la captazione tissutale. Fanno eccezione a quanto suesposto gli FA a catena corta e media (SCFA _ MCFA).

Anche i trigliceridi circolanti, componenti principali delle due classi lipoproteiche dei chilomicroni e delle lipoproteine a bassissima densità (VLDL), sottoposti nel lume dell'endotelio capillare all'azione della Lipoproteinlipase (LPL) liberano FFA. Complessivamente i trigliceridi circolanti ammontano a 1200 mEq/L con emivita di 176 min' e estrazione di 58 mEq/min' ad opera dei diversi tessuti e dei muscoli. Gli FFA circolanti ammontano a 1650 mEq/L con valori di estrazione tissutale pari a circa 444 mEq/L.

Gli Ac.grassi interiorizzati sono legati ad una proteina di trasporto: Fatty Acids Binding Protein (FABP) citoplasmatica, la cui sintesi risente della quota lipidica della dieta. La FABP condiziona la β -ossidazione rendendo disponibili quote diverse di Ac grassi per l'importazione mitocondriale; ma una quota minore degli FFA importati viene immagazzinato sotto la specie di trigliceridi intracellulari. In definitiva, si tratta di un processo attivato tramite un recettore (β -adrenergico) modulato dalla concentrazione delle catecolammine circolanti. Ciò è reso ben evidente dall'effetto di "ripartizione" antineolipogenico e pro lipolitico esercitato dai β_2 stimolanti.

La serie di 3 successive idrolisi (una lipoproteinlipasi stacca il primo acido grasso, seguita da una digliceridasi e una monogliceridasi) permettono la messa a disposizione di FFA e di glicerolo e rappresentano altresì un momento di connessione tra la via glicogeno-glico-litica e la via lipolitica dei trigliceridi per il buon scorrimento della quale bisogna che avvenga

la sottrazione, tramite riesterificazione, degli Ac.grassi a catena lunga, capaci di inibire la lipoproteinlipasi.

Gli FFA attivati a livello della membrana mitocondriale esterna sono sequenzialmente ossidati nel mitocondrio secondo la via detta della β -ossidazione. La reazione di attivazione prevede la spesa di una molecola di ATP e la formazione di un aciladenilato che poi reagisce con CoA a formare Acil-CoA. E' però necessario un sistema di trasporto a scambio Carnitina-dipendente per trasportare gli Acil-CoA a catena lunga all'interno della matrice mitocondriale. La Carnitina è un ac.organico a 4 atomi di carbonio che viene prodotta nel rene e nel fegato.

Si forma dunque un' Acilcarnitina capace di trasferirsi all'interno della matrice mitocondriale dove nuovamente l'Acile viene trasferito al CoA e la Carnitina si rende disponibile per nuove importazioni. (Siliprandi et al., 1990)



Figura7. Struttura Carnitina e attività di Carnitina Aciltransferasi

L'AcilCoA intramitocondriale è ora disponibile per la β -ossidazione.

Esistono almeno due situazioni caratteristiche nel metabolismo intermedio dell'esercizio fisico cui va correlata la funzione del sistema Carnitina dipendente; la prima si verifica quando si usa una grande quantità di Amino Acidi Ramificati (o Branched Chain Aminoacids) come supplemen-

to, la seconda quando si usano Ac.grassi a catena corta e media (MCT o SCT = medium chain Triglycerides o Short Chain Triglycerides).

Nel primo caso si rende disponibile una quota di chetoacidi a catena ramificata (Branched Chain Keto Acids = BCKA) che derivano dai primi passaggi metabolici intramiocitari e che per poter essere sequenzialmente deidrogenati con l'intervento catalizzatore del complesso enzimatico della BCKAD (Branched Chain Keto Acids Dehydrogenase) e infine ossidati, necessitano della continua rimozione dipendente dalla Carnitina dei prodotti intermedi che altrimenti esercitano un controllo a feedback negativo sul complesso enzimatico. La seconda situazione, invece, si crea quando l'introduzione nella razione di gara o nella razione alimentare del periodo di allenamento di Ac.grassi a catena corta e media, rende più veloce il flusso di substrati lipidici ossidabili, in questo caso il sistema carnitina dipendente sembra molto meno coinvolto e il guadagno in termini di tempo rende il processo di β -ossidazione altrettanto potente del sistema glicolitico che viene in tal modo risparmiato.

La potenza di questa pista metabolica è funzione della disponibilità di O_2 e della concentrazione di FAD & NAD in forma ossidata. Sinteticamente il bilancio energetico e' cosi' riassumibile:

Un Ac. Grasso (C_n) fornirà un certo numero ($C_n/2$) di unità di Acil-CoA che verranno ossidate nel Ciclo di Krebs (nella matrice mitocondriale) sino ad $H_2O + CO_2 + Energia$.

Inoltre si produrranno $[(n/2) \cdot 1]$ NADH+ H^+ e altrettanti $FADH_2$ la cui ossidazione nella catena respiratoria renderà 3ATP per ogni NADH + H^+ e 2ATP per ogni $FADH_2$.

La serie di 4 deidrogenazioni degli $(n/2)$ Acetil-CoA produce $3 \cdot (n/2)$ NADH+ H^+ + $1 \cdot (n/2)$ $FADH_2$.

Per l'ac.palmitico (C:16) è:

$8Acetil-CoA \rightarrow 8ATP + 7NADH+H^+ + 7FADH_2 \rightarrow 21ATP+14ATP$
 $24NADH+H^+ + 8FADH_2 \rightarrow 72ATP+16ATP=131ATP$

Un ATP è consumato nella formazione di Acil-CoA a livello citoplasmatico sicché il valore netto della reazione è 130 ATP per ogni 1 Ac. Palmitico ossidato.

Nell'esercizio la captazione di Ossigeno aumenta e insieme numerosi segnali anche costituiti da metaboliti intermedi modulano gli enzimi battistrada delle piste metaboliche e indirizzano al ciclo degli ac. tricarbossilici adeguati rifornimenti di substrati ossidabili. (Aw TY, Jones et al., 1989)

3.3 Ossidazione ed Energopoesi da sostanze proteiche

Lo scheletro carbonioso, dopo la deaminazione, confluisce nel ciclo dell'Ac. Citrico per ricostituire glucosio e glicogeno. In alcuni casi l'Ac. Piruvico funge direttamente da accettore di NH₂ attivando il percorso muscolo-fegato del Ciclo di Cori.

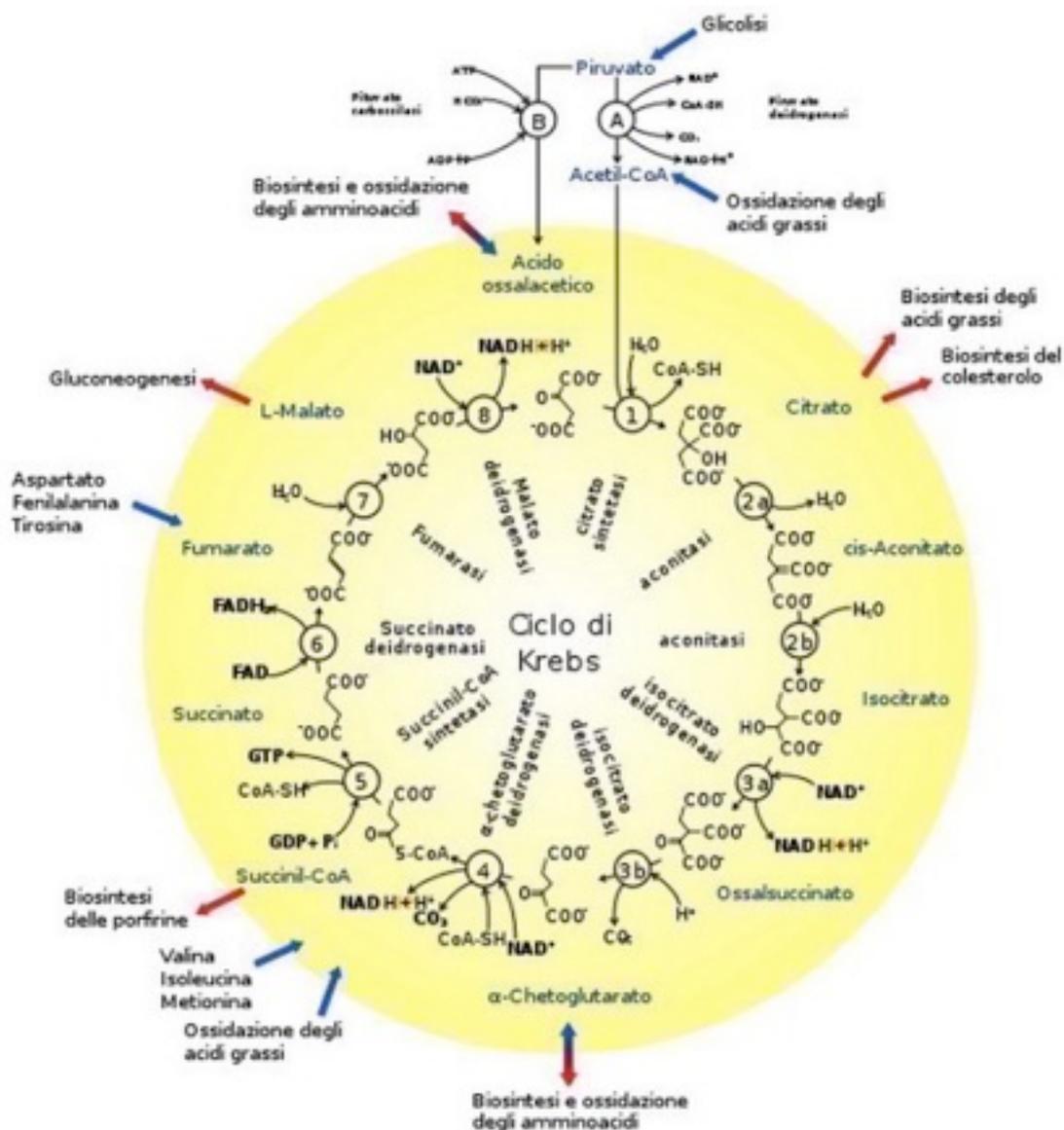


Figura 8. Schema del ciclo di Krebs e intervento dei vari amminoacidi

I più usati a scopo energetico sono i BCAA che vengono transaminati con l'alfa-chetoglutarato ed ossidati.

Il glutammato che si forma può transaminare con il piruvato per mantenere i livelli di alfa-chetoglutarato formando l'Alanina che dalla cellula va al fegato dove sarà substrato per la gluconeogenesi. Parimenti contribuisce alla formazione di Glutamina. (Aw TY, Jones et al., 1989)

4. Macronutrienti nella dieta dello sportivo

4.1 Glucidi

I glucidi o zuccheri o carboidrati sono alimenti e integratori con funzione specificamente energetica anche se non è chiaro, e se sì in qual misura, un apporto di zuccheri consenta il perdurare o il migliorare della prestazione. Ogni possibile valutazione è necessariamente funzione e conseguenza delle caratteristiche di specificità e sensibilità dei parametri di valutazione scelti.

In questo caso i parametri identificati possono/devono essere "predittivi" di:

a) durata della prestazione, espressa come allungamento del tempo intercorrente prima della comparsa di uno stato di affaticamento, sia periferico che centrale, capace di costringere all'interruzione del gesto atletico.

b) intensità della prestazione, espressa come incapacità di mantenere lo sforzo o sostenere sforzi maggiori o di maggior intensità.

La variabile specifica da considerare per valutare l'ampiezza della risposta alla manipolazione della quota glucidica della razione alimentare è comunque lo stato iniziale dei depositi di glicogeno soprattutto muscolare.

Si avranno anche variazioni della risposta in funzione delle richieste legate al tipo di prestazione e delle caratteristiche tecniche e tattiche della gara.

Si tratta di valutare:

a) se vi sia un innalzamento della "soglia di fatica"

b) si tratta piuttosto di identificare i parametri predittivi della performance e di verificarne il miglioramento poiché ovviamente diversa è la situazione in base alla tipologia del gesto atletico richiesto e allo stato di allenamento e di condizione dell'atleta.

Inoltre va ricordato che la dieta è in grado di modulare la qualità primariamente e la quantità secondariamente della risposta neuroendocrina e metabolica.

In particolare risentono della quota glucidica della dieta e dello stato di replezione dei depositi endocellulari (granuli glucidici e lipidici) le più antiche strutture omeostatiche e cenestesiche, cioè il sistema delle monoammine biogene: Catecolamine e Serotonina-Kinurenina.

Da questa reale complessità nasce la difficoltà di definire in modo generale la quantità ottimale dell'introduzione dei glucidi della dieta e nella singola razione alimentare.

E' oggi accettato il modello secondo cui l'esercizio fisico e l'allenamento si accompagnano ad un miglior controllo glicemico e in specie a diminuzione dell'Insulina plasmatica con miglioramento del controllo del glucosio ematico.

Per valutare l'efficacia dell'assunzione di carboidrati nell'esercizio e le differenze derivanti da zuccheri con caratteristiche diverse, bisogna considerare la situazione statica iniziale di atleti in cui i livelli iniziali di glicogeno intracellulare e epatico erano ottimali o ben mantenuti all'inizio della prestazione, e situazioni in cui l'apporto quali-quantitativo di glucidi era adeguato alle caratteristiche di intensità e di durata del gesto atletico.

In atleti con riserve di glicogeno tissutale non intatte osserviamo un ricorso importante al glucosio ematico sicché il rifornimento di miscele di zuccheri durante la competizione può acquistare un risalto particolare e dunque farne sopravvalutare l'apporto-integrazione.

Ad ostacolare l'attuazione di questa prescrizione nella pratica sta, per al-

tro, la difficoltà di determinare la quota ottimale di integrazione glucidica per ogni singolo atleta dovendosi in ogni caso individuale tener conto dell'utilizzo dei diversi substrati ergogeni, dello stato iniziale delle riserve, delle caratteristiche del gesto atletico e di come ogni singolo atleta lo interpreta. (Negro.,2007)

I dati che si possono estrapolare dal confronto di diversi lavori pubblicati e le esperienze personali si approssimano attorno a valori prudenziali di 40-50 g di glucidi/ora. Alcuni Autori han sostenuto che per gare ad alta intensità sia opportuno salire sino a valori anche più che doppi e addirittura tripli sino a 150g/ora (Brouns et al. 1989; Brouns and van der Vusse 1998).

Queste quantità di zuccheri rendono necessaria una somministrazione articolata che, se nella forma d'integratori liquidi, debbono essere presenti ad una concentrazione non superiore allo 8-10% ad evitare l'insorgenza di problemi gastroenterici (Rowlands et al. 2011; Suzuki et al. 2013).

Spesso gli integratori possono contenere anche elettroliti; va, dunque, considerata anche l'osmolalità (mOsm/Kg) finale della bevanda al fine di assicurarne un buon transito e ottimale assorbimento gastroenterico. (Garth and Burke 2013).

Va considerato atleta per atleta se e come il precarico di zuccheri semplici moduli la messa a disposizione dei diversi substrati ossidabili: ne risulta amplificato il ricorso alla via glicolitica, con conseguente aumento della piruvicemia e lattacidemia, a scapito del ciclo lipolitico da cui una maggior ipoglicemia al termine di esercizi prolungati, l'uso di zuccheri a minor indice glicemico (zuccheri complessi) permette una maggior utilizzazione degli ossidabili lipidici e dunque una situazione di miglior controllo della glicemia al termine dell'esercizio.

Conviene comunque che nel carico glucidico pre-esercizio siano compresi anche alimenti contenenti zuccheri complessi a flusso lento.

Il razionale della assunzione di glucidi con finalità di ricostituzione delle riserve subito al termine del gesto atletico risiede nell'attivarsi del sistema enzimatico glicolitico e gluconeogenetico nell'esercizio fisico.

La funzione è controllata dalla glicogenosintetasi, funzione dei livelli di glucosio e di insulina. La funzione indipendente dal pH e dalla tempera-

tura corporea è assai più attiva nell' immediato recupero post esercizio e però progressivamente diminuisce col trascorrere del tempo, anche quando non si siano ancora riprodotte e reintegrate le scorte di glucidi. Il limite al reintegro pare costituito dalla capacità dei sistemi di trasporto e dalla capacità della glicogenosintetasi.

4.2 Proteine e amminoacidi

Poiché quotidianamente v'è un turn over ($\approx 250\text{g}/\text{die}$) delle proteine dell'organismo è necessario stabilire correttamente la quota calorica della razione giornaliera che deve trovare una copertura soprattutto glucidica poiché maggiore l'apporto calorico maggiore la quota proteica recuperata. Quando si definisce in via teorica il fabbisogno proteico, bisogna dunque presupporre che la razione alimentare somministrata sia isocalorica nella quantità di calorie e adeguata nella composizione in nutrienti ergogeni.

Inoltre la stima del fabbisogno proteico presuppone che le proteine della dieta siano di buona qualità. Sono stati proposti diversi indicatori della qualità proteica.

Uno degli strumenti di valutazione della qualità delle proteine è il cosiddetto "indice chimico". Il calcolo di tale indice prevede di fare il rapporto tra il contenuto percentuale di ciascun aminoacido essenziale (grammi / 100 g di proteina) di una certa proteina e la presenza percentuale di quel medesimo aminoacido in una proteina definita "proteina di riferimento". L'indice chimico è espresso dal valore dell'aminoacido essenziale meno rappresentato e che costituisce anche l'aminoacido limitante.

Attualmente le organizzazioni internazionali (OMS/FAO/UNU) indicano fabbisogni proteici di mantenimento equivalenti per maschi e femmine, capaci di provvedere al fabbisogno del 97.5 della popolazione. Bisogna anche tener presente che la conversione tra proteine introdotte e le proteine formate non è pari al 100% e che si può, invece, ritenere accettabile un rapporto di conversione del 70%.

La Società Italiana di Nutrizione Umana (SINU) (cfr. LARN) propone per tutti i gruppi della popolazione un livello determinato a partire dal fabbi-

sogno medio aumentato di due deviazioni standard (valore di sicurezza) corretto per un fattore di utilizzo pari a 0.72 calcolato come funzione delle proteine della razione alimentare media della dieta italiana.

Recentemente l'International Society of Sports Nutrition (ISSN) ha riconsiderato il problema della quota proteica raccomandabile sicura e efficace per chi svolga un'attività fisica importante, riassumendolo in alcune linee guida che riguardano le persone fisicamente attive a prescindere dalle classi d'età:

- soggetti fisicamente attivi necessitano di una quota proteica maggiore delle 0,8 g/Kg/die raccomandata normalmente → tale quota deve essere compresa tra 1,4 e 2,0 g/kg/die.
- l'uso di integratori proteico-amminoacidici permette una manipolazione della razione alimentare adeguata alle richieste dell'organismo.
- si rileva l'importanza del momento dell'assunzione (pre- e post- allenamento) per mantenere la funzione immunitaria e favorire la risposta adattativa.
- per migliorare la risposta allo stimolo allenante può essere considerata l'integrazione con impiego di BCAA (amminoacidi a catena ramificata)

La funzione plastica dei nutrienti e alimenti proteici si svolge:

1) a partire dalla demolizione ed assorbimento delle proteine della dieta in oligopeptidi e negli aminoacidi costituenti

2) tramite il rimaneggiamento delle strutture dell'organismo e il recupero di parte della quota amminoacidica liberata. Ciò in un individuo di circa 70 kg di peso, corrisponde a circa 100 gr di aminoacidi.

La sintesi proteica a parità di ogni altro parametro trova un limite nella disponibilità dell'aminoacido più raro che viene indicato come "limitante" e dunque quanto più la composizione in aminoacidi di una proteina è sovrapponibile allo spettro amminoacidico delle proteine da sintetizzare,

tanto migliore risulterà il valore biologico di quella proteina. Si ritiene migliore, in senso nutrizionistico, piuttosto una razione alimentare con proteine dotate di buon valore biologico che non una razione contenente i soli amminoacidi liberi.

Da un punto di vista nutrizionistico è allora vantaggioso e possibile integrare alimenti che singolarmente abbiano composizione proteico amminoacidica a valore biologico incompleto per ottenere una razione finale a buon valore biologico e questo anche tenendo conto di una contemporanea biodisponibilità digestiva. (Lemon P.W. et al., 2002)

4.3 Lipidi

I lipidi, assunti con la dieta in forma sia di miscele di olii sia di grassi alimentari, pur indispensabili come elementi plastici, sono indiscutibilmente nutrienti a valenza soprattutto ergogena. Gli stessi grassi di deposito dell'organismo hanno soprattutto questo significato di riserva energetica stoccata nel grasso bianco, ricco di trigliceridi formati (soprattutto C16:0=Ac.Palmitico)

La complessa via ossidativa dei lipidi come ergogeni (β -ossidazione mitocondriale) necessita di un sistema di import mitocondriale Carnitina - dipendente.

Integratori alimentari lipidici particolari possono esser scelti, anche al di là della normale quota, con finalità espressamente pro-ergogene. Si ritiene che l'ossidazione (alternativa, ma non preferenziale rispetto agli amidi / zuccheri) di nutrienti a flusso rapido, come gli acidi grassi a catena media, (MCT=Medium chain triglycerides) permetta un risparmio del glicogeno muscolare.

Si tratta degli MCT che, rari in natura, sono prodotti intermedi della lavorazione industriale di grassi complessi o prodotti di sintesi specifica.

Comprendono:

acido caprilico (C 8:0) = 75%,

acido caprico (C10:0) =20-25%

acido laurico (C12:0) = 1-2%.

Gli MCT non richiedono emulsione con acidi biliari, non giungono al fegato attraverso il circolo linfatico, ma sono rapidamente immessi nel circolo portale e, in seguito, rapidamente sottoposti a β -ossidazione.

Sia il muscolo scheletrico sia il miocardio sono ottimi utilizzatori sia degli acidi grassi sia dei corpi chetonici β -Idrossibutirrato e Aceto acetato, da questi derivati. (Brouns F. et al., 1998)

5. Equilibrio idrico-salino nello sport e nel fitness

Durante la giornata, l'acqua corporea varia continuamente in quantità e concentrazione: a riposo e soprattutto in movimento, sono abbondanti le perdite idriche dell'organismo: circa 2-2.5 litri al giorno.

L'eliminazione avviene soprattutto con la respirazione, l'urina, la sudorazione e le feci.

Per mantenere in equilibrio il bilancio idrico, le perdite vanno reintegrate con l'apporto di acqua, che deve essere rimpiazzata con la stessa velocità con cui viene eliminata: nell'adulto il fabbisogno idrico giornaliero è di circa 2-2.5 litri, di cui la maggior quantità (un litro e mezzo circa) viene fornita dall'acqua stessa e la restante parte dall'acqua contenuta in alimenti e bevande (frutta, verdura, caffè, succhi di frutta...).

Le forti sudorazioni che avvengono durante l'attività sportiva di lunga durata, soprattutto se svolte in condizioni climatiche sfavorevoli, determinano una notevole perdita di acqua ed elettroliti.

La disidratazione a cui può andare incontro l'organismo dell'atleta comporta un progressivo decremento della capacità di prestazione atletica. Il declino di quest'ultima aumenta con l'aumentare dello stato di disidratazione e risulta notevole già per una perdita di liquidi pari al 4% del peso corporeo.

Perdite di acqua e di elettroliti dipendono fondamentalmente dalla quantità totale di sudore prodotto, legata all'intensità e soprattutto alla durata dell'esercizio.

Con la sudorazione si provoca la perdita di sali minerali importanti per lo sportivo come:

- **calcio** —> Uno dei primi segni di carenza di calcio è la tetania, disturbo nervoso, caratterizzato da crampi muscolari e torpore alle gambe ed alle braccia.
- **fosfato** —> presente nelle molecole di ATP; il fabbisogno nell'atleta è maggiore rispetto ai soggetti sedentari
- **ferro** —> componente essenziale dell'emoglobina, trasportatore di ossigeno nei vari tessuti.
- **sodio** —> regola il bilancio idrico-salino, il mantenimento della pressione oncotica e dei fluidi corporei, l'eccitabilità muscolare, la permeabilità cellulare e l'equilibrio acido-base
- **potassio** —> insieme al sodio entra nella regolazione dell'equilibrio idrico all'interno dell'organismo, è necessario per la trasmissione degli impulsi nervosi, per la contrazione muscolare e per conservare una giusta alcalinità dei fluidi dell'organismo. Interviene in alcune reazioni enzimatiche e nella sintesi delle proteine muscolari.
- **magnesio** —> interviene in numerosi processi metabolici ed è indispensabile per l'attività di diversi enzimi. Una carenza comporta tremore muscolare, contrazioni e debolezza.

Una dieta equilibrata e completa è sufficiente a coprire le necessità di minerali anche nello sport; gli integratori dovrebbero essere utilizzati solo in caso di carenze dimostrate.

Negli atleti quindi sarà necessaria una particolare attenzione all'idratazione pre-, durante e post- allenamento:

si consiglia di sorseggiare, ad intervalli regolari, piccole quantità di acqua minerale o di bevande isotoniche per limitare le perdite dei fluidi e dei sali minerali durante l'attività.

Per evitare i danni dovuti alla perdita di liquidi è necessario reintegrare le perdite entro 24 ore, facendo attenzione a non incorrere nel pericolo opposto.

Infatti l'acqua da sola non è in grado di ricostituire il livello di sali minerali necessario e, particolarmente se la perdita è stata abbondante, l'organismo si impoverisce di elettroliti.

Questa situazione causa l'alterazione della funzionalità delle cellule, in special modo di quelle muscolari: l'atleta diventa fiacco, accusa crampi, la sua capacità di prestazione diminuisce.

E' necessario quindi reintegrare nella fase di recupero, con i liquidi, anche i sali.

Ciò deve avvenire nella giusta misura, non abusando di elettroliti, come spesso invece avviene da parte dell'atleta. (Coyle EF,2004)

6. Integrazione e supplementazione nello sport

I termini integrazione e supplementazione, pur essendo sinonimi da un punto di vista squisitamente regolatorio , esprimono in realtà concetti "nutrizionali" distinti ed esprimono due diversi modi d'intervenire nel modificare la dieta degli atleti (Negro e Marzatico, 2003).

Per integrazione si deve intendere un intervento dietetico a supporto di un'alimentazione che per varie ragioni può essere insufficiente a coprire i fabbisogni di nutrienti (carboidrati, grassi e proteine), di fattori complementari (minerali, oligoelementi e vitamine) e di nutriceutici (cibi o parti di cibi, che possono determinare specifici benefici salutistici, incluso la prevenzione e il trattamento di alcune malattie).

Per supplementazione generalmente s'intende, invece, l'utilizzo d'interventi dietetici al solo fine di ottenere (direttamente o indirettamente) vantaggi sulla prestazione sportiva, modificando la funzionalità metabolica di processi fisiologici, biochimici e/o biomolecolari che stanno alla base della sua espressione; questo indipendentemente da aspetti legati al fabbisogno della sostanza oggetto della supplementazione.

6.1 Integratori e supplementi plastici

Prodotti dietetici classificati come "plastici", descrivono le caratteristiche e l'efficacia d'integratori e supplementi attualmente in uso soprattutto tra gli atleti che praticano sport di potenza: discipline in cui la forza, impegnata nelle sue componenti massimali, esplosive e di velocità, è strettamente correlata all'ipertrofia muscolare e all'efficienza della sintesi proteica. Esempi di sport di potenza sono le specialità di lancio e di salto dell'atletica leggera, il sollevamento pesi, le prove di velocità (sprint in atletica e nel nuoto, velocità su pista nel ciclismo). La potenza è, inoltre, frequentemente richiamata nelle discipline di combattimento e nei giochi di squadra, con componenti lattacide di una certa importanza.

Tra gli integratori plastici di maggior rilevanza troviamo:

- **Proteine purificate:**

Gli integratori proteici disponibili sul mercato propongono diversi preparati in polvere, costituiti da singole fonti proteiche (siero di latte, caseina, uovo, soia) o da miscele di queste (blend). Come già accennato nel paragrafo precedente, l'utilizzo di prodotti a base di proteine può avere sia scopi d'integrazione, sia di supplementazione.

Per ciò che riguarda l'integrazione, l'impiego di proteine in polvere è rivolto ad assicurare la totale copertura dei fabbisogni amminoacidi giornalieri, dando la possibilità di aumentare la quantità di proteine nella dieta contenendo l'assunzione degli altri nutrienti.

Per ciò che riguarda la supplementazione, le polveri proteiche sono comunemente associati allo stimolo dell'ipertrofia muscolare e vengono utilizzate soprattutto da atleti che praticano bodybuilding o sport contro resistenza, con lo scopo di massimizzare la sintesi proteica, aumentare la massa muscolare e la forza (Hulmi et al., 2010)

Da questo punto di vista l'utilizzo di proteine purificate può svolgere funzioni particolarmente ricercate dagli atleti:

- forniscono amminoacidi essenziali per la sintesi proteica
- ottimizzano la riparazione dei tessuti muscolari danneggiati

- stimolano l'attività ormonale e metabolica nei processi di recupero

- Amminoacidi essenziali (EAA) e Amminoacidi ramificati (BCAA)

Gli aminoacidi essenziali (EAA) sono sostanze particolarmente ricercate in ambito sportivo data la loro importante funzione muscolare. Gli EAA sono sostanze che l'organismo non è in grado di produrre a partire da altri nutrienti e pertanto devono essere necessariamente introdotti con la dieta. Il recupero muscolare è strettamente legato alla disponibilità di questi aminoacidi, i quali svolgono funzioni chiave nei complessi sistemi di regolazione della sintesi proteica. Gli EAA comprendono: leucina, isoleucina, valina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina e triptofano.

La supplementazione con EAA in campo sportivo è indagata da diverso tempo. Gli effetti degli EAA sono stati studiati soprattutto nella fase post-esercizio, in cui va data massima priorità allo stimolo dei meccanismi deputati alla riparazione delle cellule muscolari danneggiate e al ripristino dell'integrità delle catene proteiche miofibrillari. Numerosi lavori scientifici hanno dimostrato come un apporto di EAA nelle prime fasi dal termine dell'esercizio (entro un'ora) possa migliorare e velocizzare in maniera significativa i processi di recupero muscolare, sia riducendo i fenomeni di degradazione proteica, sia aumentando la sintesi proteica (Negro et al., 2013).

Poiché gli EAA includono anche gli aminoacidi ramificati (isoleucina, leucina e valina - BCAA), si ritiene che molti degli effetti degli EAA siano riconducibili alla presenza dei BCAA. A differenza di altri aminoacidi, i BCAA possono essere utilizzati direttamente a livello muscolare.

L'aspetto di maggiore interesse circa il ruolo dei BCAA nel muscolo scheletrico riguarda gli effetti sul metabolismo proteico durante e dopo l'esercizio. La supplementazione con BCAA è stata valutata in diversi lavori mettendo in evidenza le proprietà anticataboliche dei tre aminoacidi. Studi con l'utilizzo di BCAA hanno dimostrato di poter migliorare significativamente marker biochimici e genetico-molecolari associati alla degradazione proteica e al danno muscolare esercizio-indotti, sia su soggetti allenati, sia su soggetti non allenati (Negro et al., 2008; Howatson et al., 2012; Blomstrand et al., 2012).

L'utilizzo di BCAA è indicato in tutte le attività ad elevato carico dinamico sul muscolo (sport di potenza, discipline di velocità, body building) e negli sport con frequente esecuzione di gesti a componente eccentrica.

- Creatina monoidrato

La creatina è una molecola di natura aminoacidica, ottenuta per sintesi epatica a partire da ariginina, glicina e s-adenosil-metionina. La maggior parte della creatina corporea (95%) è concentrata nei muscoli. La frazione introdotta con la dieta proviene da cibi di origine animale.

La creatina è componente essenziale della fosfo-creatina (PCr); l'energia fornita per rifosforilare l'adenosina difosfato (ADP) ad adenosina trifosfato (ATP) durante e dopo l'esercizio fisico intenso dipende in gran parte dalla quantità di fosfocreatina (PCr) depositata nel muscolo. Con l'esaurimento delle scorte di PCr, la disponibilità di energia diminuisce e in queste condizioni non è più possibile continuare a sostenere esercizi ad alta intensità (come negli sprint ripetuti).

La disponibilità di PCr nel muscolo può influenzare significativamente l'energia generata durante brevi esercizi ad alta intensità, inoltre, l'aumento del contenuto di creatina muscolare, attraverso l'integrazione, può aumentare la disponibilità di PCr consentendo un tasso accelerato di resintesi di ATP durante e dopo l'esercizio.

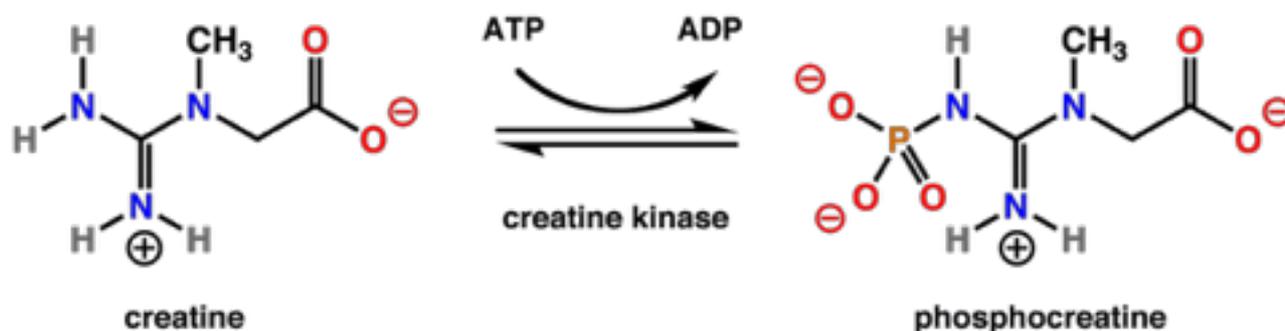


Figura 9. Reazione di fosforilazione della creatina

La supplementazione di creatina migliora la capacità esplosiva negli allenamenti di **potenza** ed è stato dimostrato che la creatina può favorire adattamenti molecolari come l'espressione di proteine miofibrillari, specialmente nelle fibre di tipo 2.

L'accumulo di creatina è favorito dalla sua assunzione post-allenamento, associata a EAA o proteine purificate e carboidrati (glucosio in particolare).

Il turnover corporeo di creatina è di circa 1-2 g al giorno: la creatina infatti viene trasformata in creatinina che poi viene escreta nelle urine. Il ripristino delle scorte di creatina avviene per il 50 % attraverso la sintesi endogena e per la quota rimanente attraverso l'alimentazione (alimenti di origine animale). Per ottenere creatina da fonti alimentari (carne e pesce) è necessario assumerne in grandi quantità (circa 4 g di creatina per Kg di alimento).

L'integrazione alimentare di creatina fornisce un mezzo economico ed efficace per aumentare la disponibilità di creatina senza un'eccessiva assunzione di grassi e/o di proteine. La letteratura scientifica indica che il metodo più rapido per aumentare il contenuto di creatina a livello muscolare è rappresentato dall'assunzione di circa 0,3 g/Kg/die per 5-7 gg e successivamente da 3-5 g/die per mantenere elevate le riserve: usando questo protocollo si possono aumentare i depositi di PCr del 10-40 %. Il contenuto di creatina muscolare può essere anche ottenuto con l'assunzione di 3 g/die per almeno 1 mese.

L'assunzione di creatina mostra un'efficacia dipendente da fattori individuali, infatti l'aumento delle scorte muscolari dipende dai livelli presenti nel muscolo prima della supplementazione.

La creatina viene considerata il supplemento più efficace per incrementare le prestazioni ad **elevata intensità** e la **massa muscolare** negli allenamenti di forza.

Al di là delle prerogative ergogeniche ormai universalmente riconosciute, rimane sempre aperta la grande discussione circa i possibili effetti avversi derivanti soprattutto da un utilizzo cronico della sostanza. Al momento non ci sono posizioni ufficiali circa la pericolosità della creatina in soggetti sani, nelle quantità normalmente consigliate.

L'assunzione di creatina determina necessariamente un incremento della creatinina urinaria, ma senza particolari effetti sulla funzione renale.

Oggi la letteratura è concorde nel ritenere la supplementazione con creatina una pratica sicura anche per tempi prolungati.(Antonio J., 2007)

6.2 Integratori e supplementi energetici

Fanno parte di questa categoria quei preparati comunemente denominati "Energy drink", preparati o bevande energetiche contenenti sostanze stimolanti, prive di alcol, usati per migliorare prestazioni fisiche e mentali.

I componenti principali, oltre all'acqua che è l'ingrediente presente in maggiori quantità, sono costituiti da carboidrati e metilxantine, presenti spesso in quantità considerevoli. I più usati sono caffeina, taurina.

Gli altri componenti sono vitamine del gruppo B, maltodestrine, glucuronolattone, inositolo, carnitina, creatina , aromi, anche talvolta vitamine e sali minerali.

- Caffeina

La caffeina, nota con il nome scientifico di 1,3,7-trimetilxantina, è un alcaloide naturale derivato dalla xantina ed è presente in varie specie vegetali, tra cui le piante di caffè, cacao, tè, cola, guaranà, e matè. È considerata una sostanza psicoattiva con marcato effetto ergogenico.

L'assunzione di caffeina negli sportivi è legata proprio a tali effetti, utili per incrementare la prestazione atletica e inibire il senso di affaticamento. Una volta assunta per via orale, viene metabolizzata ed assorbita rapidamente e in maniera praticamente completa (3-10% espulsa attraverso i reni); livelli ematici significativi si raggiungono dopo circa 40-45 minuti, mentre il completo assorbimento si verifica nel corso dei successivi 90 minuti.

La sede di metabolizzazione della caffeina è il fegato, dove viene convertita in tre sostanze metabolicamente importanti: la paraxantina (effetto lipolitico), la teobromina (effetto vasodilatatore) e la teofillina (azione rilassante della muscolatura bronchiale). Negli adulti sani, in media, l'emivita è di circa quattro ore, con oscillazioni che vanno dalle due alle otto ore.

L'assunzione giornaliera, secondo il parere dell'EFSA (European Food Safety Authority), non dovrebbe superare i 400mg di caffeina (circa 5,7 mg/kg per peso corporeo) assunti durante il corso della giornata. Tale dose sembra non porre problemi di sicurezza per gli adulti in buona salute, fatta eccezione per le donne in gravidanza, poiché essendo di natura lipofila attraversa la placenta e la barriera ematoencefalica.

Gli effetti della caffeina sulla salute e sulla pratica sportiva sono da sempre dibattuti nell'ambito della comunità scientifica. Ad oggi la letteratura suggerisce che i benefici sulle prestazioni sportive si basano su tre asserzioni principali:

- L'abilità della sostanza di accrescere l'efficienza con cui vengono bruciati i grassi, soprattutto in esercizi aerobici superiori ad un'ora di durata. Tale azione sarebbe promossa dalla stimolazione nel rilascio di catecolamine (adrenalina e noradrenalina), rilasciate dal sistema parasimpatico, che favoriscono la beta ossidazione dei grassi. La caffeina blocca i recettori dell'adenosina delle cellule adipose e svolge un effetto lipolitico. Il rilascio di catecolamine favorisce inoltre l'aumento del metabolismo corporeo, della frequenza cardiaca, della pressione arteriosa e del numero di atti respiratori, aumentando in questo modo l'ossigenazione del sangue.
- L'abilità della caffeina di ridurre il consumo di glicogeno con conseguente mobilitazione degli acidi grassi. Tale situazione è particolarmente importante nelle discipline di lunga durata (**endurance**) dove una compromissione nelle scorte di glicogeno può determinare un peggioramento della performance
- La capacità della caffeina di ridurre il tasso di percezione dello sforzo. La caffeina agisce infatti come antagonista competitivo sui recettori dell'adenosina riducendo la sensazione di fatica percepita. Questa azione si traduce in una migliore attivazione dei motoneuroni, cioè di quei nervi che si collegano ai muscoli e ne permettono la contrazione. La sua attività è stata confermata anche dall'EFSA che dopo aver valutato tutti gli studi scientifici antecedenti al 2007, ha concluso che assumere caffeina aumenta le prestazioni di resistenza e riduce la percezione di sforzo. Un altro possibile meccanismo attraverso cui la

caffaina potrebbe diminuire la percezione di dolore e la secrezione di beta-endorfine (proprietà analgesiche) a seguito di assunzione di caffeina in attività di sprint e ad alta intensità. (Souza DB.,2016).

Sempre l'International Society of Sports Nutrition ha confermato che la caffeina può migliorare la concentrazione durante sessioni di allenamento lunghe ed intense e che può aumentare notevolmente la resistenza fisica degli sportivi negli esercizi prolungati, ad alta intensità e di resistenza.

Recentemente è stata esaminata la combinazione di caffeina e carboidrati come potenziale mezzo per migliorare il recupero post esercizio. In uno studio del 2004 di Battram et al. è stato infatti dimostrato che l'assunzione di carboidrati e caffeina in combinazione, permette la diminuzione della percezione di fatica e l'allungamento dei tempi di "esaurimento" fisico e mentale. L'effetto è principalmente legato al mantenimento della glicemia e al tasso di ossidazione di glucosio a livello muscolare. In aggiunta, la combinazione permette un miglioramento del tasso di assorbimento intestinale dei carboidrati. (Goldstein et al.,2010)

- Maltodestrine

Le maltodestrine sono dei polimeri, costituiti da molecole di maltosio e destrosio che vanno da un minimo di 4 ad un massimo di 20 monomeri uniti tra loro. Complessi e solubili, sono ottenuti dall'idrolisi chimica o enzimatica dell'amido ricavato da tuberi o cereali.

I carboidrati come combustibile sono un fattore imprescindibile sia nelle attività di **endurance** che nel resistance training, la corretta gestione dell'introito glucidico può migliorare la capacità di resistenza e il recupero tra una performance ed un'altra; basti pensare che il depauperamento delle scorte di glicogeno può ridurre il rendimento nella performance, dal passaggio del metabolismo dei carboidrati a quello dei lipidi, del 13%. La reintegrazione dei carboidrati durante l'esercizio ha inoltre l'utilità di limitare la secrezione di cortisolo con effetti positivi su sistema immunitario e prevenzione sovrallenamenti.

La supplementazione con maltodestrine è indicata durante e dopo l'attività fisica soprattutto in quegli sport che superano l'ora di tempo o che siano intense a tal punto da depauperare le scorte di glicogeno muscolare.

Data l'utilità di utilizzare miscele ipertoniche nella mezz'ora immediatamente successiva lo sforzo per massimizzare i tempi di completamento del recupero del glicogeno, risulta molto utile optare per l'utilizzo di questi polimeri, utilizzandone preferibilmente con DE (destrosio equivalenza) alta ed una quantità che si aggira sui 1-1,5gr di carboidrati per kg di peso corporeo, ancor meglio se associate a fruttosio, poiché questo abbinamento permette, grazie all'utilizzazione di vie di trasporto differenti, di aumentare ulteriormente la velocità di questa fase di recupero. (Antonio J.,2008)

7. Nutrizione e supplementazione negli sport di potenza

Gli sport di forza e di potenza sono caratterizzati da un'attività prevalentemente anaerobica, dallo spostamento di sovraccarichi, da sforzi brevi e intensi, che vanno ad apportare uno stress per la muscolatura scheletrica che risponderà ai ripetuti allenamenti con un'adattamento che la porterà ad aumentare il proprio tono e la propria massa muscolare.

La **forza** si sviluppa opponendo resistenza ad un dato carico. Ad esempio il sollevamento di un manubrio contro gravità opponendo una forza contraria a quella della gravità.

La **potenza** è la forza nell'unità di tempo (forza x velocità), quindi è la misura della forza che posso esprimere in un dato frangente. Ad esempio sono gesti che sviluppano potenza: balzi, scatti, cambi di direzione, sollevamento pesi esplosivo.

Tra gli sport di potenza più noti troviamo il bodybuilding, il sollevamento pesi e alcuni sport di squadra come il rugby.

In questi sport sono coinvolti tutti i sistemi energetici con netta prevalenza del sistema anaerobico lattacido e con l'aumentare dell'intensità anche anaerobico alattacido.

Come visto nei capitoli precedenti questi due sistemi ottengono energia (ATP) grazie alla glicolisi e al sistema della Creatina Fosfato (PCr)

Viene da sé che l'alimentazione dovrà supportare un buon quantitativo di creatina (legata al metabolismo lattacido della creatina fosfato) e di carboidrati (impiegati nelle riserve di glicogeno muscolare utilizzato nel metabolismo lattacido).

Per stabilire quale sia il miglior approccio nutrizionale da adottare per un soggetto che pratica sport di potenza, è molto importante valutare quale sia il suo stato fisico e nutrizionale di partenza.

Ciò permetterà di calcolare il fabbisogno energetico giornaliero e la distribuzione dei macronutrienti nella dieta.

Il dispendio energetico di un'attività infatti dipende strettamente dal livello di allenamento di chi la esegue. (Helms et al.,2014)

7.1 Sport di potenza e Macronutrienti.

Carboidrati:

I carboidrati sono la fonte energetica principale per l'organismo, utilizzati nella glicolisi anaerobia, e la loro assunzione garantisce l'accumulo di glicogeno nel muscolo.

Essi stimolano inoltre il rilascio di insulina, ormone anabolico per eccellenza e possono essere utilizzati sia in forma "semplice" che "complessa" in questo approccio.

La forma semplice (per lo più parliamo di carboidrati ad alto indice glicemico) può essere utile particolarmente nel post allenamento per veicolare l'integrazione di creatina e gli aminoacidi stessi all'interno dei muscoli, i "complessi" per tenere stabile la glicemia in modo da minimizzare il catabolismo.

Se l'obiettivo dello sportivo è un aumento della massa muscolare, la quota di carboidrati nella dieta sarà elevata (tra i 3g e i 7g x BW/die)

Proteine:

Durante un'impostazione legata allo sviluppo della forza, per generare ipertrofia muscolare, bisognerà stimolare al massimo la fase anabolica e minimizzare quella catabolica.

I quantitativi proteici che sottendono questo approccio vanno facilmente fino ai 2gr di proteine pro Kg di peso corporeo, ovviamente ad alto valore biologico, (in tot circa il 20-30% delle Kcal giornaliere).

L'apporto giornaliero totale comprende le proteine introdotte attraverso la "normale" alimentazione e quelle introdotte come supplemento generalmente assunte nella fase post-workout con lo scopo di massimizzare la sintesi proteica muscolare e favorirne il recupero e il turnover. (Shoenfeld et al., 2013)

Lipidi:

Una certa quantità di grassi nella dieta dello sportivo è necessaria in chi vuole sviluppare la forza perché il tessuto adiposo ha una funzione di sollecitazione sul muscolo e sulle strutture ossee nonché su un certo ritorno elastico muscolare applicato nel gesto tecnico che di solito permette carichi maggiori.

I lipidi sono fondamentali per stimolare la secrezione endogena di determinati ormoni come testosterone e GH.

Per questo, bisogna fornire al sistema un giusto rifornimento di grassi che saranno per lo più quelli saturi oltre che il colesterolo.

Al contempo vanno forniti anche grassi antinfiammatori come gli omega 3 che modulino la sensibilità insulinica e l'infiammazione dell'allenamento.

Questi grassi risultano importanti anche per il mantenimento delle guaine mieliniche fondamentali per il trasporto dell'impulso nervoso dal nervo al muscolo. La giusta quantità di impulso che raggiunge il muscolo è critica infatti nel reclutamento di un numero adeguato di fibre muscolari e questo permette di esprimere più forza. (Brouns F et al.,1998)

8. Nutrizione e supplementazione negli sport di resistenza

Gli sport di endurance, o di resistenza, sono tutti quegli sport in cui la prestazione ha una durata prolungata nel tempo. In questi sport l'allenamento della resistenza, oltre che della tecnica, è l'aspetto più importante perché conduce al raggiungimento di un obiettivo nel minor tempo possibile. Tra i principali sport di resistenza si annoverano: ciclismo, nuoto, podismo, sci di fondo, triathlon e trail running.

La preparazione atletica per una competizione di endurance prevede la pianificazione degli allenamenti secondo uno schema preciso e ha come fine ultimo quello di far raggiungere la miglior condizione di forma possibile all'atleta durante la competizione di maggior importanza dell'anno. Si tratta in altre parole di migliorare la condizione dell'atleta, pianificando i progressi e minimizzando gli aspetti negativi, come ad esempio l'overtraining.

Sono previsti i periodi di:

- preparazione
- competizione
- transizione

Gioca un ruolo fondamentale in tutte queste fasi l'alimentazione, il monitoraggio della composizione corporea e quindi l'intervento del biologo nutrizionista che segue il soggetto sportivo.

Un atleta di endurance deve muoversi per tempi prolungati ed è fondamentale che non sprechi energie per trasportare 'zavorra'. In altre parole, il suo rapporto peso/potenza deve essere ottimale. Nella maggior parte dei casi questa zavorra è costituita da massa grassa. La percentuale di massa grassa deve assestarsi, indicativamente, a valori compresi tra il 5% e il 12% nell'uomo e tra il 12% e il 21% nella donna.

Questo range è piuttosto ampio (e può esserlo ancor di più) poiché i valori ottimali dipendono dalla disciplina e dalle caratteristiche individuali dell'atleta. Per quanto le problematiche di un'eccessiva massa grassa siano piuttosto ovvie, anche riduzioni eccessive possono condurre a pro-

blemi di salute e di resa. Va evitata quindi una magrezza esasperata a tutti i costi.

Inoltre, è fondamentale tener monitorato lo stato della massa magra, specialmente quando si praticano sport di lunga durata. Se si osservano riduzioni significative di questo compartimento corporeo, bisognerebbe considerare sia di inserire allenamenti mirati (ad esempio per migliorare la forza) sia di aggiustare l'alimentazione (ad esempio aumentando le calorie e/o le proteine). (Corti.,2021)

8.1 Fabbisogno energetico

Un piano ben impostato inizia con la valutazione del **fabbisogno calorico**, da cui si definisce poi il piano nutrizionale in funzione degli obiettivi.

Ad esempio, se un atleta deve ridurre la massa grassa in eccesso è opportuno creare un deficit calorico in modo da raggiungere l'obiettivo nei tempi ottimali. Tuttavia, se il fabbisogno calorico è stato stimato in maniera errata, allora anche il piano nutrizionale risulterà calibrato male.

8.2 Macronutrienti e micronutrienti

I **carboidrati** sono il substrato energetico limitante e quindi la loro assunzione va dosata con attenzione, specialmente quando si svolgono prestazioni lunghe e/o intense.

Come analizzato nelle sezioni precedenti, vanno modulati in funzione dei periodi della programmazione, poichè tra un periodo e l'altro variano i volumi e l'intensità di lavoro.

I carboidrati si depositano come glicogeno nei muscoli e nel fegato. Inoltre, circolano in moderate quantità nel sangue. Sono contenuti negli alimenti ricchi di amido e di zuccheri semplici (cereali, patate, miele, frutta, barrette, sport drinks ecc.). In generale, i carboidrati semplici (volgarmente detti 'zuccheri') vanno assunti preferenzialmente attorno e durante l'allenamento, per via della loro digeribilità ed efficacia nel ripristinare le riserve di glicogeno, mentre i carboidrati complessi sono da prediligere nei momenti lontani dall'allenamento.

Nell' endurance, considerati i volumi di lavoro molto elevati, i carboidrati nella dieta possono raggiungere quantitativi decisamente superiori rispetto a quelli normalmente consumati da soggetti praticanti altre discipline. Il range è amplissimo: a seconda dei casi può variare dai 3 g ai 12 g di carboidrati per kg di peso corporeo.

I **grassi** hanno, anch'essi, un ruolo importante nella fornitura energetica. Inoltre, concorrono alla produzione ormonale e all'assorbimento delle vitamine liposolubili.

Particolarmente importanti per uno sportivo di endurance sono i grassi a media catena (MCT) che, per via della loro struttura, bypassano il sistema linfatico e forniscono energia rapida e fruibile durante sforzi di media intensità.

Degni di nota anche gli acidi grassi polinsaturi (omega 3 in particolare), che proteggono il sistema cardiovascolare e che esercitano proprietà anti-infiammatorie.

In un piano nutrizionale, i quantitativi di grassi possono essere impostati inizialmente a 0,7 g - 1 g per kg di peso corporeo, fino a valori di gran lunga superiori se il dispendio energetico è elevato.

Le **proteine** sono importanti macronutrienti strutturali. Concorrono a garantire il recupero muscolare, il benessere dell'apparato digerente e ad un adeguato stimolo anabolico.

Inoltre, sono anch'esse utilizzate come fonte energetica, anche se in maniera minore rispetto a grassi e carboidrati. In particolare, tanto meno carboidrati sono disponibili e tanto più intenso è lo sforzo, tanti più aminoacidi vengono utilizzati a scopo energetico.

Un buon range proteico di base per un atleta di endurance può assestarsi tra 1,4 g - 2 g per kg di peso corporeo.

Minerali e vitamine garantiscono un buon funzionamento di tutti i processi metabolici. Una alimentazione variata e adeguata apporta normalmente le giuste quantità di minerali e vitamine ed è anche adatta a ripristinare le perdite, dovute ad esempio alla sudorazione. Tuttavia, ci sono casi in cui l'elevato fabbisogno, l'insufficiente introito, lo scarso assorbimento o le condizioni ambientali fanno sì che risulti necessario ricorrere a integratori oppure ad orientarsi maggiormente verso determinati alimenti. Tra i più importanti minerali da monitorare con attenzione

ci sono il ferro, il magnesio e il sodio, mentre tra le vitamine, c'è la D. (NJ et al.,2001)

8.3 Alimentazione specifica per la competizione o gara

8.3.1 Prima della gara

Gli obiettivi principali sono:

- assicurarsi che le riserve di glicogeno siano ben piene, senza nel contempo appesantire l'apparato digerente
- essere adeguatamente idratati
- essere sufficientemente riposati

E' utile mettere in pratica un **carico del glicogeno**, nel lasso di tempo che va da 1 a 4 giorni prima, nel caso in cui la prestazione sia particolarmente lunga e/o impegnativa.

In questi giorni di carico, l'alimentazione è prevalentemente orientata verso alimenti a base di carboidrati e, nel contempo, non particolarmente ricchi di fibre e fruttosio. Infatti, i dosaggi da raggiungere per questi alimenti possono essere molto elevati e bisogna evitare che l'apparato digerente sia sovraccaricato, nonché evitare la formazione di residui intestinali che influirebbero negativamente sulla prestazione. A questi scopi, possono rivelarsi utili cibi molto densi in carboidrati o integratori di carboidrati liquidi.

Alimenti a base di proteine e grassi, avendo meno importanza in questa fase, vanno fortemente ridotti. Inoltre, anche considerato che durante questa fase è stato ridotto il consumo di frutta e verdura, è fondamentale idratarsi adeguatamente.

Nella giornata della competizione, se la preparazione nei giorni precedenti è stata fatta correttamente, il glicogeno muscolare è ben saturo. Il glicogeno epatico, invece, è parzialmente depauperato dal digiuno notturno e pertanto va ripristinato prima dell'allenamento. Scegliendo alimenti e/o integratori a rapida digeribilità da consumare prima della competizione, si farà in modo di avere il 'serbatoio' ben colmo. (Brouns F.,1997)

8.3.2 Durante la gara

Durante sforzi duraturi, è fondamentale evitare l'esaurimento delle scorte energetiche che obbligherebbe a moderare o interrompere la prestazione.

- Per competizioni di durata da 60' a 90' è utile una integrazione che apporti 30 g/h di carboidrati
- Per competizioni di durata maggiore di 90' è utile una integrazione che apporti 60 g/h di carboidrati per prestazioni fino a 3h e 90 g/h per prestazioni di tempi superiori.

Per prestazioni molto intense sono adatti gel o **sport drink**, che non disturbano l'apparato digerente se ben dosati, mentre per prestazioni lunghe come ironman, ultratrail, lunghe gare ciclistiche ecc. è possibile integrare, oltre con gel e sport drink, anche con alimenti solidi, a moderato-alto indice glicemico, come panini con marmellata, barrette energetiche e frutta disidratata.

Tra le possibili soluzioni per la supplementazione durante la gara troviamo:

- **Sport drinks:** composti essenzialmente da acqua, elettroliti e carboidrati a specifica osmolarità. In funzione alla concentrazione rispetto al plasma si suddividono in bevande ipotoniche, isotoniche e ipertoniche.
- **Sport gel, polveri e barrette energetiche:** contenenti carboidrati di diverso tipo per garantire diverse velocità di assorbimento e per non saturare i trasportatori intestinali. Contengono spesso anche sostanze psicoattive come la caffeina. Le barrette risultano comode e pratiche e generalmente apportano anche una quota proteica.

Bisogna infine impostare un corretto e costante tasso di **idratazione**, considerato il fatto che è sufficiente una disidratazione > 2-4% del peso per ridurre le performance in modo significativo. L'idratazione dovrebbe tenere conto, oltre che alle caratteristiche individuali, anche dal tipo di disciplina e dalla temperatura/umidità ambientale. (Coyle EF., 2004).

8.3.3 Dopo la gara

Terminato uno sforzo è importante ripristinare adeguatamente il glicogeno, in particolare quando la successiva competizione o il successivo allenamento sono a distanza ravvicinata.

Nel periodo di tempo immediatamente successivo allo sforzo, i carboidrati assunti concorrono rapidamente a ripristinare il glicogeno perso. Ideale è l'assunzione in questo momento di carboidrati e proteine a rapido assorbimento.

Vanno poi ripristinare le perdite idriche (in primis dovute alla sudorazione) nella giusta misura. Per quantificare le perdite, è utile pesarsi prima e dopo uno sforzo. La differenza di peso corrisponde ai liquidi persi, dopo aver tenuto conto dell'acqua assunta durante la prestazione e di eventuali perdite tramite l'urina. (Maunder et al., 2018).

9. Scopo della tesi

La possibilità di svolgere il tirocinio universitario presso lo studio nutrizionistico delle dottoresse Ghignotti e Cremonti mi ha permesso di acquisire consapevolezza di come si svolge il lavoro di biologo nutrizionista, in studio, nel rapporto professionale e personale con il paziente, e durante la fase di produzione del piano nutrizionale.

Inoltre ho potuto apprezzare l'utilizzo di uno schema fisso e preciso di anamnesi e di strumenti analitici come la Bioimpedenziometria che risultano molto utili al nutrizionista per impostare una dieta.

Essendo particolarmente interessato al mondo dello sport e dell'alimentazione sportiva, ho deciso di seguire nel dettaglio durante il tirocinio, e riportare in esame in questa tesi, due pazienti sportivi che hanno deciso di intraprendere il percorso nutrizionale sotto la guida delle due dottoresse.

I due pazienti praticano attività sportiva amatoriale ma con impegno e dedizione e hanno valutato necessario l'intervento di un professionista dell'alimentazione al fine di migliorare la propria performance atletica.

Il primo soggetto pratica sport di forza/potenza (pesistica/bodybuilding) mentre il secondo sport di resistenza/endurance (corsa di lunga durata), attività completamente diverse tra loro.

L'obiettivo della tesi sarà dimostrare come, grazie ad uno studio accurato delle caratteristiche fisiche dei due soggetti, il biologo nutrizionista sia in grado di produrre un piano alimentare completamente personalizzato e su misura per ciascuno di loro, che porti al conseguimento del risultato prefissato sia dal punto di vista fisico che prestazionale per entrambi.

MATERIALI E METODI:

La visita all'interno dello studio nutrizionistico dove ho frequentato il tirocinio si svolge tramite passaggi predeterminati e ragionati per ottenere i migliori risultati possibili e la maggior soddisfazione possibile da parte del paziente.

L'incontro permette di conoscere le abitudini del soggetto, le sue preferenze e necessità al fine di impostare un percorso nutrizionale personalizzato che permetta al paziente di raggiungere i propri obiettivi.

Pertanto le biologhe nutrizioniste chiedono innanzitutto il motivo della visita, se sono state seguite altre diete in passato e che effetti/risultati avessero avuto, e lasciano che sia il paziente a parlare della propria storia personale, mettendolo a proprio agio.

Segue la compilazione di un "Modulo di Anamnesi Personale e Alimentare".

1. Anamnesi Alimentare:

In questa parte della visita vengono elencate le abitudini alimentari del paziente in relazione con le attività quotidiane (il lavoro, lo sport, la vita sociale).

Quindi per ogni pasto:

- Colazione
- Spuntino a metà mattina

- Pranzo
- Merenda pomeridiana
- Cena

vengono chiesti quali alimenti il paziente sia solito consumare generalmente, a che ora vengono consumati i pasti e le quantità dei cibi (utilizzando come metro di paragone degli esempi riportati in un Atlante Alimentare).

Successivamente vengono chiesti i cibi preferiti irrinunciabili, si propongono alcuni alimenti nuovi, facendo riflettere il paziente sulla possibilità introdurli nel piano nutrizionale. Questo permette di stilare una dieta che sia sostenibile e gradita, in modo che diventi progressivamente uno stile di vita e non una costrizione.

Infine viene chiesto il consumo giornaliero medio di acqua, caffè ed eventuali bevande zuccherate o alcoliche.

1.1 Anamnesi patologica personale e familiare:

Al fine di produrre un piano completamente personalizzato le dottoresse chiedono al paziente se al momento della visita o in passato il paziente soffre/abbia familiarità o segua una terapia per:

- Diabete
- Ipertensione
- Iperlipidemia e Ipercolesterolemia
- Patologie tiroidee
- Disordini gastrici o intestinali
- Patologie cardiocircolatorie
- Problemi renali o epatici
- Tumori

Sono annotate eventuali terapie farmacologiche su base giornaliera.

Nei pazienti di sesso femminile inoltre vengono raccolte informazioni sul ciclo mestruale ed eventuali gravidanze.

Infine vengono chieste al paziente se deve segnalare altre patologie o allergie/intolleranze alimentari.

In seguito alle precedenti anamnesi, prima di passare alla raccolta dei dati di composizione corporea, vengono chieste le abitudini giornaliere:

- Lavoro (sedentario o attivo; orari lavorativi: se turnista o meno)
- Attività fisica
- Quantità e qualità del sonno.

In conclusione le nutrizioniste sono a disposizione per qualsiasi altra precisazione, necessità o richiesta particolare che riguardi il futuro piano nutrizionale.

2. Valutazione della composizione corporea: bilancia bioimpedenziometrica e Bioimpedenziometria (BIA)

Si procede con le misurazioni antropometriche, valutazione del peso corporeo (BW) e della composizione corporea, che riflettono lo stato di salute generale.

Gli strumenti utilizzati permettono di analizzare il benessere e lo stato di forma generale del paziente grazie alla valutazione delle proporzioni tra massa muscolare e massa grassa, dello stato di idratazione e dell'omeostasi degli elettroliti.

I parametri analizzati, che vedremo in seguito nel dettaglio, vengono confrontati con valori **standard** di riferimento e forniscono informazioni sullo stato nutrizionale del paziente e permettono di identificare eventuali rischi per la salute (ad esempio un eccesso di massa grassa, localizzata soprattutto a livello viscerale, rappresenta un potenziale fattore di rischio cardiocircolatorio).

Nei pazienti sportivi (come quelli che porterò come caso studio in questa tesi) la valutazione della composizione corporea fornisce informazioni sullo stato di "fitness" complessivo (muscolare, cardiovascolare, ossea e articolare).

Inoltre la valutazione della composizione corporea, essendo effettuata con metodologie di misurazione **ripetibili** è fondamentale per il monitoraggio nel tempo dell'andamento del percorso nutrizionale e della risposta personale del paziente alla dieta (permette al biologo nutrizionista di capire se si sta seguendo una strada corretta verso l'obiettivo concordato con il paziente o se il piano nutrizionale ha bisogno di modifiche).

Esistono diversi strumenti che analizzano la composizione corporea; nello studio nutrizionistico dove ho svolto il tirocinio vengono utilizzati:

- Bilancia bioimpedenziometrica
- Bioimpedenziometria (BIA)
- Misurazione delle circonferenze corporee

2.1 Bilancia bioimpedenziometrica: la bilancia presente in studio è uno strumento che permette, una volta impostati sesso, età ed altezza del paziente, di misurare oltre al peso (BW) anche alcuni parametri di composizione corporea.

Sia la bilancia che la bioimpedenziometria sfruttano lo stesso principio, la prima però, se offre il vantaggio di essere rapida e a basso costo, non vanta un grado di precisione elevato come la seconda.

Principio fisico: la capacità di conduzione elettrica dei tessuti del corpo umano è direttamente proporzionale alla quantità di acqua ed elettroliti presenti in esso. I tessuti magri come il tessuto muscolare, maggiormente idratati e ricchi di ioni, sono ottimi conduttori di corrente, al contrario di quelli grassi come quello adiposo o le ossa che, praticamente anidri, offrono una resistenza molto elevata.

Grazie a queste caratteristiche, tessuti diversi offrono una resistenza **(impedenza corporea)** diversa al passaggio di una corrente alternata

a frequenza e intensità fisse (tali da non essere minimamente percepite dal paziente) emanata da elettrodi. L'acqua e gli elettroliti presenti nei tessuti veicolano la corrente elettrica lungo tutto il corpo del soggetto, da un elettrodo all'altro; la forza che si oppone al passaggio della corrente (inversamente proporzionale al volume di acqua corporea) è proprio **l'impedenza (Z)**.

L'impedenza può essere scomposta in due componenti: la Resistenza (Rz) e la Reattanza (Xc) correlate tra loro attraverso la formula:

$$Z = \sqrt{(Rz^2 + Xc^2)}$$

Rz è la **Resistenza** che i tessuti e le strutture biologiche oppongono al passaggio della corrente elettrica in base al principio visto precedentemente, pertanto tale valore aumenta con andamento direttamente proporzionale alla quantità di massa grassa ed inversamente proporzionale alla quantità di acqua totale (**TBW**) contenuta nell'organismo.

La **Reattanza (Xc)** rappresenta la forza che un **condensatore** oppone al passaggio della corrente. Le cellule che compongono i tessuti del corpo umano possono essere considerate come condensatori grazie alla presenza del doppio strato fosfolipidico della membrana plasmatica.

La Xc rappresenta quindi una misura indiretta della quantità di membrane cellulari presente nell'organismo e quindi della massa cellulare corporea (**BCM**). (Pellizza.,2018)

Il paziente sale sulla bilancia a piedi nudi per permettere il contatto con gli elettrodi presenti sulla superficie, vengono impostati sesso, età e altezza del paziente e la bilancia restituisce come parametri:

- Peso corporeo (BW) in Kg
- % massa grassa sul totale del BW
- Acqua Totale corporea
- Massa muscolare in kg

- Metabolismo basale (ovvero quanta energia l'organismo consuma in condizioni di riposo, solamente svolgendo le proprie funzioni vitali). Tale parametro viene utilizzato per calcolare il fabbisogno energetico giornaliero del paziente.
- Età metabolica (stima di quanto il metabolismo sia attivo in relazione con l'età anagrafica del paziente —> il valore varia da 1 a 50 anni e se risulta minore dell'età anagrafica significa che il metabolismo del paziente è accelerato e attivo, se maggiore significa che il metabolismo è rallentato)
- Massa ossea totale in kg
- Livello di grasso viscerale: il valore rappresenta un fattore di rischio per la salute per diversi motivi:
 - 1) causa insulino-resistenza e può portare al diabete
 - 2) secerne citochine pro-infiammatorie promuovendo uno stato infiammatorio generale in tutto l'organismo che può comportare anche complicanze cardiovascolari

La bilancia bioimpedenziometrica risulta uno strumento veloce e immediato, basso costo, che non necessita esperienza da parte dell'operatore

Lo svantaggio sta nel fatto che il grado di accuratezza non è molto elevato poiché gli elettrodi sono posizionati soltanto sulla superficie dei piedi e la posizione eretta non è quella ottimale per la distribuzione dei fluidi corporei:



Figura 10. La bilancia bioimpedenziometrica

2.2 La Bioimpedenziometria (BIA):

Sfrutta il principio fisico visto precedentemente con una precisione di gran lunga maggiore rispetto alla bilancia.

In questo caso il paziente viene fatto sdraiare sul lettino, in posizione supina, con le braccia staccate dal tronco e le gambe leggermente divaricate, dopo aver fatto togliere qualsiasi oggetto metallico dal corpo (che potrebbe interferire con il passaggio di corrente e alterare i risultati dell'analisi). Tale posizione permette una redistribuzione dei liquidi corporei in tutto l'organismo in modo che i risultati siano più precisi possibile.

Vengo applicati quattro elettrodi, due sulle mani e due sui piedi, dallo stesso lato del corpo (generalmente lato destro) come in figura:

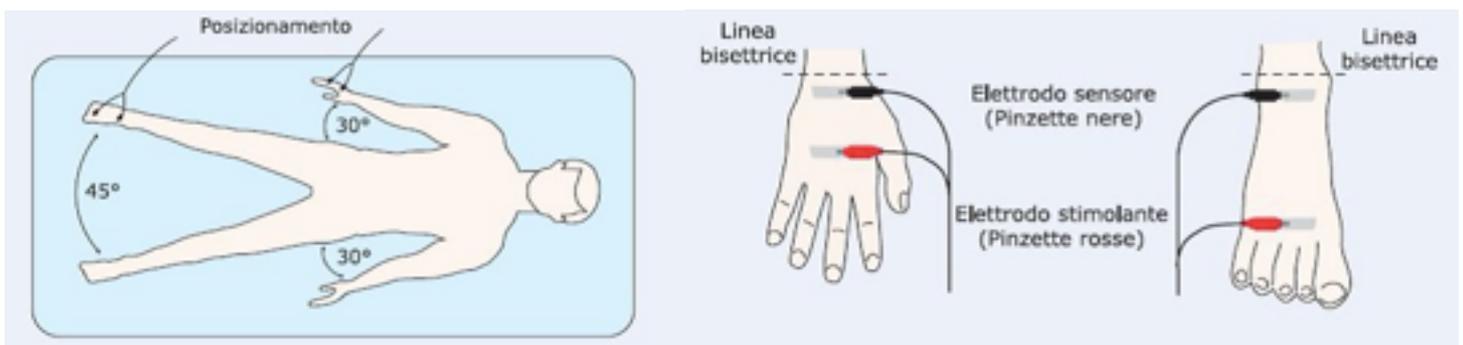


Figura 11 : posizionamento paziente ed elettrodi bioimpedenziometria.
Immagine tratta da "Manuale di istruzioni BIA 101 ASE, Akren ®"

Una volta attivato lo strumento, il dispositivo verifica la corretta calibrazione del sensore su impedenze di riferimento interne.

Dagli elettrodi viene emanata una corrente elettrica alternata con una frequenza di circa $50 \text{ Hz} \pm 1\%$ e di intensità variabile da 200 a 400 μA (250 μA per quella utilizzata nello studio delle nutrizioniste). La corrente viene trasferita per via trans-cutanea al paziente e attraversa i tessuti corporei. (Pellizza.,2018)

Dopo alcuni secondi lo strumento restituisce i valori di Resistenza (R_z) e Reattanza (X_c) in Ohm, i quali vengono inseriti in un software (BODY-GRAM ®), insieme ad età, sesso e altezza del paziente.

Il software applica equazioni di regressione e algoritmi che sono in grado di:

- dare un stima molto precisa dello stato di idratazione, massa magra e massa grassa del soggetto.
- applicare un'analisi qualitativa diretta dei tessuti attraverso la tecnica vettoriale BIVA e monogramma Biavector®.

Attraverso il nomogramma Biavector® e l'analisi vettoriale BIVA (Bioelectrical Impedance Vector Analysis) si offre al professionista uno schema interpretativo immediato sulla composizione corporea del soggetto, in particolare circa il suo stato d'idratazione e nutrizione, considerato all'interno della popolazione di riferimento del soggetto stesso. Basandosi esclusivamente sulle proprietà elettriche dei tessuti, normalizzato solo per l'altezza del soggetto, il dato restituito da Biavector® non è influenzato dagli errori di predizione.

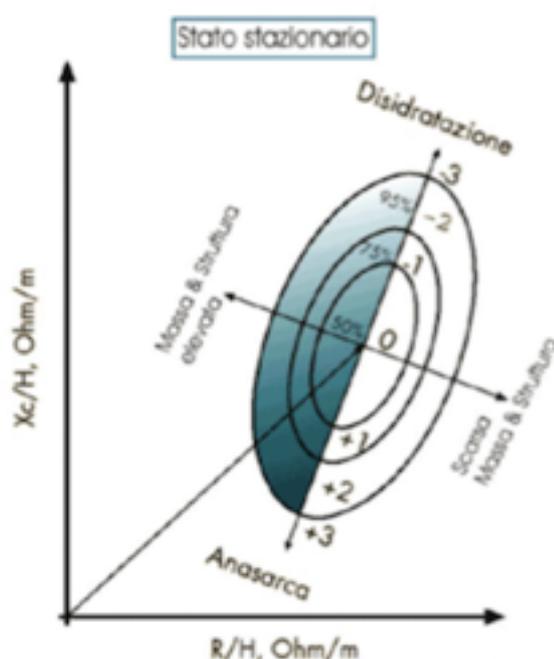


Figura 12. Diagramma Biavector

- Il quadrante in alto a sinistra è il settore caratteristico di soggetti con una buona struttura fisica (massa muscolare elevata).
- Il quadrante in alto a sinistra indica uno stato di disidratazione e malnutrizione (scarsa massa e struttura fisica)
- Il quadrante in basso a sinistra indica un eccesso di massa e struttura fisica, con gonfiore diffuso nei tessuti sottocutanei dovuto a ritenzione idrica ed eccesso di liquido interstiziale (iperanutrizione e iperidratazione)
- Il quadrante in basso a destra è rappresentativo di uno stato di generale cachessia (deperimento generale).

Oltre a offrire la rappresentazione grafica di Biavector® grazie all'inserimento dei valori di resistenza e reattanza il software restituisce parametri di composizione corporea quali :

- **Indice di Massa Corporea (BMI):**

E' un indice che esprime il rapporto tra peso ed altezza: un individuo può essere **sottopeso** (BMI minore di 18.5), **normopeso** (BMI tra 18.5 e 24.9), **sovrappeso** (BMI tra 25.0 e 29.9) oppure **obeso** (BMI maggiore di 30.0).

E' importante ricordare che l'indice di massa corporea prende in considerazione il peso complessivo di un individuo e la sua altezza, senza considerare separatamente il peso dei fluidi corporei, muscolo e grasso.



classificazione	IMC
sottopeso	<18.50
normopeso	18.50-24.99
sovrappeso	25.00-29.99
obeso classe I	30.00-34.99
obeso classe 2	35.00-39.00
obeso classe 3	≥ 40,00

Figura 13. Rappresentazione grafica delle varie classi di indice di massa corporea (BMI)

- Angolo di Fase (phA):

Parametro elettrico che esprime la proporzione tra gli spazi intra ed extracellulari. In un essere umano sano il valore di angolo di fase oscilla tra 5 e 7 gradi.

- Massa Cellulare Corporea (BCM):

E' la parte metabolicamente attiva dell'organismo che espleta tutto il lavoro funzionale, e il "motore" del corpo in cui avvengono tutti i principali processi metabolici: dal consumo di ossigeno, l'ossidazione del glucosio, alla sintesi delle proteine.... E' la parte attiva dell'organismo, un compartimento di cui il corpo umano dovrebbe essere dotato in abbondanza.

- Massa Magra (FFM):

E' il compartimento contenente tutto ciò che non è grasso corporeo: comprende lo scheletro, circa il 73% dei fluidi corporei, muscoli, pelle ed organi. Una buona forma fisica presuppone un valore di FFM del 77-85% rispetto al peso corporeo, dipendente dall'età del soggetto.

- Massa Grassa (FM):

La Massa Grassa (FM) è un composto costituito da grasso essenziale e tessuto adiposo, è utilizzata come concentrato di energia per i muscoli. Una certa quantità di grasso è quindi necessaria sia come riserva energetica sia per il corretto svolgimento dei processi vitali. Un'altra piccola quantità, denominata grasso essenziale, ha una funzione di protezione degli organi interni, ma è importante che questo accumulo non oltrepassi i limiti fisiologici. Una buona forma fisica presuppone un valore di FM del 15-23% rispetto al peso corporeo dipendendo dell'età del soggetto.

Valori di riferimento FM in base a sesso ed età:

Sesso Femminile:

	Età				
	18-25	26-35	36-45	46-55	>55
Molto alta	>30	>34	>35	>37	>38
Alta	26-30	28-34	35-30	32-37	34-38
Media	22-26	23-28	25-30	27-32	29-34
Bassa	18-22	19-23	20-25	23-27	24-29
Molto bassa	<18	<19	<20	<23	<24

Sesso maschile:

	Età				
	18-25	26-35	36-45	46-55	>55
Molto alta	>25	>28	>29	>30	>31
Alta	18-25	22-28	25-29	26-30	26-31
Media	12-18	17-22	20-25	22-26	23-26
Bassa	8-12	13-17	16-20	18-22	19-23
Molto bassa	<8	<13	<16	<18	<19

Figura 14 e 15. Tabelle dei valori di riferimento della FM nella popolazione generale

- **Acqua Totale (TBW):**

Rappresenta il principale componente del nostro organismo: è il compartimento che rappresenta i fluidi corporei totali presenti nel corpo. E' espressa come percentuale rispetto al peso corporeo; questo compartimento tende a diminuire con l'età, a causa della perdita fisiologica di FFM .

- **Acqua Extracellulare (ECW):**

L' acqua extra cellulare (ECW) è composta dai fluidi all' esterno delle cellule. E' localizzata principalmente nello spazio interstiziale fra le cellule, all' interno dei vasi sanguigni, nei tessuti linfatici e nel liquido spinale.

2.3) Misurazione delle circonferenze corporee:

Vengono effettuate molteplici misurazioni in punti di rilevazione specifici in base alle caratteristiche del paziente.

Rappresenta una metodologia molto economica che richiede soltanto un metro anelastico, che può avere finalità differenti: dalla stima della massa grassa e magra per la valutazione di fattori di rischio per la salute (ad esempio per pazienti obesi), al monitoraggio dell'incremento della massa e del tono muscolare (nei pazienti sportivi).

Punti di misurazione nel paziente caso studio:

- Vita nel punto più stretto
- Vita a livello ombelico
- Torace (pettorale)
- Bicipite brachiale destro
- Bicipite brachiale sinistro



Circonferenza vita: misurata nel punto più stretto sopra l'ombelico.



Circonferenza braccio: misurata nel punto più largo



Circonferenza torace: misurata subito sopra i capezzoli.

Figura 16. Punti fondamentali di misurazione delle circonferenze corporee

E' necessario prendere dei punti di riferimento precisi perché le misurazioni siano ripetibili e confrontabili nel tempo.

E' un metodo operatore-dipendente proprio per questo motivo. (Pellizza.,2018).

RISULTATI:

1. Caso studio 1

Il primo caso studio descrive un ragazzo di 18 anni, presentatosi allo studio nutrizionistico con l'obiettivo aumentare la sua massa muscolare, migliorando la composizione corporea, al fine di essere più efficiente e performante durante la sua attività fisica (sport di potenza: pesistica/body building).

Il paziente manifesta il desiderio di aumentare la sua forza per riuscire a gestire carichi più elevati con maggiore facilità in palestra.

Inoltre dichiara di aver seguito in passato un piano nutrizionale prodotto da un amico (non professionista) con scarsi e incostanti risultati.

Anamnesi alimentare:

Il paziente è uno studente quindi dichiara di non avere molto tempo per preparare i pasti, quindi di consumare spesso cibi pronti.

- La mattina si sveglia verso le 7:00 e a colazione mangia abitualmente una tazza di latte + circa 10 biscotti al cioccolato.
- Verso le 10:00, durante la ricreazione a scuola consuma un panino con il salame o prosciutto cotto che acquista al bar della scuola.
- Riesce a pranzare a casa, generalmente con un piatto di pasta a cui abbina un secondo piatto variabile (carne o pesce).
- Non sempre fa merenda a metà pomeriggio; quando la fa mangia ciò che trova al momento (nuovamente un panino o i biscotti).
- La cena è molto simile al pranzo: anche in questo caso consuma un piatto di pasta più un secondo.
- Durante la giornata riferisce di bere circa 1,5 L di acqua.

Anamnesi patologica personale e familiare:

Il paziente non presenta patologie significative che possano essere prese in considerazione nella fase di sviluppo del piano nutrizionale.

Gli esami del sangue portati alla visita riportano parametri nella norma.

Il paziente segnala familiarità per:

- problemi circolatori e cardiaci: il nonno paterno ha sofferto di un ictus cerebrale all'età di 48 anni.
- tumori: la nonna materna era affetta da carcinoma mammario.

Altre informazioni rilevanti:

Attività lavorativa: studente.

Attività fisica: pesistica/ body building (sport di potenza con utilizzo di sovraccarichi), 5/6 volte a settimana per una durata di circa 2h, sul tardo pomeriggio dopo le 17:00 → viene calcolato un LAF di 1,7.

Il paziente non fuma e non ha mai fumato.

Misurazioni antropometriche: le seguenti misurazioni sono prima state effettuate con bilancia bioimpedenziometrica e successivamente con BIA.

- Altezza (cm) = 185 cm → $h^2 = 3,42$ (utilizzata per il calcolo del BMI)
- Peso = 73,0 kg
- Massa grassa (%) = 10,5 → (BASSA in relazione a sesso ed età del paziente)
- Massa muscolare = 62,1 kg
- Metabolismo basale = 1944 Kcal
- % Acqua corporea = 62,2 % → individuo normo-idratato
- Massa ossea = 3,2 kg
- Età metabolica = 12 anni → metabolismo molto attivo e veloce
- Livello grasso viscerale = 1 → molto basso rischio cardiovascolare

Calcolo del BMI (Body Mass Index) = $73/(1,85)^2 = 21,35$ —> il paziente risulta normopeso per la sua altezza.

Misurazione delle circonferenze corporee:

- Vita nel punto più stretto = 74 cm
- Vita a livello ombelico = 75 cm
- Torace (circonferenza pettorale) = 94 cm
- Bicipite brachiale destro = 29 cm
- Bicipite brachiale sinistro = 29 cm

Valutazione della composizione corporea mediante BIA:

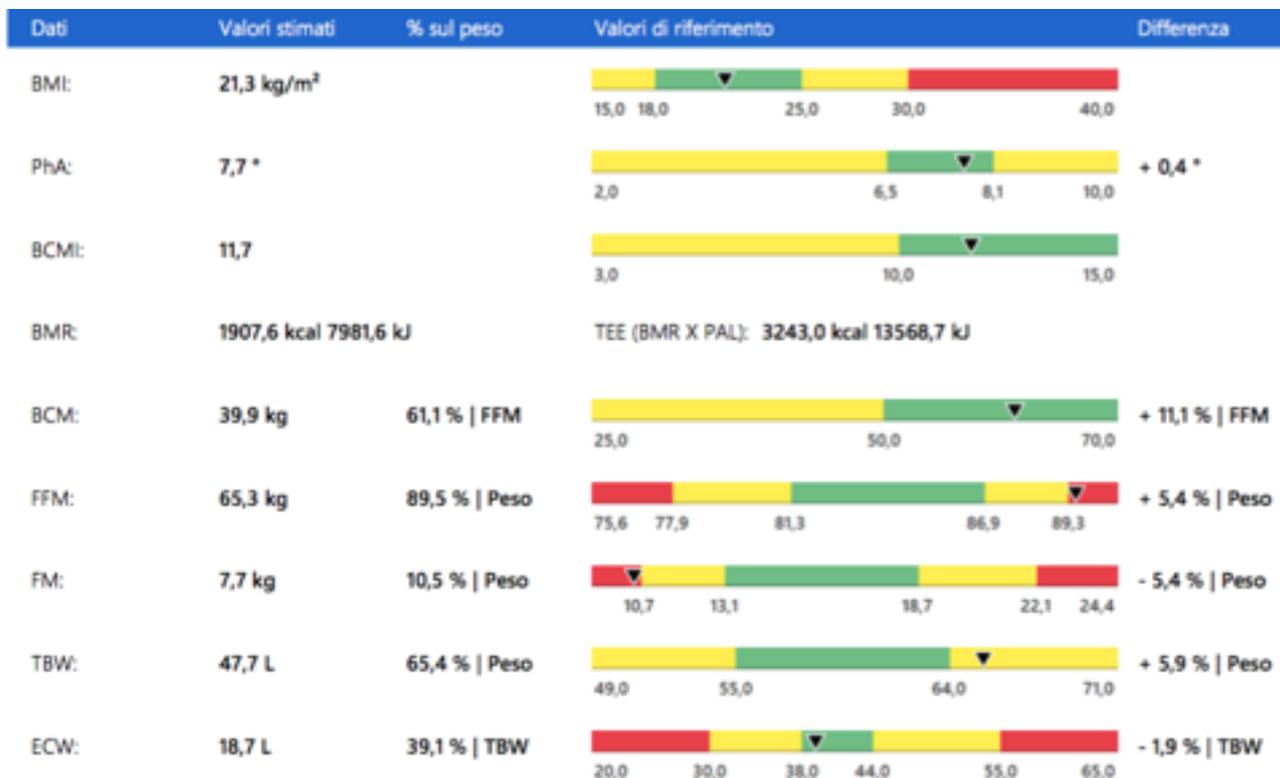


Figura 17. Rappresentazione grafica dei valori di composizione corporea analizzati tramite BIA

I dati ricavati dalla bilancia sono riconfermati dall'analisi bioimpedenziometrica con un grado di accuratezza e precisione maggiore.

Alla prima visita il paziente giunge con una buona composizione corporea, i dati della bioimpedenziometria rivelano che i parametri rientrano all'interno dei valori di riferimento.

La massa grassa (FM) è leggermente al di sotto della media per un individuo del peso e altezza del paziente.

BCM ovvero la Massa Cellulare Corporea, parte metabolicamente attiva dell'organismo, che espleta il lavoro funzionale rientra nella norma ma risulta migliorabile.

Il paziente è normo-idratato, la sua Acqua Totale (TBW) risulta elevata dai valori della BIA perché la massa muscolare (maggiormente idratata) è abbastanza elevata; L'acqua extracellulare (ECW) è all'interno dei parametri standard e stante al limite inferiore dimostrando assenza di ritenzione idrica. Tale parametro risulta generalmente più elevato nei soggetti di sesso femminile.

Impostazione del piano nutrizionale:

Calcolo Peso Ideale (formula di Lorentz): $h(\text{cm}) - 100 - [(h - 150) / 4] = 71 \text{ kg}$

Il valore del peso ideale considera soltanto l'età e l'altezza del paziente e spesso non corrisponde alle esigenze e all'obiettivo di quest'ultimo.

Calcolo Peso per avere BMI=23: $23 \times h^2(3,43) = 79 \text{ kg}$

Calcolo del Metabolismo basale (formula di Schofield):
 $17,7 \times 73 + 650 = 1942 \text{ Kcal}$

Calcolo del MB attraverso BIA: 1907 Kcal

Calcolo Fabbisogno Calorico Giornaliero: $MB \times LAF = 3399 \text{ Kcal}$

Prima di rivolgersi a professionisti il paziente seguiva un'alimentazione di circa 2500 Kcal/die e dalla anamnesi alimentare risultava un deficit di carboidrati ed un eccesso di proteine.

Pertanto le Biologhe Nutrizioniste hanno corretto la ripartizione dei macronutrienti e hanno impostato un piano di circa 3000 Kcal/die (in realtà meno del suo fabbisogno giornaliero ma le dottoresse hanno ritenuto opportuno non aumentare troppo e tutto subito l'apporto energetico).

Distribuzione dei macronutrienti:

Viene dapprima calcolato il fabbisogno proteico (in questo caso è stato calcolato il massimo dell'apporto secondo le linee guida $\rightarrow 2g \times BW$ poiché l'obiettivo del paziente è un aumento di massa muscolare).

Successivamente vengono calcolati i carboidrati il cui valore è variabile in base ai dati raccolti nell'anamnesi (il paziente è giovane, non presenta insulino-resistenza e quindi sono stati valutati corretti $5g \times BW$)

Infine si completano le calorie totali con i lipidi.

- Proteine (calcolate come **$2g \times BW$**) \rightarrow 150g (20%)
- Carboidrati (**$5g \times BW$**) \rightarrow 375g (50%)
- Lipidi \rightarrow 100g (30%)

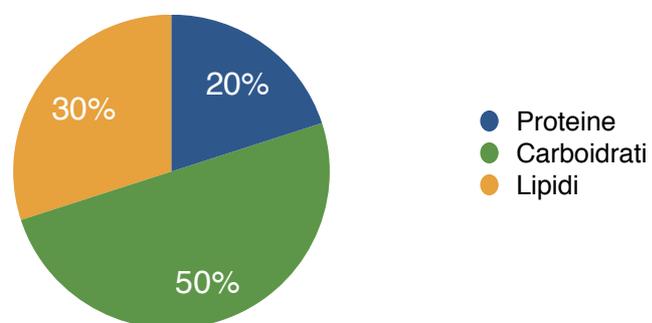


Figura 18. Grafico di ripartizione dei macronutrienti contenuti nella dieta

Ripartizione nei singoli pasti:

- Colazione 15% —> 450 Kcal
- Spuntino 5% —> 150 Kcal
- Pranzo 35% —> 1050 Kcal
- Merenda pomeridiana 10% —> 300 Kcal
- Cena 35% —> 1050 Kcal

Inoltre considerando l'attività fisica del paziente e il motivo che lo ha spinto a chiedere un parere professionale è stata introdotta un'integrazione nutrizionale di:

- Una bustina (15 gr) di after sport drink: polvere a base di carboidrati (9,4g), sali minerali (Sodio 965mg/L; Potassio 270mg/L; Magnesio 45mg/L) e Vitamine (C; E; B6).
- Indicazione: da sciogliere in 200 ml di acqua, da assumere entro 30 minuti dalla fine dell'attività fisica.
- Una barretta proteica contenente almeno 15g di proteine, sempre compresa nella merenda post-workout.
- Un quantitativo di 3 g di Creatina Monoidrato 100% da consumare entro 30' dalla fine dell'allenamento disciolta in una soluzione contenente maltodestrine (che ne facilitano l'assorbimento).

La quota proteica totale giornaliera ritenuta corretta per un soggetto dell'età e corporatura del paziente, tenuto conto della sua attività fisica e dello scopo del piano, è maggiore rispetto al fabbisogno proteico di riferimento LARN (0,8-1g per kg BW) per una sana e corretta alimentazione.

In questo modo, oltre a promuovere il corretto funzionamento dell'organismo, un apporto proteico superiore permette:

- Una crescita del tessuto muscolare in un contesto energetico opportuno
- Un'ottimizzazione degli adattamenti indotti dall'allenamento

E' stato fortemente consigliato di aumentare l'apporto giornaliero di acqua e di raggiungere circa 1,5-2 L/die.

Infine, tenendo conto degli impegni, delle esigenze e delle preferenze del paziente, le nutrizioniste hanno stilato un piano nutrizionale "Giorno per Giorno" con la possibilità di variare con alcuni alimenti introdotti in una lista di alternative precisamente calcolate per qualità e quantità rispetto ai cibi presenti nella dieta.

Sono state spiegate le motivazioni delle scelte nutrizionali fatte cercando di guidare il paziente nel percorso condiviso verso abitudini alimentari sane ed equilibrate e in modo che il piano fosse più adatto e sostenibile possibile.

A tal proposito infatti, seguendo il concetto di dieta non come regime alimentare restrittivo ma come educazione e abitudine ad uno stile di vita sano ed equilibrato, generalmente le nutrizioniste dello studio dove ho frequentato il tirocinio elaborano un piano di 6 giorni, di cui un pasto

comprende la pizza (sostituibile con qualsiasi altro alimento a preferenza del paziente), più una giornata (giorno 7) completamente libero in modo che il soggetto impari ad autogestirsi.

A conclusione del piano sono stati aggiunti dei consigli generali quali limitare i cibi ad alto contenuto di sale, preferire alimenti freschi, frutta e verdura di stagione limitando più possibile quelli confezionati, ricchi di conservanti e additivi, sfruttare più possibile la varietà e la stagionalità dei prodotti alimentari.

Risultati controllo:

La visita di controllo si è svolta circa tre mesi dopo l'inizio del percorso nutrizionale per permettere l'adattamento del paziente alle nuove abitudini alimentari e per verificare se i risultati fossero consistenti.

in questi tre mesi le dottoresse si sono sempre rese disponibili a chiarimenti e hanno seguito il paziente con cui hanno comunicato tramite feedback da parte di quest'ultimo.

All'arrivo in studio il ragazzo risulta molto soddisfatto del lavoro svolto, anche da una prima impressione visiva sembra essere più prestante, infatti i dati della bilancia e della BIA confermano le aspettative:

Misurazioni antropometriche:

- Altezza (cm) = 185 cm → $h^2 = 3,42$ (utilizzata per il calcolo del BMI)
- Peso = 77,8 kg

- Massa grassa (%) = 12,9 % → (MEDIA SUL LIMITE INFERIORE in relazione a sesso ed età del paziente)
- Massa muscolare = 64,4 kg
- Metabolismo basale = 2026 Kcal
- % Acqua corporea = 59,9 % → individuo normo-idratato
- Massa ossea = 3,4 kg
- Età metabolica = 12 anni → metabolismo molto attivo e veloce
- Livello grasso viscerale = 1 → molto basso rischio cardiovascolare

Calcolo del BMI (Body Mass Index) = $77,8 / (1,85)^2 = 22,7$ → il paziente risulta normopeso per la sua altezza.

Misurazione delle circonferenze corporee:

- Vita nel punto più stretto = 77 cm
- Vita a livello ombelico = 79 cm
- Torace (circonferenza pettorale) = 99 cm
- Bicipite brachiale destro = 31 cm
- Bicipite brachiale sinistro = 31 cm

Valutazione della composizione corporea mediante BIA:



Figura 19. Rappresentazione grafica dei valori di composizione corporea analizzati tramite BIA

Dall'analisi dei dati della BIA (molto più precisi) la %FM risulta anche minore rispetto a quella calcolata dalla bilancia bioimpedenziometrica

- FM= 11,4%

I dati confermano un netto aumento dei valori di interesse.

Non solo risulta un aumento ponderale di 4,8 kg che portano il BMI ad avvicinarsi molto a quello determinato come obiettivo di 23, ma anche un miglioramento della composizione corporea in direzione delle aspettative del paziente:

La Massa Muscolare è aumentata di 2,3 kg rispetto al punto di partenza, mentre la percentuale di Massa Grassa è aumentata solo di 0,9% (dati BIA) —> valore molto contenuto se si considera che un aumento ponderale controllato non può risultare soltanto da un incremento della massa muscolare.

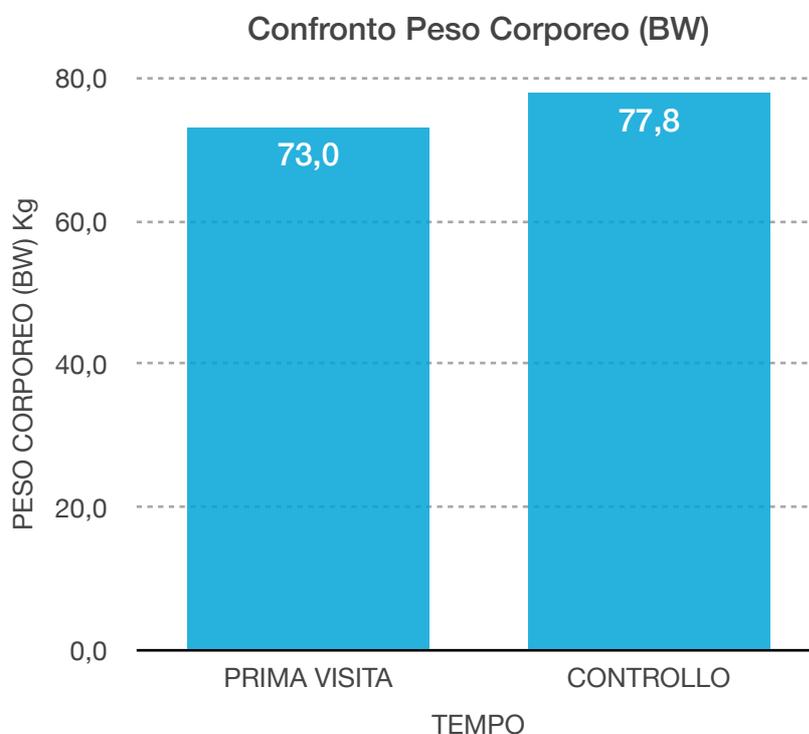
Anche il Metabolismo Basale risulta accelerato e la massa ossea più robusta

Lo stato di idratazione rimane da migliorare

Le misure delle circonferenze corporee rispecchiano ciò che risulta dalla BIA:

Le circonferenze di vita e ombelico sono inevitabilmente aumentate leggermente ma quelle con maggiore differenza rispetto alla prima visita sono la circonferenza pettorale (+5cm) e bicipite brachiale destro e sinistro (+2 cm da entrambi i lati).

Confronto dei parametri di composizione corporea dalla prima visita al controllo:



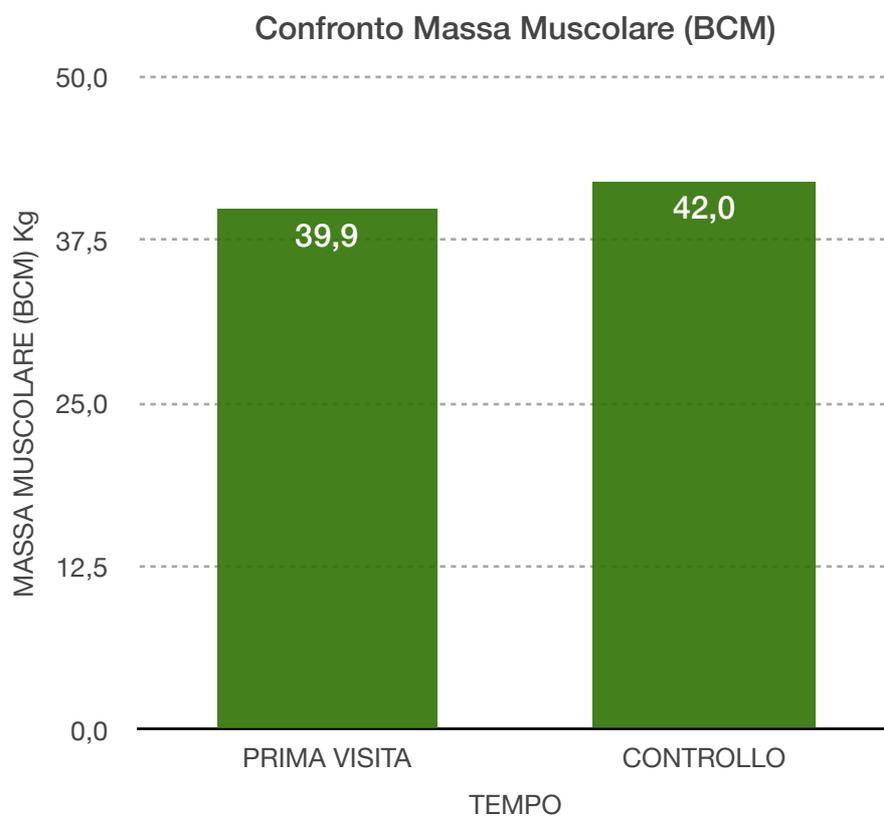
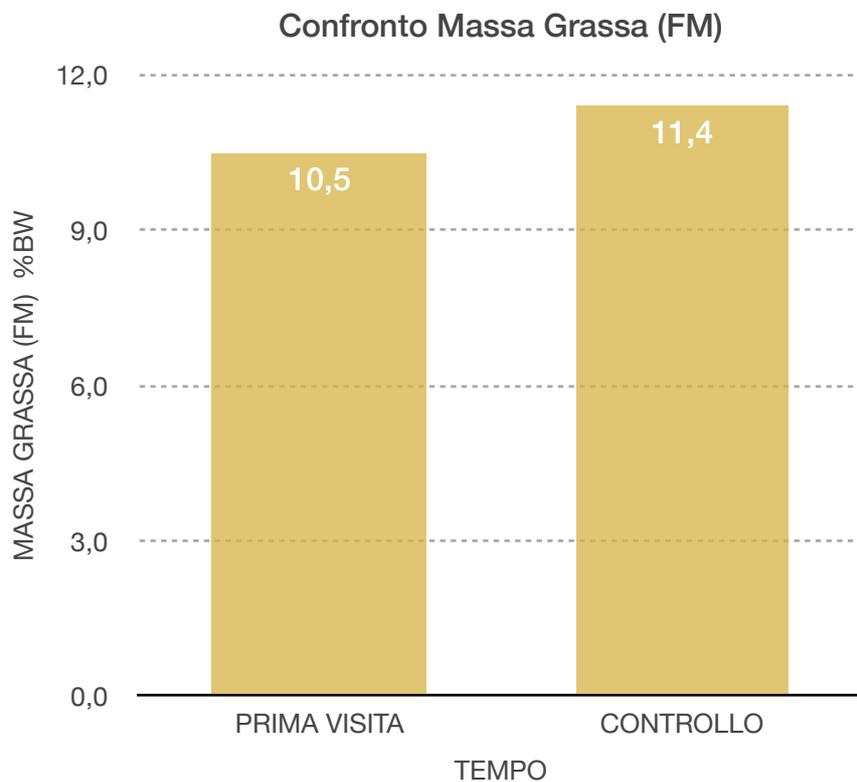
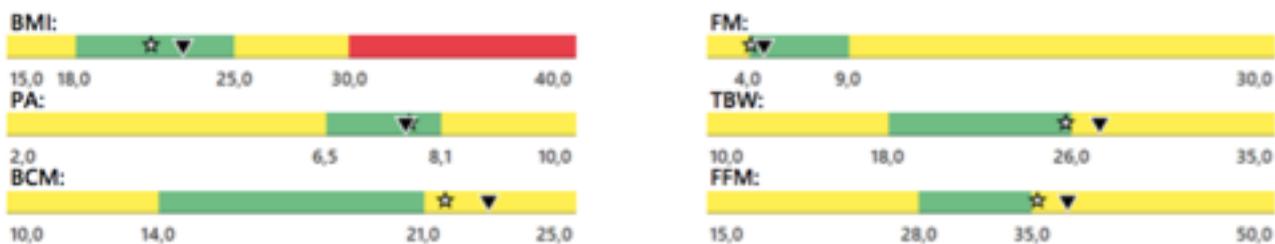


Figure 20,21,22. Rappresentazione grafica del confronto dei valori di composizione corporea tra la prima visita e il controllo.

Confronto dati BIA:



☆ = prima visita

▼ = controllo

Figura 23. Confronto dei dati analizzati tramite BIA tra prima visita e controllo

Confronto circonferenze corporee:

DESCRIZIONE	PRIMA VISITA	CONTROLLO
Vita nel punto più stretto	74	77
Vita (ombelico)	75	79
Torace (pettorale)	94	99
Bicipite dx	29	31
Bicipite sx	29	31

Figura 24. Tabella riassuntiva relativa al confronto dei valori di circonferenze corporee

2. Caso studio 2

Il secondo caso studio è rappresentato da un uomo di 46 anni, con un lavoro sedentario d'ufficio (informatico) ma con una grande passione per gli sport di Endurance a lunga durata tra cui principalmente Running (partecipa a gare di livello agonistico), sport di montagna come sci alpinismo, arrampicata sportiva, mountain bike e nuoto.

L'obiettivo della visita e della richiesta della consulenza di un biologo nutrizionista riguarda infatti una perdita ponderale di circa 5 kg, per riuscire a portare a termine con successo l'evento "Ultradolomites", una corsa di 80 km e 4600 m di dislivello per i sentieri delle Dolomiti.

Inoltre, sempre per riuscire nella sua impresa sportiva e per gestire gli allenamenti preparativi al meglio, richiede un'opinione professionale riguardo l'alimentazione e l'integrazione pre-/during-/post-workout specifica per l'attività sportiva prolungata e per sentirsi sempre energico durante la gara.

Il paziente dichiara di aver precedentemente seguito altri piani nutrizionali (dieta chetogenica) e di aver perso peso ma di averlo sempre ripreso in tempi relativamente brevi. Inoltre con questo tipo di dieta non riusciva a sostenere gli allenamenti di lunga durata con successo per mancanza di energia e di forza fisica.

Anamnesi Alimentare:

Il soggetto non mangia mai alimenti freddi, alcuni giorni pranza in mensa a lavoro, altri porta un pranzo precedentemente preparato a casa, pertanto le sue giornate alimentari variano molto.

In generale:

- A colazione una tazza (circa 180g) di latte di soia + circa 33g di fiocchi d'avena e un caffè amaro. La mattina è il momento della giornata in cui si sente più stanco.
- Non fa nessuno spuntino a metà mattina.
- 3 giorni a settimana il pranzo a casa, 2 volte a lavoro: in entrambi i casi consuma un primo e un secondo oppure un piatto unico, più una piccola porzione di cioccolato o un biscotto.
- La maggior parte dei giorni, nonostante si alleni sempre nel tardo pomeriggio, non fa merenda e arriva direttamente alla cena.
- A cena, dopo l'allenamento dichiara di avere talmente fame che qualsiasi alimento capiti lo mangia e in quantità elevate, spesso mangia la pizza perché è il suo alimento preferito.
- Di solito riesce a consumare circa 2 L di acqua al giorno, non beve abitualmente alcolici (birra o vino) ma soltanto quando cena fuori casa in situazioni di convivialità.

Alimentazione specifica il giorno della competizione sportiva:

- Colazione circa 3h prima della gara come durante le altre giornate.

- Durante la gara beve due borracce: la prima contenente acqua, maltodestrine e sali minerali (magnesio e potassio), la seconda contenente solo acqua. Inoltre ogni 10' circa consuma una confezione di gel energetico di maltodestrine a lento rilascio.
- Dopo l'attività fisica mangia un toast o una porzione di torta di verdure e integra con amminoacidi ramificati in capsule.

Anamnesi patologica personale e familiare:

Il paziente lamenta problemi di intestino (stitichezza) e dichiara di sentirsi sempre molto stanco.

Soffre di 3 ernie del disco che in parte condizionano la sua resa sportiva.

Non assume farmaci di alcun genere, infatti non è affetto né ha familiarità per patologie quali diabete, ipercolesterolemia, problemi tiroidei, renali o tumori

Dichiara solo una familiarità per patologie cardiovascolari (il padre era cardiopatico) ma lui non ne è affetto.

Il soggetto non ha allergie di natura alimentare ma soltanto a punture di insetti come tafano e zanzara.

Altre informazioni rilevanti:

Attività lavorativa: informatico (lavoro d'ufficio)

Attività fisica: running, sci alpinismo, arrampicata sportiva, mountain bike e nuoto. L'allenamento ha la durata di circa 50'-1h; le gare di solito durano anche 4h.

Il paziente non fuma e non ha mai fumato.

Misurazioni antropometriche:

- Altezza (cm) = 181 cm $\rightarrow h^2 = 3,276$ (utilizzata per il calcolo del BMI)
- Peso = 84,9 kg
- Massa grassa (%) = 17,5% (BASSA in relazione a sesso ed età del paziente)
- Massa muscolare = 66,6 kg
- Metabolismo basale = 1939 Kcal (calcolato attraverso BIA)
- % Acqua corporea = 57,1% \rightarrow individuo normo-idratato
- Massa ossea = 3,5 kg
- Età metabolica = 29 anni \rightarrow metabolismo attivo nella norma
- Livello grasso viscerale = 7 \rightarrow basso rischio di sviluppo patologie cardiovascolari

Calcolo del BMI (Body Mass Index) = $84,9 / (1,81)^2 = 25,9$ \rightarrow il paziente risulta lievemente SOVRAPPESO.

Valutazione della composizione corporea mediante BIA:

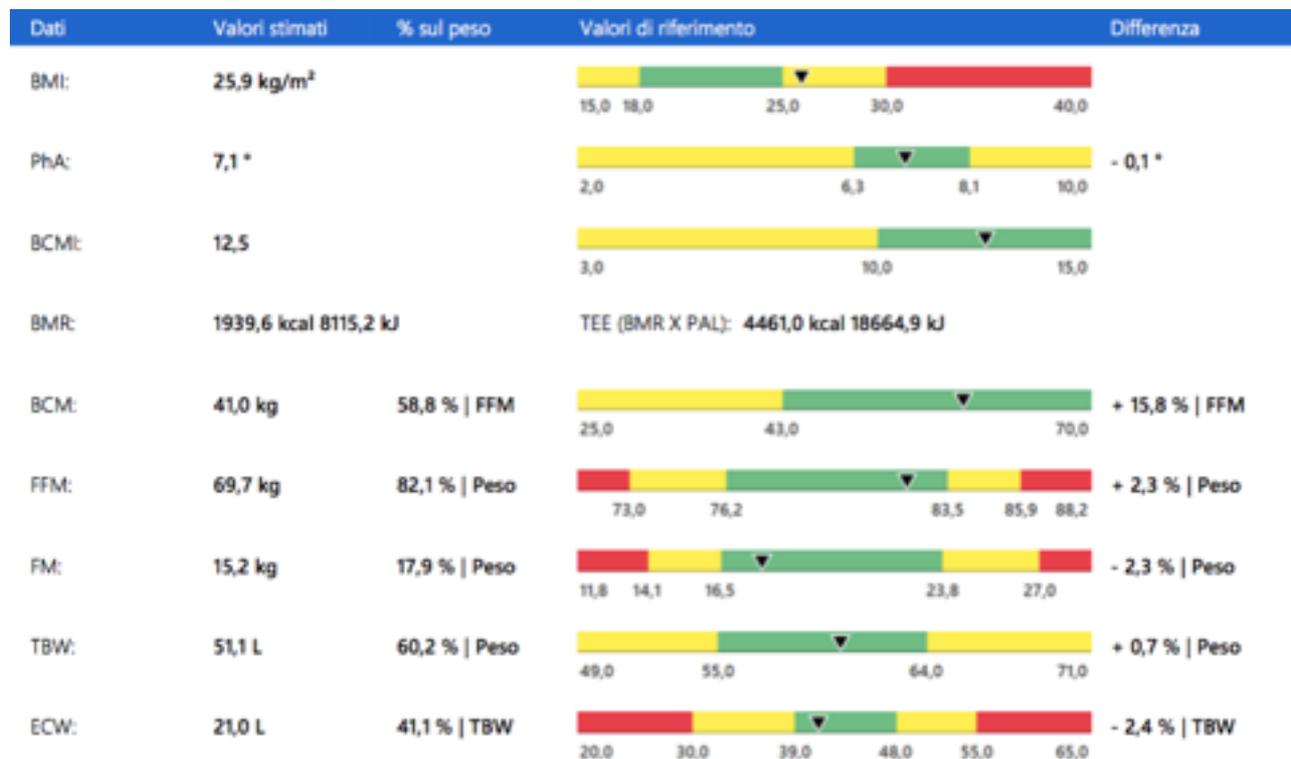


Figura 25. Rappresentazione grafica dei valori di composizione corporea analizzati tramite BIA

I risultati dell'analisi BIA hanno confermato i dati precedentemente raccolti con la bilancia, si discostano leggermente soltanto:

- Massa Magra (FFM) = 69,7 kg (rispetto ai 66,6 calcolati dalla bilancia)
- TBW = 60,2% (rispetto ai 57,1% misurati dalla bilancia)

Come sottolineato in precedenza ci aspettiamo che i risultati dei due strumenti siano molto simili ma la Bioimpedenziometria ha un grado di precisione maggiore.

Non sono state misurate le circonferenze corporee perché nel caso del paziente in esame sono un parametro trascurabile rispetto ai valori ricavati dalla Bioimpedenziometria.

Inoltre il soggetto non è interessato a migliorare il suo aspetto fisico ma piuttosto la prestazione fisica durante l'attività sportiva di endurance.

Alla prima visita risulta una composizione corporea di partenza abbastanza buona ma migliorabile in base alle esigenze del paziente.

L'indice di massa corporea di 25,9 fa ricadere il paziente all'interno della fascia dei soggetti sovrappeso al limite inferiore, tuttavia la percentuale di massa grassa (FM) rientra nei range fisiologici. A sostegno di ciò la massa muscolare (BCM) è abbastanza elevata.

Tali parametri sono comunque migliorabili con un piano nutrizionale adeguato per permettere al paziente di rientrare nel normopeso e riuscire a perdere i kg di peso corporeo desiderati.

Lo stato di idratazione è molto buono. L'acqua totale (TBW) è elevata perché il paziente ha una elevata massa muscolare (idratata) e l'acqua extracellulare (ECW) tende al limite inferiore → il soggetto non ha ritenzione idrica.

Impostazione del piano nutrizionale:

Calcolo Peso Ideale (formula di Lorentz): $h(\text{cm}) - 100 - [(h - 150) / 4] = 73 \text{ kg}$

Il valore del peso ideale considera soltanto l'età e l'altezza del paziente e spesso non corrisponde alle esigenze e all'obiettivo di quest'ultimo.

Calcolo Peso per avere BMI=23: $23 \times h^2(3,28) = 75,4 \text{ kg}$

Calcolo del Metabolismo basale (formula di Schofield): = 1726 Kcal

Calcolo del MB attraverso BIA: 1939,6 Kcal

Calcolo Fabbisogno Calorico Giornaliero: $\text{MB} \times \text{LAF} (1,56) = 2693 \text{ Kcal}$

Tenendo conto dei dati della Bioimpedenziometria, dei calcoli del fabbisogno energetico del paziente e del suo obiettivo è stata impostata una dieta di circa 1700-1800 Kcal/die (minore rispetto al fabbisogno calorico giornaliero per andare a generare una perdita di peso corporeo).

La quota proteica è stata calcolata come $1,2g \times BW$ (che rientra nei valori di riferimento LARN). Per lo sport di endurance, a differenza degli sport di potenza (come visto precedentemente con il caso studio 1) non è necessario aumentare eccessivamente l'apporto di proteine in quanto un aumento di massa muscolare non è l'obiettivo primario del paziente.

I carboidrati sono stati calcolati come $3g \times BW$, un apporto medio, adatto all'età e alle caratteristiche del paziente (non presenta insulino-resistenza).

Infine si completano le calorie totali con i lipidi.

Distribuzione dei macronutrienti:

- Proteine ($1,2g \times BW$) \rightarrow 106 g = 25%
- Carboidrati ($3g \times BW$) \rightarrow 213g = 50%
- Lipidi \rightarrow 57g = 25%

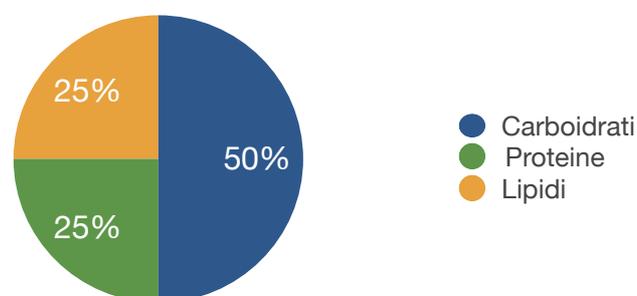


Figura 26. Rappresentazione grafica della distribuzione dei macronutrienti

Ripartizione nei singoli pasti:

- Colazione 20% —> 340 kcal
- Spuntino 5% —> 85 kcal
- Pranzo 35% —> 595 kcal
- Merenda pomeridiana 10% —> 170 kcal
- Cena 30% —> 510 kcal

E' stato impostato un piano alimentare giorno per giorno che rispettasse le abitudini del paziente, con delle possibili varianti agli alimenti prescritti in modo che il soggetto potesse variare tra gli alimenti presenti nella lista delle alternative.

E' stato tenuto conto degli orari e della durata dell'allenamento, introducendo:

1) Una merenda pre-workout costituita da:

- Una fetta di crostata di 40g
- Integratore alimentare pre-workout: una bustina (45g) di gel contenente 27g di carboidrati (di cui 30% isomalto che rispetto agli altri zuccheri innalza l'indice glicemico più lentamente) + 50 mg di caffeina (alcaloide naturale con effetto stimolante sul sistema nervoso: antagonista recettoriale dell'adenosina; sostanza ergogenica che aumenta frequenza cardiaca e pressione arteriosa, migliora la resistenza durante attività fisica).

Sono stati valutati sufficienti circa 30g di carboidrati per un allenamento di durata inferiore alle 2 ore.

L'utilizzo di un gel permette un assorbimento dei carboidrati più prolungato nel tempo.

2) Un' integrazione post-allenamento costituita da:

- Una busta (15g) di After-sport drink: fonte di Carboidrati (60% —> 9,4g); Maltodestrine (15%); Amminoacidi ramificati (L-Glutammmina (6,72%) - L-Leucina (6,72%) - L-Isoleucina (3,36%) - L-Valina (3,36%)); Vitamine C,E,B6

Sotto richiesta del paziente, oltre alle giornate di allenamento, è stata introdotta una giornata tipo finalizzata all'alimentazione per il giorno della gara sportiva:

- Colazione: stessi alimenti delle giornate di allenamento ma consumanti almeno 3h prima dell'inizio della competizione .
- Pre-workout: una fetta di crostata di 40g + 2 bustine dello stesso integratore alimentare indicato per i giorni di allenamento (la gara può avere una durata anche di 4 ore quindi la quota di carboidrati necessari raddoppia rispetto all'allenamento).
- During-workout: è stato consigliato di mantenere la supplementazione che il soggetto già adottava in autonomia: una borraccia contenente acqua, maltodestrine e sali minerali (magnesio e potassio), una contenente solo acqua. Inoltre ogni 10' circa una confezione di gel energetico di maltodestrine a lento rilascio.
- Post-workout: una busta (50g) a base di Maltodestrine (81,8%); Amminoacidi ramificati (Leucina, Isoleucina, Valina, L-glutammmina); mix di Vitamine, da sciogliere in 350mL di acqua.

Risultati controllo:

Come controllo finale del percorso alimentare svolto, è stato preso in considerazione il successivo alla competizione Ultradolomites, l'obiettivo sportivo principale del paziente, circa quattro mesi dopo la prima visita.

Questo ha permesso di avere un doppio riscontro: il primo di tipo analitico mediante lo studio dei risultati dell'analisi antropometrica, il secondo riguardo alla soddisfazione e al successo del paziente nel raggiungimento del suo scopo sportivo.

Nei quattro mesi trascorsi dalla prima visita al controllo finale sono stati monitorati i suoi parametri corporei tramite analisi BIA in modo da verificare se il percorso stesse procedendo nella direzione corretta.

Le nutrizioniste si sono sempre rese disponibili a effettuare eventuali modifiche se i valori si fossero discostati da quelli attesi o desiderati oppure se il paziente avesse avuto richieste o esigenze particolari.

Riscontri antropometrici: misurazioni con bilancia bioimpedenziometrica

- Altezza (cm) = 181 cm \rightarrow $h^2 = 3,276$ (utilizzata per il calcolo del BMI)
- Peso = 79,7 kg
- Massa grassa (%) = 13,5% (MOLTO BASSA in relazione a sesso ed età del paziente)
- Massa muscolare = 65,5 kg
- Metabolismo basale = 1875,4 Kcal (calcolato attraverso BIA)
- % Acqua corporea = 61,9 % \rightarrow individuo leggermente iper-idratato

- Massa ossea = 3,5 kg
- Età metabolica = 19 anni → metabolismo molto attivo
- Livello grasso viscerale = 6 → basso rischio di sviluppo patologie cardiovascolari

Calcolo del BMI (Body Mass Index) = $79,7 / (1,81)^2 = 24,3$ → il paziente risulta NORMOPESO.

Valutazione della composizione corporea mediante BIA:

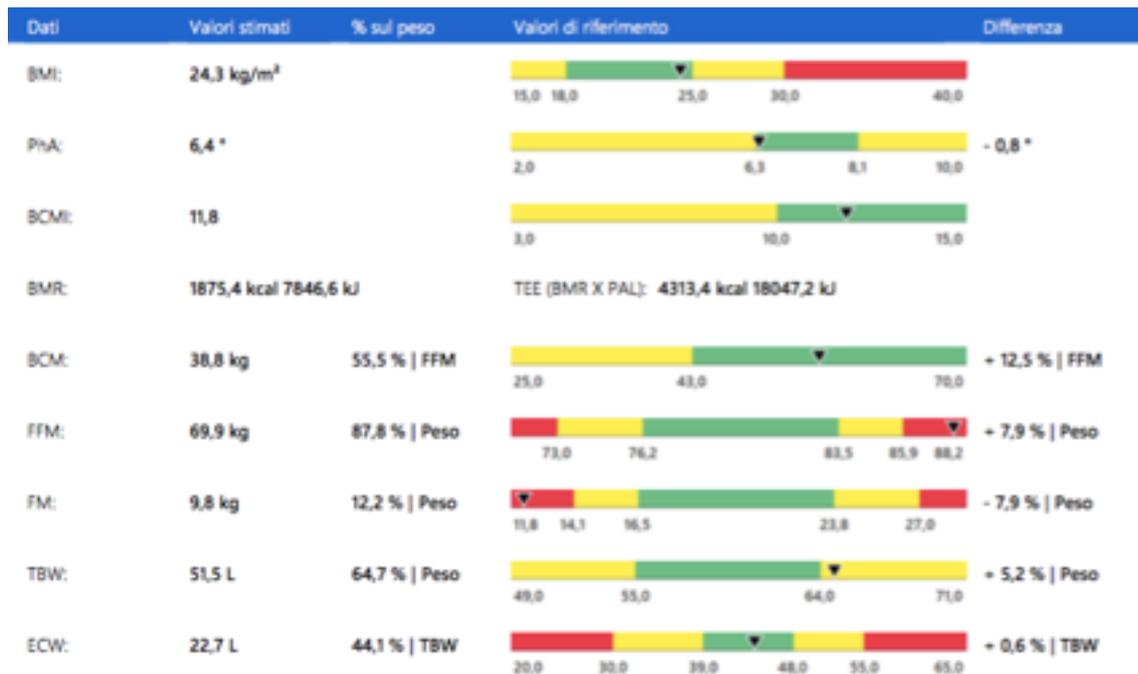


Figura 27. Rappresentazione grafica dei valori di composizione corporea analizzati tramite BIA

L'analisi Bioimpedenziometrica si discosta leggermente in alcuni valori rispetto alla bilancia:

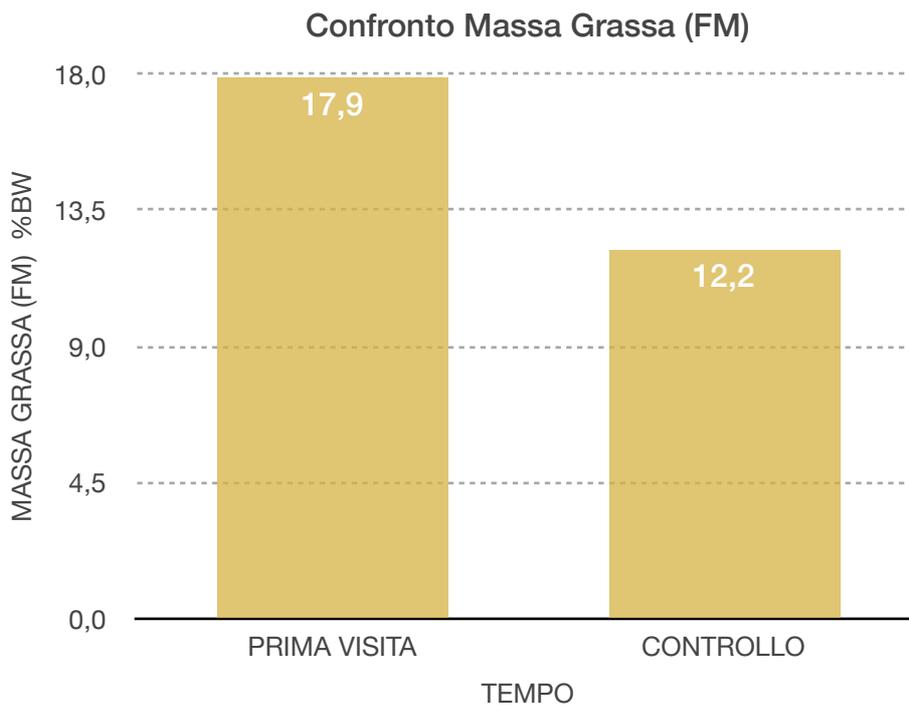
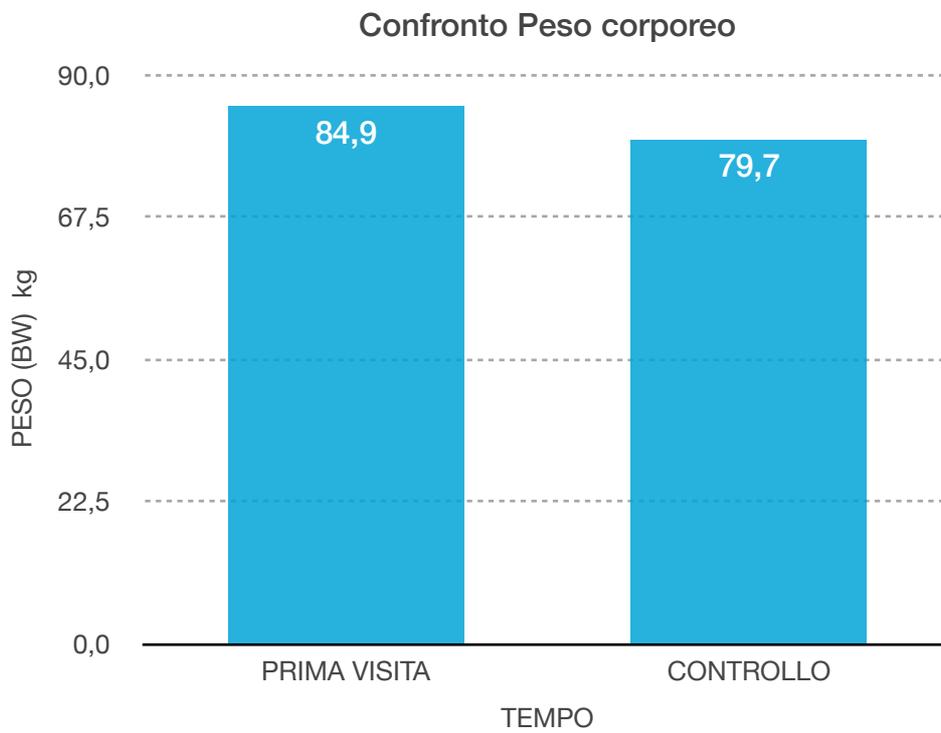
- Massa Grassa (FM) = 12,2% —> questo valore risulta sceso notevolmente rispetto alla prima visita tanto da uscire dall'intervallo dei valori fisiologici considerati sulla media della popolazione (infatti risulta nel tratto rosso).
- Massa Magra (FFM) = 69,9kg —> questo valore risulta superiore alla media (oltre il limite fisiologico considerato dal programma).
- Massa Muscolare (BCM) = 38,8 —> si è mantenuto costante il tono muscolare, è leggermente inferiore rispetto alla prima visita ma è del tutto aspettato poiché quando si cerca una perdita di peso non è possibile che ci sia una diminuzione esclusivamente della massa grassa. Una piccola quota di perdita di massa muscolare è inevitabile.

C'è da considerare però che tali valori di riferimento non tengono conto della possibilità che il soggetto sia un atleta o delle necessità specifiche di ogni individuo.

Il paziente in esame infatti, pur partendo da una composizione corporea ottimale (lo dimostra il fatto che la BIA della prima visita aveva riportato i parametri tutti all'interno dei range fisiologici —> verde), aveva espresso specifico desiderio e necessità di perdere peso e massa grassa per affrontare la gara di endurance a cui si stava preparando.

L'acqua corporea totale (TBW) = 64,7% risulta leggermente alta ma è un valore aspettato perché la visita di controllo è stata effettuata in un periodo ravvicinato alla gara in cui il paziente aveva aumentato di molto la sua idratazione.

Confronto dei parametri di composizione corporea dalla prima visita al controllo:



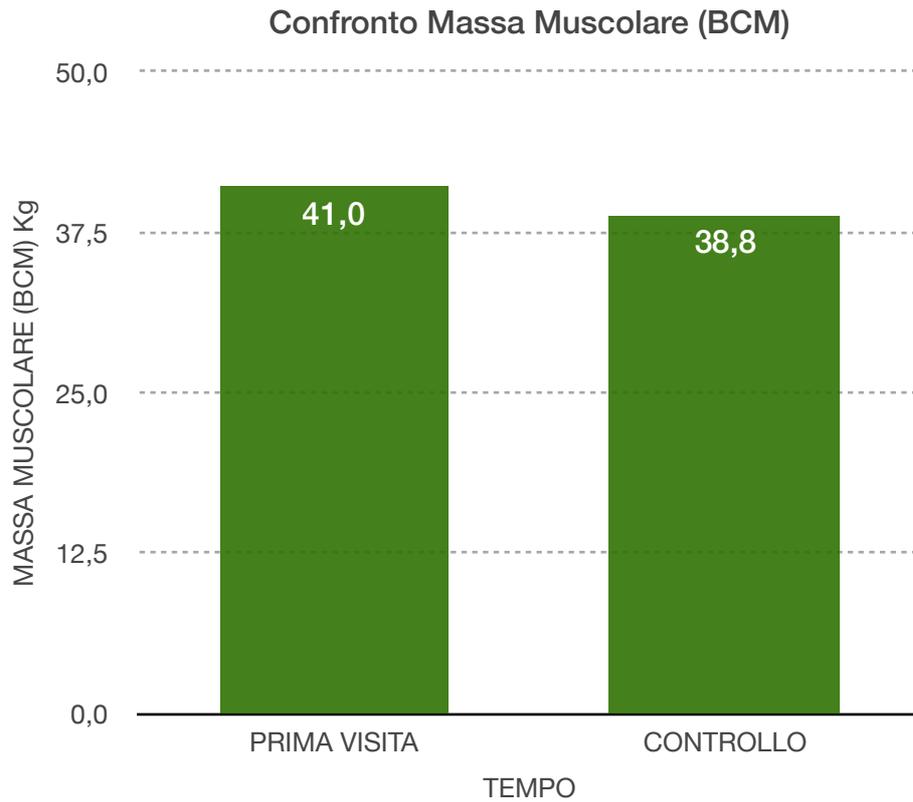
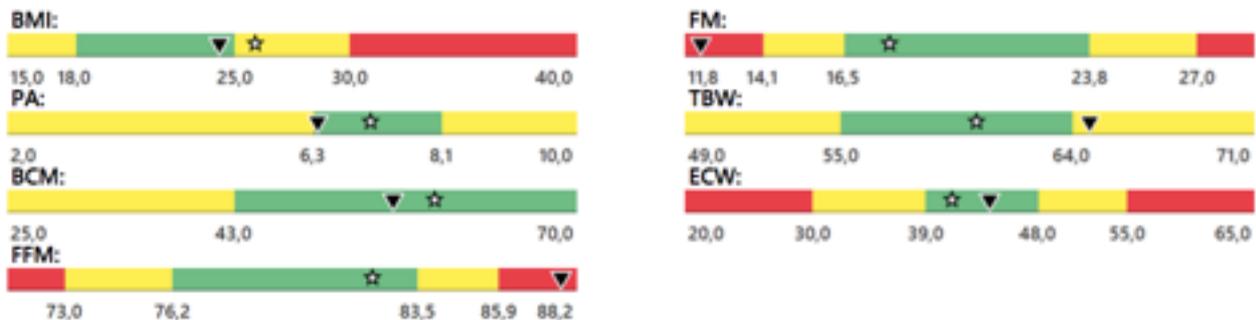


Figure 28,29,30. Rappresentazione grafica del confronto dei valori di composizione corporea tra la prima visita e il controllo.

Confronto valori BIA:



☆ = prima visita

▼ = controllo

Figura 31. Confronto dei dati analizzati tramite BIA tra prima visita e controllo

Riscontri personali:

Il paziente risulta altamente soddisfatto, è riuscito a completare Ultradomites con successo in un tempo molto inferiore alle sue aspettative, dichiarando di sentire il suo corpo molto più energico e resistente alla fatica.

Dichiara di sentirsi meglio anche durante gli allenamenti e di averne incrementato l'intensità e infine anche nella vita quotidiana di non sentirsi più molto stanco come prima di iniziare il percorso alimentare.

DISCUSSIONE:

L'alimentazione rappresenta uno dei pilastri della performance per l'atleta. È ovvio che un'adeguata nutrizione sia alla base di un'ottimale resa sportiva ma, in questi ultimi anni, numerosi nuovi stili alimentari si sono affacciati alla ribalta e sempre più atleti seguono questa o quella "filosofia" nutrizionale.

Diventa importante quindi individuare quale piano nutrizionale sia adatto ad un determinato tipo di atleta in base allo sport praticato e alle evidenze scientifiche sugli effetti che l'alimentazione porta sulla performance atletica.

L'intervento del biologo nutrizionista ha il fine di riuscire a personalizzare una dieta in base al soggetto che la richiede, alle sue caratteristiche di composizione corporea, metaboliche e muscolari e alla durata e intensità dell'attività fisica così come agli obiettivi individuali.

Sono portati a dimostrazione di questo concetto i due pazienti che sto trattando come casi studio in questa tesi e il cui percorso nutrizionale ho seguito durante il tirocinio presso lo studio delle dottoresse Ghignotti e Cremonti le quali infatti, grazie ad una approfondita valutazione di anamnesi ed esami antropometrici, sono state in grado di stilare un piano alimentare completamente personalizzato per ognuno di loro.

Le differenze tra i due soggetti sono infatti notevoli soprattutto per quanto riguarda:

- Apporto energetico/calorico giornaliero totale
- Apporto giornaliero di carboidrati
- Quota proteica
- Integrazione e supplementazione alimentare

Apporto energetico totale giornaliero:

I piani nutrizionali dei due pazienti in esame sono decisamente differenti, in quanto per il paziente 1 è stata prodotta una dieta con un apporto calorico di circa 3000 Kcal/die mentre per il paziente 2 di circa 1800 Kcal/die.

Questi due valori rispecchiano le esigenze dei due soggetti e sono stati calcolati in base alle loro caratteristiche antropometriche e alla loro attività fisica.

Nel **primo caso**, l'apporto energetico è leggermente inferiore rispetto al calcolo del fabbisogno ma comunque maggiore rispetto al precedente introito dichiarato dal paziente (circa 2500 Kcal/die). Con questo aumento calorico si è arrivati ad ottenere:

- Un aumento ponderale di 4,8 kg che rispecchia l'obiettivo che era stato prefissato alla prima visita.
- Un margine di miglioramento, ovvero la possibilità di aumentare progressivamente (fino a circa 3300 Kcal/die), per ottenere un ulteriore aumento ponderale qualora fosse ritenuto necessario da parte del biologo nutrizionista o desiderato dal soggetto.
- La capacità del soggetto di gestire allenamenti più impegnativi, con sovraccarichi maggiori rispetto all'inizio del percorso.

Nel **secondo caso**, al contrario, valutati i riscontri antropometrici e le esigenze del paziente, è stato prodotto un piano nutrizionale che appor-tasse un deficit calorico rispetto al fabbisogno calcolato tramite la formula $MB \times LAF$ (2693 Kcal/die) con il fine di ottenere un calo ponderale.

Il soggetto infatti alla prima visita aveva un BMI di 25,9 e risultava pertanto sovrappeso, condizione che, oltre ad essere migliorabile in generale, era sfavorevole rispetto allo sport di endurance che pratica.

Il deficit calorico, di concerto con la struttura complessiva del piano, ha portato i risultati desiderati, infatti si è ottenuto:

- Perdita di peso da 84,9kg a 79,7kg
- Conseguente diminuzione del BMI da 25,9 a 24,3 che permette di far rientrare il paziente all'interno dell'intervallo dei soggetti normopeso.
- Soddisfazione personale e feedback di prestazione sportiva nettamente migliorato (il peso perso ha reso gli allenamenti e la gara considerevolmente più efficaci e sostenibili).

Apporto giornaliero di carboidrati:

I Glucidi sono alimenti con funzione specificamente energetica il cui apporto nell'atleta sportivo deve essere calcolato in relazione al tipo, alla durata e all'intensità dell'attività fisica.

I carboidrati devono fornire l'energia utile per sostenere l'allenamento o la competizione, andando anche a costituire i depositi di glicogeno muscolare.

Inoltre, essendo i componenti principali della ripartizione dei nutrienti e apportando la maggior parte delle calorie totali della dieta, il biologo nutrizionista deve calibrare correttamente la quota se uno degli obiettivi del paziente è quello di ottenere un'aumento o un calo ponderale.

Risulta quindi importante valutare la condizione di partenza dell'atleta e se sia necessario un'aumento o una diminuzione della quota glucidica rispetto a quella introdotta con l'alimentazione precedente (indagata nell'anamnesi alimentare durante la prima visita).

Per aumentare il peso e la massa corporea del soggetto nel caso 1, le nutrizioniste hanno aumentato notevolmente la quantità di carboidrati nella dieta rispetto alle abitudini alimentari del ragazzo, calcolando un apporto di 5,0 g x BW/die

Nel caso 2 invece la richiesta di perdita di peso corporeo da parte del soggetto ha portato alla diminuzione dell'apporto rispetto alla dieta iperglucidica che seguiva precedentemente, portandolo a 3,0 g x BW/die. La valutazione in questo caso è stata influenzata anche dal tipo di allenamento praticato, quindi non si è scesi sotto il questo valore per non limitare le scorte energetiche utili all'attività. L'introito di carboidrati è stato attentamente introdotto nei tempi più adatti all'efficacia nei confronti di allenamenti e gare.

Infatti, è stata ritenuta necessaria l'introduzione di spuntini all'interno della giornata (con il piano che seguiva precedentemente non faceva spuntini), per non arrivare al pranzo o alla cena con eccessiva fame (come infatti aveva dichiarato durante la prima visita).

Inoltre la distribuzione dei nutrienti risulta ben equilibrata durante tutta la giornata e ottimale per un atleta che affronta sedute di allenamento sia di mattina che di pomeriggio in base ai giorni della settimana. (Potgieter et al.,2013).

Quota proteica:

Il fabbisogno proteico giornaliero di soggetti sportivi ed atleti di discipline di forza, velocità ed endurance è maggiore rispetto a quello di soggetti sedentari.

Grazie alla loro funzione energetica e plastica infatti le proteine introdotte con la dieta sono fondamentali per la sintesi proteica muscolare, ne riducono la disgregazione e riparano i danni muscolari indotti dall'esercizio fisico che aumenta l'ossidazione dei substrati proteici.

Per la Società Italiana di Nutrizione Umana-SINU, i LARN – Livelli di assunzione di riferimento per la popolazione italiana per quanto riguarda il fabbisogno proteico indica un valore compreso tra 0,8g e 1g x BW/die.

Tuttavia, nei soggetti sportivi, studi recenti hanno dimostrato come sia necessario un apporto superiore in base al tipo e all'intensità dell'attività fisica:

Recentemente l'International Society of Sports Nutrition (ISSN) ha riconsiderato il problema della quota proteica raccomandabile sicura e efficace per chi svolga un'attività fisica importante, riassumendolo in alcune linee guida che riguardano le persone fisicamente attive a prescindere dalle classi d'età:

- I soggetti fisicamente attivi necessitano di una quota proteica più abbondante delle 0.8 g/kg/d raccomandata normalmente tale quota deve essere compresa tra 1.4 e 2.0 g /d .
- L' uso di integratori proteico-amminoacidici permette una manipolazione della razione alimentare adeguata alle richieste dell'organismo.
- La qualità delle proteine ella razione alimentare deve esser considerata per adottare proteine o integratori proteici mirati al bisogno. Sono consigliate proteine del siero di latte o caseina.
- Si rileva l'importanza del momento di assunzione (pre- e post- esercizio) per mantenere la funzione immunitaria e favorire la risposta adattativa. (Potgieter et al.,2013)

Daily or habitual protein requirements		
Physical activity level	g/kg BW/day	Comments
ISSN		
General fitness	0.8-1.0 g/kg BW	Focus on protein quality. Amino-acid content. Whole foods. Safe, convenient supplements where needed.
Older individuals	1.0-1.2 g/kg BW	
Moderate amount of intense training	1.0-1.5 g/kg BW	
High volume of intense training	1.5-2.0 g/kg BW	

Figura 32. Tabella relativa al fabbisogno proteico degli atleti in relazione a soggetti sedentari. ISSN, International Society of Sport Nutrition.

Come dimostra la tabella, nei soggetti che praticano allenamenti ad elevati livelli di volume ed intensità, il fabbisogno proteico è nettamente maggiore.

I due soggetti che sono trattati in questa tesi praticano entrambi sport intensi ma di natura completamente diversa, pertanto la richiesta proteica del loro organismo risulta altrettanto differente.

Nel **caso studio 1** il soggetto, praticando uno sport di potenza con utilizzo di sovraccarichi è più soggetto a degradazione delle proteine muscolari.

Il piano nutrizionale prevede infatti un'apporto proteico giornaliero di 150 g corrispondenti a 2.0 g x BW/die ovvero il valore massimo indicato dalle linee guida ISSN.

Una quantità elevata di proteine si è potuta introdurre nella dieta solo dopo attenta valutazione delle analisi del sangue che non hanno rilevato alcuna patologia o insufficienza renale, inoltre il soggetto è giovane e in ottima salute generale.

Una quota proteica elevata ha permesso al soggetto di recuperare le scorte di amminoacidi tra un allenamento e l'altro favorendo il recupero muscolare e aumentando la massa e il tono muscolare.

I dati della BIA e la misurazione delle circonferenze corporee raccolti durante la visita di controllo confermano l'efficacia del piano nutrizionale evidenziando, oltre all'aumento ponderale :

- Aumento della BCM (massa cellulare corporea equivalente alla massa muscolare) da 39,9 kg a 42,0 kg.
- Aumento delle circonferenze di torace e bicipiti per aumento della massa muscolare. (Antonio J.,2007)

Il **caso studio 2**, invece, praticando uno sport di resistenza, ha bisogno di una quantità di proteine minore rispetto a chi pratica sport di forza e di potenza.

Il fabbisogno giornaliero è comunque maggiore rispetto a quello di individui sedentari poiché l'attività prolungata di endurance aumenta l'ossidazione di alcuni amminoacidi tra cui la leucina.

Dopo un allenamento la sintesi proteica aumenta per le successive 24h-48h, ma aumenta anche la degradazione della componente proteica, che deve essere ripristinata. Negli sport di resistenza, a causa di un esaurimento delle scorte di glicogeno, avviene un certo consumo di proteine degradate per ottenere altri zuccheri (gluconeogenesi): le strutture carboniose degli amminoacidi vengono riutilizzate nel fegato. Da lì tornano ai muscoli sotto forma di glucosio. Si pensa che l'aumentata scissione di proteine rifletta il tentativo del corpo di mantenere una concentrazione di glucosio nel sangue sufficiente a garantire le funzioni del sistema nervoso centrale. (Deschenes MR et al., 2002)

Pertanto il piano nutrizionale dell'atleta 2 prevede 106 g corrispondenti a 1,2 g x BW/die di proteine.

Il soggetto, non avendo necessità specifiche di forza o esplosività, non necessita di aumentare la massa muscolare, tuttavia considerando l'obiettivo di calo ponderale che era stato fissato alla prima visita, era difficile riuscire a mantenere un tono muscolare costante:

Mantenendo la quota proteica leggermente più elevata rispetto ai valori LARN e in linea con ISSN, le biologhe nutrizioniste hanno permesso al soggetto di mantenere tale tono muscolare elevato.

I risultati della BIA alla visita di controllo confermano infatti solo un leggero calo della BCM da 41,0 kg a 38,8 (con una perdita di peso corporeo di 5,2 kg si può considerare un ottimo risultato).

I riscontri personali del soggetto confermano un buon mantenimento della resistenza muscolare durante l'allenamento e durante la gara.

Integrazione e supplementazione alimentare:

Una sana alimentazione di base è l'elemento principale, che incide sul rendimento e sulle prestazioni sportive. È possibile ottimizzare l'assunzione di sostanze energetiche e nutritive adeguando la quantità e la se-

lezione degli alimenti alle esigenze individuali come precedentemente trattato.

Gli integratori alimentari, tuttavia, possono completare l'alimentazione di base in funzione di obiettivi specifici individuali o della disciplina sportiva praticata.

Come per la valutazione del fabbisogno dei nutrienti, anche nel caso dell'integrazione i due soggetti trattati in questa tesi hanno esigenze e obiettivi completamente diversi.

Per il **caso studio 1** non è stata considerata necessaria l'integrazione pre-workout, poiché il tipo di attività fisica non comporta un consumo di energia immediato, e non è necessario introdurre una fonte di carboidrati immediatamente disponibili per l'organismo.

Al contrario l'utilizzo dei sovraccarichi, anche per un tempo prolungato provoca una diminuzione delle scorte di glicogeno muscolare e un'esaurimento delle fonti di energia.

Risulta quindi fondamentale invece un'integrazione post-workout da assumere subito dopo l'allenamento entro la prima mezzora dopo la fine dell'attività fisica.

E' stato introdotto nel piano nutrizionale un integratore "After sport drink" a base di carboidrati semplici (9,4g) e di sali minerali per ristabilire l'omeostasi glicemica e l'equilibrio degli elettroliti.

Sempre compresa nell'integrazione post-workout è inserita una barretta proteica contenente almeno 15 g di proteine (questa quota proteica rientra nel conto totale calcolato come $2g \times BW/die$):

in questo caso il **timing** dell'assunzione delle proteine gioca un ruolo fondamentale nel ripristino delle funzioni muscolari, nel recupero post allenamento e nell'aumento della massa corporea in risposta all'ipertrofia muscolare.

L'assunzione di proteine e amminoacidi dopo l'allenamento fisico in quella che viene definita "finestra anabolica" è cruciale per generare un'ambiente favorevole per l'ipertrofia muscolare inducendo la sintesi delle proteine miofibrillari. (Aragon et al., 2013).

Infine, sempre nell'immediato post-allenamento è stata introdotta un quantità di 3g al giorno di Creatina monoidrato.

Studi scientifici dimostrano che, grazie alle sue proprietà anaboliche e di deposito di energia come componente essenziale della fosfocreatina, la supplementazione di creatina migliora la capacità esplosiva negli allenamenti di potenza (Kreider et al., 2008) ed è stato dimostrato che la creatina può favorire adattamenti molecolari come l'espressione di proteine miofibrillari (Willoughby e Rosene 2003).

Evidenza e conferma di questo, di concerto con tutte le altre accortezze alimentari, precedentemente trattate, sono i risultati ottenuti dal soggetto seguito dalle dottoresse che ha realizzato con successo sia gli obiettivi fisici che di performance che si era prefissato all'inizio del percorso.

Come precedentemente visto, infatti, l'aumento della massa e del tono muscolare sono stati considerevoli, le circonferenze corporee mostrano una corporatura più robusta e più forte.

La percezione del soggetto e la sua capacità di sostenere allenamenti più intensi e con maggiore sovraccarichi aggiungono valore al successo del piano nutrizionale nella sua completezza.

Anche per il **caso studio 2** l'integrazione alimentare rappresenta un punto fondamentale della dieta, ma è molto differente dal caso 1.

Gli allenamenti di lunga durata che questo atleta deve sostenere necessitano di un apporto di energia e di macro-nutrienti che permetta di mantenere un livello di performance elevato per lungo tempo.

L'esigenza di poter usufruire di energia nell'immediato, all'inizio dell'attività ha reso necessario l'introduzione di un'integratore pre-workout costituito principalmente da una fonte di carboidrati (27g) e caffeina.

I carboidrati somministrati sono preparati sotto forma di gel e sono a basso indice glicemico:

- il gel permette un assorbimento più lento e prolungato

- il basso indice glicemico evita un innalzamento troppo brusco della curva glicemica e insulinica impedendone un'altrettanto rapida discesa che porterebbe all'esaurimento delle energie.

Sono stati calcolati e considerati sufficienti circa 30 g di carboidrati ogni 2 ore di allenamento o gara: durante la competizione (di circa 4h) il gel consigliato contiene il doppio dell'apporto glucidico.

La caffeina, con la sua azione stimolante sul sistema nervoso e grazie alla sua capacità ergogenica (aumento della frequenza cardiaca e della pressione arteriosa), permette all'atleta di essere pronto a praticare l'allenamento o la gara dal principio e migliora la resistenza durante l'attività. (Goldstein.,2010)

Terminato l'allenamento il ripristino delle energie, delle scorte di glicogeno muscolare e il recupero muscolare sono il principale obiettivo dell'integratore post-workout introdotto nella dieta. (Levenhagen DK.,2001)

L' after sport drink prescritto contiene 9,4g di carboidrati, una quota di maltodestrine, amminoacidi ramificati e vitamine.

La integrazione con amminoacidi essenziali EAA è importante nell'atleta di endurance in fase post-esercizio, in cui va data massima priorità allo stimolo dei meccanismi deputati alla riparazione delle cellule muscolari danneggiate e al ripristino dell'integrità delle catene proteiche miofibrillari. L'associazione con vitamine B1 e B6 ha evidenti vantaggi secondo molti studi scientifici.

Infine durante la gara, si è raccomandato il soggetto di mantenersi idratato con acqua e sali minerali. (NJ.,2001)

Anche in questo caso il successo dell'introduzione di integratori alimentari specifici, in un contesto di alimentazione equilibrata e personale, ha portato a risultati ottimali.

L'atleta si dice altamente soddisfatto dei risultati ottenuti, che gli hanno permesso di conseguire con successo gli allenamenti e la competizione "Ultradolomites", manifestando una capacità di sostenere lo sforzo prolungato molto migliorata, di avere maggiore energia e forza, sentendosi infine più leggero e più agile.

CONCLUSIONE:

Obiettivo di questa tesi era sottolineare e dimostrare come l'alimentazione e l'integrazione alimentare giochino un ruolo fondamentale nello sviluppo di uno stato di forma ottimale e nella performance sportiva di atleti amatoriali.

In particolare si è voluto evidenziare come la personalizzazione e la specificità del piano nutrizionale per ciascuno dei due sportivi, con caratteristiche fisiche e atletiche completamente diverse, sia stata estremamente efficace.

Non basta quindi seguire una sana e varia alimentazione, ma il successo del percorso nutrizionale dei due pazienti è il risultato di esperienza e studio approfondito da parte di professionisti in grado di produrre un piano nutrizionale completamente adatto a ciascuno di loro.

I due soggetti, grazie ad una dieta "cucita su di se", che comprendesse una specifica ripartizione dei nutrienti e un'integrazione mirata all'attività sportiva praticata, sono riusciti a raggiungere sia obiettivi fisici che di performance, che non erano riusciti a raggiungere seguendo piani alimentari generici e non personalizzati da un professionista.

RINGRAZIAMENTI:

Vorrei ringraziare in primis le dottoresse Mariaisabella Ghignotti e Silvia Cremonesi per avermi dato l'opportunità di seguire il tirocinio presso il loro studio e per essere state sempre disponibili e professionali.

Inoltre ringrazio la professoressa Ilaria Demori per avermi sostenuto e guidato durante tutto il percorso universitario e durante la stesura di questa tesi e la professoressa Laura Sturla per la disponibilità come correlatrice.

Ringrazio i miei genitori che sono sempre stati al mio fianco, hanno fatto tantissimi sacrifici per permettermi di frequentare l'università. Vi voglio un mondo di bene

Ringrazio Vale che mi sostiene in qualsiasi cosa e mi ispira e sprona a dare sempre il meglio di me e con cui amo condividere tutto.

BIBLIOGRAFIA:

Adams GR, Caiozzo VJ, Haddad F, Baldwin KM. Cellular and molecular responses to increased skeletal muscle loading after irradiation. *Am J Physiol Cell Physiol* 283:C1182-1195, 2002.

Andersen LL, Tufekovic G, Zebis MK, Cramer RM, Verlaan G, Kjær M, et al. The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism*. 2005;54(2):151–6.

Antonio J, Kalman D, Stout JR, et al. (2008). *Essential of sports nutrition and supplements*.

Antonio J. International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 2007;4:6.

Aragon AA, Schoenfeld BJ. Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013

Arienti G. *Le basi molecolari della nutrizione*. Edizioni Piccin, Padova, 2003.

Aw TY, Jones DP. Nutrient supply and mitochondrial function. *Annu Rev Nutr* 9:229-251, 1989.

Biolo G, Tipton KD, Klein S, Wolfe RR. An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am J Physiol*. 1997;36(1), E122.

Blomstrand E, Aprò W, Borgenvik M (2012) Intake of branched-chain amino acids influences the levels of MAFbx mRNA and MuRF-1 total protein in resting and exercising human muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 302(5):E510-21.

Bosco C., "La forza muscolare, aspetti fisiologici ed applicazioni pratiche". Ed. Società Stampa Sportiva, Roma, 1997.

Brouns F, van der Vusse GJ. Utilization of lipids during exercise in human subjects: metabolic and dietary constraints. *Br J Nutr* 79:117-128, 1998.

Brouns F, Kovacs E (1997). Functional drinks for athletes. Trends in Food Science & Technology 8, 414-421.

Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. J Sports Sci. 2011;29 Suppl 1:S17-27.

Caldarera CM. Biochimica sistematica umana. Edizioni Clueb 2007.

Chilibeck PD, Calder AW, Sale DG, Webber CE. A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 77:170-175, 1998.

Chilibeck PD, Stride D, Farthing JP, Burke DG. Effect of creatine ingestion after exercise on muscle thickness in males and females. Med Sci Sports Exerc 36:1781-1788, 2004.

Churchward-Venne TA, Burd NA, Mitchell CJ, West DW, Philp A, Marcotte GR, et al. Supplementation of a suboptimal protein dose with leucine or essential amino acids: effects on myofibrillar protein synthesis at rest and following resistance exercise in men. J Physiol. 2012.

Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. Am J Phys Med Rehabil 81:S52-69, 2002.

Coyle EF (2004). Fluid and fuel intake during exercise. Journal of Sports Sciences 22, 39-55
Jeukendrup AE (2004).

Dal Monte A. Fisiologia e medicina dello sport Ed. Sansoni Firenze 1984.

Deschenes MR, Kraemer WJ. Performance and physiologic adaptations to resistance training. Am J Phys Med Rehabil 81:S3-16, 2002.

Fox Bowers Foss. Le basi fisiologiche dell'educazione fisica e dello sport. Il pensiero scientifico editore. Roma 1995.

Gabriele Pellizza. "Composizione corporea: dalla fisiologia alla pratica". 2018.

Garth AK, Burke LM. What do athletes drink during competitive sporting activities? Sports Med 43:539-564, 2013.

H. Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. J Appl Physiol. 1992;73(5):1986-95.

Hajsadeghi S, Mohammadpour F, Manteghi MJ, Kordshakeri K, Tokazebani M, Rahmani E, Hassanzadeh M. Effects of energy drinks on blood pressure, heart rate, and electrocardiographic parameters: An experimental study on healthy young adults. *Anatol J Cardiol* 16:94-99, 2016.

Harland B. Caffeine and nutrition. *Nutrition* 2000.

Hulmi JJ, Lockwood CM, Stout JR. Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. *Nutr Metab*. 2010

Insegnamento di "Analisi e legislazione del prodotto alimentare" UNIGE.

Insegnamento di "Fisiologia e Nutrizione Umana" UNIGE.

Insegnamento di "Biochimica della nutrizione" UNIGE.

International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance – *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2010 – Erica R Goldstein et al.

Lemon P, Tarnopolsky M, MacDougall J, Atkinson S. Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. *J Appl Physiol*. 1992;73(2):767–75.

Lemon P. Protein and amino acid needs of the strength athlete. *Int J Sport Nutr*. 1991;1(2):127–45.

Lemon P.W., Berardi J.M., Noreen E.E.: The role of protein and amino acid supplements in the athlete's diet: does type or timing of ingestion matter? *Curr Sports Med Rep* 1(4):214-21, 2002.

Levenhagen DK, Gresham JD, Carlson MG, Maron DJ, Borel MJ, Flakoll PJ. Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol*. 2001.

Maunder E, Podlogar T, Wallis GA. Postexercise Fructose-Maltodextrin Ingestion Enhances Subsequent Endurance Capacity. *Med Sci Sports Exerc.* 2018.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia applicata allo sport.* Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 2011.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *L'alimentazione nello sport.* Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 2011.

Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, Aragon AA, Devries MC, Banfield L, Krieger JW, Phillips SM. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br J Sports Med.* 2018.

Negro M, Conti G, Marzatico F (2007) *Nutrizione e Sport.* EdiErmes, Milano.

Negro M, Conti G, Marzatico F: Un supplemento per il recupero. *Sport&Medicina* 22(1):35-38 EdiErmes, Milano 2005.

NJ (2001). Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Medicine* 31, 701-715.

Olsen S, Aagaard P, Kadi F, Tufekovic G, Verney J, Olesen JL, Suetta C, Kjaer M. Creatine supplementation augments the increase in satellite cell and myonuclei number in human skeletal muscle induced by strength training. *J Physiol* 573:525-534, 2006.

Phillips SM, Hartman JW, Wilkinson SB. Dietary protein to support anabolism with resistance exercise in young men. *J Am Coll Nutr.* 2005;24(2):134S-9.

Poole C, Wilborn C, Taylor L, Kerksick C. The role of post-exercise nutrient administration on muscle protein synthesis and glycogen synthesis. *J Sports Sci Med.* 2010;9(3):354.

Posabella G. *Integratori per l'atleta.* Alea Edizioni. 1999 Milano.

Potgieter S., Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition., 2001.

Prins PJ, Goss FL, Nagle EF, Beals K, Robertson RJ, Lovalekar MT, Welton GL. Energy Drinks Improve Five- Kilometer Running Performance in Recreational Endurance Runners. *J Strength Cond Res* 30:2979- 2990, 2016.

Raimondi A. La nutrizione nello sport. Piccin 1988 Padova.

Rasmussen BB, Tipton KD, Miller SL, Wolf SE, Wolfe RR. An oral essential amino acid- carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *J Appl Physiol*. 2000

Robinson JM, Stone MH, Johnson RL, Penland CM, Warren BJ, Lewis RD. Effects of different weight training exercise/rest intervals on strength, power, and high intensity exercise endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 9:216-221, 1995.

Sassi A. Allenamento e sovrallenamento. edi-ermes, Milano 1997.

Siani V. sport Energia Alimenti Zanichelli Bologna 1993.

Sohyun Park, Stephen Onufrak, Heidi M. Blanck, Bettylou Sherry. Characteristics Associated with Consumption of Sports and Energy Drinks among US Adults: National Health Interview Survey, *Journal of the Academy of nutrition and dietetics.*,2016.

Souza DB, Del Coso J, Casonatto J, Polito MD. Acute effects of caffeine-containing energy drinks on physical performance: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Nutr*, 2016.

Stark M, Lukaszuk J, Prawitz A, Salacinski A. Protein timing and its effects on muscular hypertrophy and strength in individuals engaged in weight-training. *J Int Soc Sports Nutr*. 2012

Tarnopolsky M, Atkinson S, MacDougall J, Chesley A, Phillips S, Schwarcz Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Aarsland AA, Sanford AP, Wolfe RR. Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *Am J Physiol*. 2007;292(1): E71–6.

Tipton KD, Phillips SM. Protein and amino acid supplements in exercise and sport.

Wallimann T, Harris R. Creatine: a miserable life without it. *Amino Acids* 48:1739-1750, 2016.

Wallis GA, Rowlands DS, Shaw C, Jentjens R, Jeukendrup AE. Oxidation of combined ingestion of maltodextrins and fructose during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise.*, 2005.

Willoughby DS, Rosene JM. Effects of oral creatine and resistance training on myogenic regulatory factor expression. *Med Sci Sports Exerc* 35:923-929, 2003.

Zawadzki KM, Yaspelkis BB, 3rd, Ivy JL. Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *J Appl Physiol* (1985) 72:1854-1859, 1992.

SITOGRAFIA:

<https://www.almamedical.altavista.org>

<https://arenatravagliato.it/nutrizione-peri-workout-negli-sport-di-potenza/>

<https://www.akern.com/prodotti-e-soluzioni/software-di-analisi-dati/bodygram-dashboard>.

http://biotecnica.altervista.org/lavoro-muscolare-anaerobico-lattacido-e-alattacido-quali-le-differenze/metab/?doing_wp_cron=1681567643.6699149608612060546875

https://www.bio-salute.it/modules/ycb_blog/views/img/post/Carnitina+aciltransferasi+I.jpg

<https://img.ibs.it/pdf/9788808980014.pdf>

https://marche.coni.it/images/marche/Proteine_e_sport_-_Montecchia-ni.pdf

<https://massimospattini.com/alimentazione-per-la-forza-2/#:~:text=L%27alimentazione%20per%20la%20forza%20dovrà%20quindi%20essere%20iper calorica%20e,sui%20guadagni%20di%20massa%20muscolare.>

<https://medicinaonline.co/2017/03/26/ciclo-di-krebs-e-respirazione-cellulare-spiegazione-facile-e-schema/>

<https://www.nutrizionistacorti.it/nutrizione-endurance.php>

<https://paulogentil.com/pdf/Timing%20of%20creatine%20or%20protein%20supplementation%20and%20resistance%20training%20in%20the%20elderly.pdf>

<https://www.projectinvictus.it/proteine.>

<http://www.roberta-martinoli-nutrizionista.it/esercizio-fisico-i-principi-fondamentali-della-fisiologia-dello-sport/>

<https://www.sanis.it/caffeina-e-sport/>

<https://sinu.it/2019/07/09/proteine.>

https://www.unisalento.it/documents/20152/207558/16_+Contrazione+muscolare.pdf/d0c576e2-fede-8e40-f0ed-ff22779cffbe?version=1.0