



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e
Ambiente

Corso di laurea in Scienze e Cultura della Gastronomia
Curriculum Tecnico e gestionale

**Creatina e performance sportive: basi biochimiche, applicazioni
pratiche e percezione negli sportivi**

Relatore:

Prof.ssa Sara Pegolo

Correlatore:

Dr.ssa Giulia Secchi

Laureando:

Federico Guerra

Matricola n. 2040127

ANNO ACCADEMICO 2024-2025

A te, mamma

RIASSUNTO

L'integrazione sportiva negli ultimi anni ha assunto un ruolo sempre più centrale nel mondo dello *sport* e del *fitness*, sia a livello professionistico che amatoriale. L'utilizzo di integratori tuttavia, suscita ancora pareri contrastanti: nell'immaginario collettivo persistono associazioni con le sostanze dopanti, preoccupazioni per i possibili effetti collaterali e poca fiducia nei confronti dell'effettiva efficacia di questi prodotti sull'organismo. Tra questi, la creatina rappresenta una delle sostanze maggiormente studiate, particolarmente rilevante per i suoi potenziali effetti sul miglioramento delle prestazioni fisiche. Nonostante le numerose evidenze scientifiche a supporto della sua efficacia, la creatina rimane al centro di un vivace dibattito, spesso alimentato e da opinioni divergenti e da percezioni non sempre basate su dati oggettivi.

L'obiettivo principale del presente elaborato è quello di analizzare in modo approfondito la relazione tra l'utilizzo di creatina e la *performance* sportiva, partendo dalle basi biochimiche, fino ad arrivare alle applicazioni pratiche e alla percezione individuale del suo impiego tra gli sportivi. La metodologia adottata prevede una prima parte di revisione della letteratura scientifica, seguita da un'indagine sperimentale di tipo descrittivo condotta tramite la somministrazione di un questionario, distribuito a un campione eterogeneo di popolazione. Il primo capitolo tratta la creatina dal punto di vista biochimico, analizzandone la struttura, la sintesi endogena, le fonti alimentari naturali e le variazioni del fabbisogno in base alle caratteristiche individuali.

Il secondo capitolo esamina il ruolo della creatina nel contesto sportivo, descrivendo i meccanismi d'azione sul metabolismo energetico, gli effetti sulle prestazioni fisiche e le applicazioni nei diversi tipi di sport.

Il terzo capitolo affronta le modalità di assunzione, includendo le sinergie alimentari, le raccomandazioni fornite da enti scientifici e sportivi. Infine, il quarto capitolo presenta i risultati dell'indagine svolta tramite questionario, analizzandone gli esiti e le implicazioni.

Nel complesso, la tesi mira a fornire una visione integrata e aggiornata della creatina come supplemento sportivo, evidenziando come una corretta informazione scientifica possa favorire un utilizzo consapevole e responsabile di questa molecola nel contesto della *performance* e del benessere fisico.

ABSTRACT

In recent years, sports supplementation has taken on an increasingly central role in the world of sport and fitness, both at professional and amateur levels. However, the use of supplements still generates contrasting opinions: in the collective imagination, there persist associations with doping substances, concerns about possible side effects, and a general lack of confidence in the actual effectiveness of these products on the human body. Among them, creatine is one of the most studied substances, particularly relevant for its potential effects on improving physical performance. Despite the considerable scientific evidence supporting its efficacy, creatine remains at the center of a lively debate, often fueled by divergent opinions and perceptions not always grounded in objective data.

The main objective of this thesis is to provide an in-depth analysis of the relationship between creatine use and sports performance, starting from its biochemical foundations and progressing to practical applications and individual perceptions of its use among athletes. The methodology adopted includes an initial review of the scientific literature, followed by a descriptive experimental investigation conducted through a questionnaire distributed to a heterogeneous sample of the population.

The first chapter explores creatine from a biochemical perspective, analyzing its structure, endogenous synthesis, natural dietary sources, and variations in requirements according to individual characteristics.

The second chapter examines the role of creatine in the sporting context, describing its mechanisms of action on energy metabolism, its effects on physical performance, and its applications across different types of sports.

The third chapter focuses on supplementation methods, including nutritional synergies and the recommendations provided by scientific and sports organizations. Finally, the fourth chapter presents the results of the questionnaire-based survey, analyzing the outcomes and their implications. Overall, this thesis aims to offer an integrated and up-to-date overview of creatine as a sports supplement, emphasizing how accurate scientific information can promote a conscious and responsible use of this molecule within the context of performance and physical well-being.

SCOPO DELLA TESI

Questa tesi ha lo scopo di fornire una panoramica critica e integrata riguardo la creatina, ponendosi due obiettivi principali. Il primo obiettivo è quello di fare chiarezza sulla sostanza, descrivendone la composizione ed il suo meccanismo di azione all'interno dell'organismo. Il secondo invece è quello di analizzare come la creatina venga percepita, sia all'interno della comunità sportiva sia dalla popolazione generale. Tramite un'approfondita analisi della letteratura scientifica, e l'analisi dei dati raccolti tramite una ricerca effettuata tramite sondaggio, l'obiettivo finale è quello di approfondire la conoscenza riguardo la percezione comune della creatina e di offrire spunti di riflessione utili per future ricerche sull'argomento. Nel complesso, la tesi mira a fornire una visione integrata e aggiornata della creatina come supplemento sportivo, evidenziando come una corretta informazione scientifica possa favorire un utilizzo consapevole e responsabile di questa molecola nel contesto della *performance* e del benessere fisico.

INDICE

INTRODUZIONE.....	8
CAPITOLO 1: La creatina: caratteristiche biochimiche e fabbisogno fisiologico	9
1.1 Struttura chimica e sintesi endogena.....	9
1.2 Ruolo fisiologico nel metabolismo energetico del muscolo scheletrico.....	10
1.3 Fonti alimentari e biodisponibilità.....	11
1.4 Fabbisogno medio e variabilità individuale.....	12
1.4.1 Sesso	12
1.4.2 Massa muscolare.....	12
1.4.3 Età	12
1.4.4 Stato di salute	13
1.4.5 Attività fisica	13
CAPITOLO 2: Ruolo energetico della creatina e implicazioni per la <i>performance</i> sportiva	14
2.1 Meccanismo d'azione nel metabolismo energetico	14
2.2 Effetti su forza, potenza, recupero e ipertrofia.....	15
2.2.1 Incremento della forza massimale.....	15
2.2.2 Miglioramento della potenza anaerobica	15
2.2.3 Ruolo nel recupero e nella protezione da danno muscolare.....	16
2.2.4 Stimolo all'ipertrofia muscolare	16
2.3 Applicazioni della creatina nei diversi tipi di sport	16
2.3.1 Sport di squadra e attività intermittente.....	16
2.3.2 Sport di <i>sprint</i> e potenza (sollevamento pesi, sprint su pista, canottaggio, sport da pista).....	17
2.3.3 Nuoto e discipline acquatiche	17
2.3.4 Ciclismo e sport di <i>endurance</i> (ciclismo su strada, ciclismo su pista)	18
2.3.5 <i>Triathlon</i> , sci di fondo, <i>mountain-bike</i> e discipline miste.....	18
2.3.6 Sport di squadra ad alta richiesta di ripetizione.....	18
2.3.7 <i>Bodybuilding</i>	19
CAPITOLO 3: Integrazione con creatina: modalità e approcci.....	19
3.1 Forme disponibili.....	19
3.1.1 Creatina monoidrato (CrM).....	19
3.1.2 Creatina micronizzata.....	20
3.1.3 Creatina "tamponata" (<i>buffered creatine</i>)	20
3.1.4 Altre forme: sali, esteri e derivati.....	20
3.2 Sinergie alimentari.....	21

3.2.1 Carboidrati e proteine: effetto sull'insulina e sulla ritenzione di creatina.....	21
3.2.2 Timing rispetto all'allenamento: ruolo dell'iperemia e delle finestre peri-allenamento.....	21
3.2.3 Benefici pratici e limiti della strategia combinata.....	22
3.2.4 Svantaggi pratici e avvertenze.....	22
3.2.5 Raccomandazioni pratiche e popolazioni speciali.....	22
3.3 Raccomandazioni da parte di enti e studi scientifici.....	23
3.3.1 Ministero della Salute.....	23
3.3.2 Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA).....	23
3.3.3 International Olympic Committee (IOC).....	24
CAPITOLO 4: Questionario.....	24
4.2 Profilo del campione.....	25
4.2.1 Sesso.....	25
4.2.3 Fascia d'età.....	25
4.2.3 Occupazione.....	26
4.3 Attività sportiva.....	27
4.3.1 Regolarità di pratica.....	27
4.3.2 Tipologia di pratica sportiva.....	28
4.3.3 Esperienza e continuità nella pratica sportiva.....	29
4.4 Conoscenza e approcci alla creatina.....	30
4.4.1 Conoscenza.....	30
4.4.2 Utilizzo.....	31
4.4.3 Frequenza di assunzione.....	32
4.4.4 Tipologia di creatina usata.....	33
4.4.5 Modalità di assunzione.....	34
4.4.6 Effetti collaterali.....	34
4.5 Percezione soggettiva e opinioni personali.....	35
CONCLUSIONI.....	38
BIBLIOGRAFIA.....	39

INTRODUZIONE

La creatina è una molecola chiave nella bioenergetica cellulare e al giorno d'oggi rappresenta uno degli integratori più studiati e utilizzati nell'ambito della nutrizione sportiva. La creatina trova la sua principale applicazione nel mondo sportivo, per via degli svariati vantaggi che numerosi studi hanno evidenziato, come ad esempio nell'incremento della forza massimale, nell'aumento dell'ipertrofia e nell'aumento della capacità di recupero muscolare.

La letteratura scientifica presenta vari elementi a supporto dell'efficacia della creatina, ma nonostante ciò, l'uso di essa solleva questioni sia a livello pratico, che a livello di percezione: dalla scelta della forma da assumere, passando per metodi di assunzione, fino ad arrivare ai dubbi legati all'assunzione a lungo periodo.

Questo elaborato si propone di offrire una lettura critica che metta in relazione gli aspetti più scientifici, quali i meccanismi biochimici fondamentali, con le pratiche adottate da atleti e non.

Accanto a questi aspetti di base, il lavoro esplora le modalità di integrazione (forme disponibili, protocolli di carico e mantenimento, sinergie nutrizionali) e presta particolare attenzione ai profili di sicurezza e ai requisiti di qualità dei prodotti in commercio.

Una significativa parte della tesi è dedicata ad un'indagine empirica legata ad un sondaggio somministrato tra i mesi di giugno e ottobre 2025. Questa indagine ha l'obiettivo di confrontare la parte teorica legata alla letteratura scientifica con il reale percepito delle persone, sia legate al mondo dello sport che non.

CAPITOLO 1: La creatina: caratteristiche biochimiche e fabbisogno fisiologico

1.1 Struttura chimica e sintesi endogena

La creatina (Cr; N-aminoiminometil-N-metilglicina) è un composto organico non proteico, sintetizzato nell'organismo a partire dagli amminoacidi arginina, glicina e metionina e presente anche negli alimenti di origine animale (carne e pesce). Essa costituisce la base del sistema creatina-chinasi / fosfocreatina (CK/PCr), che permette la rigenerazione rapida dell'ATP e funge da tampone energetico locale nelle cellule; per questo motivo è particolarmente importante nei tessuti con elevato e variabile fabbisogno energetico, come il muscolo scheletrico, il cuore e il cervello (Andres *et al.*, 2008).

Il nome deriva dal greco *kreas* che significa “carne” e venne isolata per la prima volta nel 1835 da Eugène Chevreul a partire dal brodo di carne.

Dal punto di vista chimico, la creatina è costituita da un gruppo guanidino metilato legato a un acido propionico, con formula $C_4H_9N_3O_2$, e in soluzione acquosa assume una forma zwitterionica in cui il guanidinio porta carica positiva e il carbossilato carica negativa (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000).

La forma chimica di creatina più comunemente utilizzata negli integratori sportivi è la creatina monoidrato, in cui ciascuna molecola di creatina è legata ad una molecola d'acqua.

Questo composto cristallizza in un sistema monoclinico termicamente stabile fino a circa 110 °C, dopodiché subisce disidratazione, con conseguente perdita della molecola d'acqua di cristallizzazione (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000).

Il fegato, i reni ed il pancreas sintetizzano endogenicamente 1–2 g di creatina al giorno attraverso due reazioni enzimatiche sequenziali, che avvengono rispettivamente nel rene e nel fegato. Nel rene, l'enzima L-arginina: glicina amidinotransferasi trasferisce un gruppo amidino dall'arginina alla glicina, formando guanidinoacetato e ornitina (Joncquel-Chevalier Curt *et al.*, 2015). Successivamente, nel fegato, la guanidinoacetato N-metiltransferasi (GAMT; EC 2.1.1.2) utilizza S-adenosil-L-metionina (SAM) come donatore di un gruppo metile per convertire il guanidinoacetato in creatina e S-adenosil-L-omocisteina (SAH) (Joncquel-Chevalier Curt *et al.*, 2015). Una volta sintetizzata, la creatina entra nel circolo ematico e viene captata dai tessuti con maggior fabbisogno energetico, quali muscolo scheletrico, cuore e cervello tramite il trasportatore

di membrana SLC6A8 (*solute carrier family 6 member 8*) (Joncquel-Chevalier Curt *et al.*, 2015). All'interno delle cellule, la creatina può essere rapidamente fosforilata in fosfocreatina, riserva immediata di gruppi fosfato per rigenerare ATP. (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000).

1.2 Ruolo fisiologico nel metabolismo energetico del muscolo scheletrico

Nel muscolo scheletrico la creatina (Cr) e la fosfocreatina (PCr) lavorano in sinergia per mantenere stabile la disponibilità di ATP durante sforzi di breve durata e ad alta intensità.

La fosfocreatina (PCr) agisce come un serbatoio di energia prontamente disponibile (Conway *et al.*, 1996).

La reazione è catalizzata dalla creatina chinasi (CK):



In questo modo, l'energia immagazzinata nel legame fosfato di PCr viene trasferita subito all'ADP per rigenerare ATP, evitando che l'ADP si accumuli e rallenti la contrazione.

La PCr si forma nei mitocondri grazie all'isoforma Mi-CK e poi si sposta nel citosol, dove CK legata al sarcomero usa PCr per ricaricare ATP, restituendo Cr che torna nei mitocondri per un nuovo ciclo (Bessman & Carpenter, 1985).

Questo continuo trasferimento di gruppi fosfato tra PCr a Cr è noto come *phosphocreatine shuttle* (Wallimann *et al.*, 2011).

Dal punto di vista energetico, le riserve di PCr rappresentano circa il 70 % dell'energia immediatamente disponibile nel muscolo (Dzeja *et al.*, 2004). In particolare, la concentrazione totale di Cr + PCr è di circa 30 mmol·kg⁻¹ di massa umida.

La rilevanza fisiologica di questo sistema nelle attività sportive risiede nella rapidità di rigenerazione dell'ATP: fino a 30 μmol·s⁻¹·g⁻¹ mediante CK.

Inoltre, il sistema della PCr ritarda l'insorgenza della fatica e migliora le prestazioni in sforzi brevi ed esplosivi (Dzeja *et al.*, 2004).

La massa umida (*wet weight*) di un tessuto muscolare corrisponde al suo peso fresco, cioè comprensivo di tutta l'acqua intracellulare ed extracellulare, prima di qualunque essiccazione o rimozione dei liquidi (Clark, 1997).

In pratica, quando si esprimono concentrazioni “per kg di massa umida”, si fa riferimento alla quantità di un metabolita (ad esempio PCr + Cr) presente in 1 kg di tessuto muscolare fresco, così come si trova nell’organismo, con il suo normale contenuto di acqua.

Questo valore si contrappone a quello riferito alla massa secca (*dry mass*), che rappresenta il tessuto dopo l’essiccazione, cioè privo del contenuto acquoso. Tale parametro viene utilizzato per confronti più strettamente correlati alla quantità di materia organica “pura” (Clark, 1997).

Per fare un esempio pratico:

“As much as 70% of the immediate high-energy stores contained within skeletal muscle are in the form of PCr. The total creatine concentration (PCr + creatine) in striated muscle is about 30 $\mu\text{mol/g}$ muscle.” (Clark, 1997).

Quando si afferma che la concentrazione di creatina (PCr + Cr) è di circa $30 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ di massa umida, si intende che in un chilogrammo di muscolo fresco, comprensivo della sua acqua fisiologica, sono presenti approssimativamente 30 mmol di creatina totale. Questo valore è utile per quantificare la quota di energia immediatamente disponibile nel tessuto muscolare nelle condizioni reali del corpo umano.

1.3 Fonti alimentari e biodisponibilità

Nel contesto di una dieta onnivora, l’apporto medio di creatina è di 1–2 g al giorno, forniti principalmente da carne e pesce (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000). La quantità di creatina contenuta negli alimenti varia in funzione della tipologia: la carne rossa e alcuni pesci ne rappresentano le fonti più ricche, mentre latte e uova ne contengono solo tracce.

Diversamente, chi segue un regime lacto-ovo-vegetariano assume fino a 0,3 g di creatina al giorno da latte e uova, mentre nei regimi vegani l’apporto alimentare è praticamente nullo (Burke *et al.*, 2023). In tali condizioni l’organismo deve fare affidamento esclusivamente sulla sintesi endogena, che in condizioni fisiologiche è in grado di produrre circa 1–2 g/die. Tuttavia questa quantità non sempre è sufficiente a mantenere i livelli ottimali di riserva muscolare (Bonilla *et al.*, 2021).

Per questo motivo, nei vegetariani e nei vegani l’integrazione con 3–5 g/die di creatina monoidrato è fortemente raccomandata: tale dosaggio permette di ripristinare i depositi muscolari a valori comparabili a quelli degli onnivori, con miglioramenti significativi in termini di forza muscolare e capacità di recupero (Ostojic, 2025).

Nei soggetti onnivori e negli atleti che mantengono un apporto regolare di carne e pesce, l'integrazione di 3–5 g/die di creatina monoidrato può comunque offrire un ulteriore vantaggio, soprattutto durante periodi di allenamento intenso o in presenza di diete povere di metionina, amminoacido essenziale e cofattore nella sintesi endogena di creatina (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000). L'assorbimento della creatina monoidrato avviene con un'elevata efficienza (≥ 95 % in 4 ore), e può essere ulteriormente migliorato se l'assunzione avviene in concomitanza con un pasto o con bevande contenenti carboidrati (Brosnan & Brosnan, 2016).

1.4 Fabbisogno medio e variabilità individuale

Il fabbisogno giornaliero di creatina per un individuo adulto di 70 kg è pari a circa 2 g al giorno. Di questa quantità, circa la metà viene sintetizzata endogenamente, mentre la restante parte è assunta attraverso la dieta (Brosnan & Brosnan, 2016). Tale valore tuttavia, rappresenta solo una stima media poiché diversi fattori fisiologici e ambientali possono influenzarne l'entità, determinando marcate variazioni interindividuali.

1.4.1 Sesso

In media gli uomini consumano più creatina delle donne, in parte a causa di differenze ormonali e metaboliche che determinano un *turnover* leggermente superiore (Brosnan & Brosnan, 2016).

1.4.2 Massa

muscolare

Il *turnover* spontaneo di creatina nel muscolo è pari a circa 1,5–2,0 % del pool totale al giorno; chi ha una maggiore massa muscolare degrada proporzionalmente più creatina e necessita quindi di un apporto alimentare superiore (Brosnan & Brosnan, 2016). “Un individuo di taglia normale può aver bisogno di consumare 2–3 g/giorno di creatina per mantenere saturi i depositi, a seconda della dieta, della massa muscolare e del livello di attività fisica” (Wallimann *et al.*, 2011).

1.4.3 Età

In età pediatrica e adolescenziale, la fase di sviluppo del sistema muscolare e nervoso implicherebbe fabbisogni energetici superiori; tuttavia, i dati disponibili indicano un consumo medio di circa 0,70 g di creatina al giorno, pari a 13,1 mg/kg peso corporeo, valore nettamente inferiore rispetto l'1 g/die raccomandato per l'adulto (Korovljević *et al.*, 2021).

Con l'avanzare dell'età, la riduzione progressiva della massa magra e l'insorgenza della sarcopenia rendono particolarmente importante mantenere un adeguato apporto di creatina, al fine di preservare la forza e la funzionalità muscolare (Brosnan & Brosnan, 2016).

1.4.4 Stato di salute

Nei soggetti affetti da difetti congeniti degli enzimi AGAT o GAMT, è necessario un apporto farmacologico sensibilmente superiore: 0,3–0,8 g/kg/die, al fine di ripristinare livelli tissutali adeguati (Brosnan & Brosnan, 2016).

1.4.5 Attività fisica

Gli atleti che praticano attività sportive di potenza o i soggetti con elevata massa muscolare presentano un *turnover* della creatina più rapido e possono trarre beneficio da un'integrazione di 2–4 g/die per mantenere saturi i depositi di fosfocreatina PCr (Wallimann *et al.*, 2011). L'applicazione di protocolli di carico *standard* (0,3 g/kg/die per 5–7 giorni) consente un rapido incremento delle riserve muscolari di creatina, favorendo così un miglioramento della potenza, della capacità di lavoro e degli adattamenti all'allenamento di forza. (Wallimann *et al.*, 2011).

In sintesi, il valore medio di 2 g/die rappresenta un riferimento appropriato per l'adulto sano, ma sesso, massa muscolare, età, stato di salute e livello di attività fisica influenzano un approccio personalizzato nella valutazione del fabbisogno individuale di creatina.

CAPITOLO 2: Ruolo energetico della creatina e implicazioni per la performance sportiva

2.1 Meccanismo d'azione nel metabolismo energetico

La creatina (Cr) entra nelle cellule grazie al trasportatore sodio-cloruro-dipendente CRT (SLC6A8), raggiungendo concentrazioni intracellulari di circa 10–15 mM; mentre la fosfocreatina (PCr) si accumula fino a 25–30 mM, costituendo la riserva fosforilica dopo l'ATP (Bonilla *et al.*, 2021; Wallimann *et al.*, 2011).

All'interno della cellula, diverse forme dell'enzima creatina chinasi (CK) catalizzano il trasferimento rapido e reversibile del gruppo fosfato tra ATP e Cr. Nei mitocondri, l'isoforma Mi-CK utilizza l'ATP prodotto dalla respirazione per fosforilare la Cr generando PCr; nel citosol, le isoforme MM-CK e BB-CK sfruttano la PCr per rigenerare ATP in prossimità dei siti ad alta richiesta energetica (Wallimann *et al.*, 2011).

Questo sistema agisce come un vero e proprio “tampone” energetico:

“La reazione catalizzata dalla CK funziona come un tampone rapido e reversibile dell'energia, consentendo un rapido trasferimento del gruppo fosfato tra ATP e PCr” (Wallimann *et al.*, 2011). Inoltre, la PCr diffonde nel citosol molto più velocemente di ATP o ADP, permettendo di trasferire energia a “lunga distanza” all'interno della cellula. Questo meccanismo, noto come *phosphocreatine shuttle*, mantiene stabili i livelli di ATP anche nei distretti più lontani dai mitocondri e garantisce un rifornimento energetico costante (Hettling & van Beek, 2011). In cellule ad alto fabbisogno energetico, come fotorecettori o spermatozoi, tale sistema è essenziale per sostenere le funzioni cellulari localizzate in regioni distanti dai mitocondri (Kreider & Stout, 2021). Durante picchi di attività, ad esempio nella contrazione cardiaca o in movimenti esplosivi del muscolo scheletrico, la CK limita le oscillazioni di ATP: modelli computazionali mostrano che, in assenza del tampone PCr/Cr, la produzione mitocondriale di ATP dovrebbe più che raddoppiare per compensare la richiesta energetica (Hettling & van Beek, 2011). Infine, il riciclo di PCr libera fosfato inorganico (Pi), che stimola gli enzimi glicolitici e contribuisce ad aumentare la produzione rapida di ATP nelle fasi iniziali dello sforzo (Wallimann *et al.*, 2011).

In sintesi, il sistema CK/PCr svolge una duplice funzione di tampone e navetta energetica, integrando il metabolismo mitocondriale e glicolitico per garantire un rifornimento di ATP veloce e costante nelle cellule ad alto consumo energetico.

2.2 Effetti su forza, potenza, recupero e ipertrofia

La creatina è uno degli integratori più studiati in ambito sportivo, grazie alla sua capacità di agire su diversi aspetti del metabolismo muscolare.

2.2.1 Incremento della forza massimale

L'integrazione con creatina determina un aumento delle riserve di fosfocreatina (PCr) nel muscolo, consentendo una rigenerazione più rapida di ATP durante le contrazioni massimali. Diversi studi su soggetti non allenati hanno dimostrato che un protocollo di carico (20 g/die per 5–10 giorni), seguito da una fase di mantenimento (3–5 g/die), determina incrementi significativi della forza massimale valutata mediante test di 1 RM in esercizi come *squat* e panca piana. Già dopo una settimana di carico, i gruppi sottoposti a integrazione hanno mostrato un miglioramento medio del 10–15 % rispetto ai partecipanti del gruppo placebo (Branch, 2003).

Meta-analisi su atleti e praticanti di resistenza confermano questi risultati: nei giovani adulti (< 50 anni), un protocollo di carico seguito da mantenimento ha comportato aumenti medi di forza pari a +4,4 kg nel *chest press* e +11,4 kg nel *leg press* rispetto al gruppo controllo (Smith *et al.*, 2021). Tali effetti si osservano sia in soggetti maschi che femmine, sebbene l'entità del miglioramento tenda a essere leggermente superiore nei maschi, probabilmente per differenze ormonali e di massa magra.

2.2.2 Miglioramento della potenza anaerobica

La potenza anaerobica, intesa come la capacità di erogare rapidamente molta energia in sforzi di breve durata, prende beneficio dall'aumento delle riserve di fosfocreatina (PCr) nel muscolo, poiché una maggiore PCr facilita la rigenerazione immediata di ATP durante le contrazioni ad alta intensità. Studi sperimentali indicano che, in attività come *sprint* ripetuti o test di Wingate, l'aumento delle scorte intramuscolari di creatina influisce direttamente in miglioramenti misurabili della potenza di picco e della potenza media. Gli effetti più evidenti si hanno in protocolli di breve durata e alta intensità. L'assunzione di creatina sembra favorire l'esecuzione di un maggior numero di ripetizioni o sforzi ad alta intensità prima dell'insorgenza dell'affaticamento. (Cooper *et al.*, 2012; Wu *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2024)

2.2.3 Ruolo nel recupero e nella protezione da danno muscolare

La creatina, secondo vari studi, viene associata ad una possibile azione protettiva a livello muscolare e a un recupero accelerato dopo esercizi intensi. La creatina contribuisce infatti al *buffering* dell'acidosi indotta dall'esercizio, riducendo l'accumulo di protoni H⁺ e quindi di conseguenza riducendo l'impatto dell'acidosi sul rendimento muscolare durante sforzi ripetuti (Wang *et al.*, 2024). La letteratura suggerisce che la creatina possa influenzare il metabolismo del calcio e la regolazione cellulare, così da ridurre il danno legato alla contrazione muscolare. I risultati però non sono sempre univoci (Forbes *et al.*, 2021; Wu *et al.*, 2022). Per questi motivi la letteratura invita alla cautela nell'estendere questi risultati in modo generale a tutte le condizioni. (Wang *et al.*, 2024; Forbes *et al.*, 2021; Wu *et al.*, 2022)

2.2.4 Stimolo all'ipertrofia muscolare

L'effetto della creatina sull'ipertrofia ha due ragioni principali. La prima è che l'aumento del contenuto intracellulare di creatina aiuta ad aumentare l'osmolarità cellulare, inducendo un rigonfiamento della fibra muscolare (*cell swelling*), uno stimolo anabolico che favorisce la sintesi proteica. La seconda è che la maggiore disponibilità energetica durante le ripetute di allenamento permette volumi e intensità di lavoro superiori. Questa condizione permette di amplificare gli adattamenti ipertrofici indotti dall'allenamento (Wu *et al.*, 2022). Studi evidenziano quindi aumenti medi di massa magra quando la creatina è associata a programmi di allenamento, tenendo conto che la crescita muscolare varia in funzione della popolazione, della durata dello studio e della strategia di dosaggio. Quindi la creatina facilita sia stimoli diretti (osmoticità/cell swelling) sia stimoli indiretti (maggior capacità di allenamento). Entrambe le situazioni, con il passare del tempo, facilitano lo stimolo all'ipertrofia muscolare (Wu *et al.*, 2022; Forbes *et al.*, 2021).

2.3 Applicazioni della creatina nei diversi tipi di sport

2.3.1 Sport di squadra e attività intermittente

Negli sport di squadra, caratterizzati da sforzi intermittenti (cambi di ritmo, *sprint* ripetuti, scatti brevi), le evidenze scientifiche supportano un effetto ergogenico della creatina sul rendimento nelle attività ad alta intensità e sulla capacità di ripetere azioni esplosive. La letteratura disponibile evidenzia miglioramenti della potenza anaerobica, del numero di ripetizioni ad alta intensità e della

capacità di recupero tra sforzi successivi in atleti che praticano calcio, pallavolo e sport analoghi (González-Matarín, 2022).

Negli studi condotti sui calciatori, protocolli di integrazione a breve termine con fase di carico di 20–30 g/die, suddivisi in 3–4 dosi per 5–7 giorni, seguite da una fase di mantenimento di 5 g/die, hanno determinato miglioramenti significativi della potenza anaerobica e nelle prestazioni ripetute. Anche protocolli alternativi senza fase di carico, ma con somministrazioni continue di 3 mg/kg/die per almeno 14 giorni, si sono dimostrati efficaci nel migliorare la *performance* (González-Matarín, 2022).

In ambito sperimentale, ulteriori ricerche hanno riportato benefici analoghi con 5g di creatina quattro volte al giorno per 6 giorni, con incrementi significativi nelle prove di *sprint* ripetute. (Masodsai *et al.*, 2023).

2.3.2 Sport di *sprint* e potenza (sollevamento pesi, sprint su pista, canottaggio, sport da pista)

Negli sport in cui la prestazione dipende da sforzi massimali di breve durata, generalmente inferiori ai 30 secondi o ripetuti, la creatina rappresenta uno degli integratori più efficaci. Il suo effetto principale consiste nel potenziare la sintesi rapida di ATP attraverso l'incremento della fosfocreatina intramuscolare, con conseguente aumento della potenza massima, della forza e della capacità di ripetere sforzi intensi. Evidenze derivanti da revisioni sistematiche e meta-analisi confermano miglioramenti significativi della potenza esplosiva e una maggiore risposta adattativa all'allenamento di forza, specialmente quando la creatina è combinata con la *resistance training* (Forbes *et al.*, 2023; Gutiérrez-Hellín *et al.*, 2025). Il protocollo più comunemente utilizzato prevede una fase di carico di 20 g/die per 5–7 giorni, suddivisi in più somministrazioni, oppure un regime prolungato di 3–5 g/die senza fase di carico. Entrambe le strategie risultano efficaci nell'aumentare i depositi intramuscolari di fosfocreatina e nel migliorare la *performance* anaerobica. (Forbes *et al.*, 2023; Gutiérrez-Hellín *et al.*, 2025).

2.3.3 Nuoto e discipline acquatiche

Nel nuoto l'assunzione di creatina può migliorare le prestazioni negli *sprint* ripetuti e ridurre alcuni *marker* di stress metabolico, come il cortisolo, dopo allenamenti ad alta intensità, favorendo un recupero più rapido tra le prove.

Gli effetti risultano più evidenti nelle prestazioni brevi e ripetute ad alta intensità, mentre rimangono meno chiari e non sempre significativi nelle gare di lunga durata (González-Matarín, 2022).

2.3.4 Ciclismo e sport di *endurance* (ciclismo su strada, ciclismo su pista)

Le evidenze sul ciclismo mostrano risultati contrastanti. In protocolli che simulano gare con variazioni di ritmo (prove di lunga durata con ripetuti scatti o accelerazioni), la creatina può incrementare le riserve di PCr e, in alcuni casi, migliorare la capacità di sprint finale.

Al contrario, nelle prove di *endurance* continua (come i *time-trial* prolungati) gli effetti risultano modesti o nulli (Hickner *et al.*, 2010; Forbes *et al.*, 2023). In uno studio su ciclisti *endurance*, la somministrazione di 3 g/die per 28 giorni ha determinato un aumento della creatina totale e della PCr muscolare, con una riduzione del consumo di ossigeno submassimale, ma senza miglioramenti significativi nello *sprint* finale rispetto al placebo (Hickner *et al.*, 2010).

La creatina, dunque, può essere utile nei ciclisti e negli atleti di sport non *weight-bearing* quando la competizione include ripetute accelerazioni o uno *sprint* conclusivo, mentre deve essere valutata con cautela negli sport *weight-bearing*, come la corsa, a causa del possibile incremento di massa corporea (Forbes *et al.*, 2023; Hickner *et al.*, 2010).

2.3.5 Triathlon, sci di fondo, *mountain-bike* e discipline miste

Negli sport misti che combinano fasi di lunga durata con *sprint* finali (*triathlon*, *mountain bike* o sci di fondo) la creatina può migliorare la prestazione nelle fasi ad alta intensità (*final sprint*), grazie a una maggiore disponibilità di PCr durante gli scatti conclusivi. I risultati complessivi *sui time-trial* prolungati restano tuttavia variabili, con differenze legate al protocollo e al livello di allenamento. (González-Matarín, 2022; Forbes *et al.*, 2023).

2.3.6 Sport di squadra ad alta richiesta di ripetizione

Nel calcio e in altri sport con ripetute azioni anaerobiche, la letteratura riporta miglioramenti nella *performance* anaerobica, nella capacità di *sprint* e in diverse misure di potenza muscolare. I protocolli più efficaci comprendono sia una fase di carico rapida (20 g/die per 5–7 giorni), sia protocolli di mantenimento di 3–5 g/die o 5 g/die per 6 giorni nei test acuti. Alcuni studi sottolineano altresì l'importanza di testare l'assunzione durante la fase di *off-season*, tenendo conto dell'elevata variabilità individuale. (González-Matarín, 2022; Masodsai *et al.*, 2023).

2.3.7 Bodybuilding

Negli studi condotti su praticanti di *bodybuilding*, la creatina ha mostrato incrementi significativi della massa corporea e delle circonferenze muscolari dopo cicli di integrazione associati a programmi di allenamento specifici. In uno studio controllato su *bodybuilder* maschi (6 settimane, 10 g/die senza fase di carico), il gruppo trattato con creatina ha ottenuto incrementi di massa magra medi di 4,3 kg rispetto ai 2,1 kg del gruppo placebo. Inoltre, sono stati osservati incrementi percentuali superiori nelle circonferenze di petto, bicipite e coscia (Jagiello *et al.*, 2010).

Gli autori ipotizzano che parte dell'aumento di massa sia attribuibile a una maggiore idratazione intracellulare, ma sottolineano anche un effetto anabolico additivo nei muscoli a prevalenza di fibre bianche, quando l'assunzione è associata a protocollo di allenamento per l'ipertrofia (Jagiello *et al.*, 2010).

Revisioni più ampie confermano che, se combinata con allenamento di resistenza, la creatina aumenta la massa magra e riduce la percentuale di grasso corporeo in misura superiore rispetto al solo allenamento; spiegando così il suo ampio impiego nel *bodybuilding* competitivo e amatoriale (Gutiérrez-Hellin *et al.*, 2025).

CAPITOLO 3: Integrazione con creatina: modalità e approcci

3.1 Forme disponibili

Le forme di creatina presenti sul mercato si differenziano per caratteristiche chimico-fisiche (forma, solubilità, stabilità) e per i processi produttivi che vengono adottati per produrle. Le differenze tra le varie forme, spesso, sono principalmente motivate da necessità industriali; tuttavia, la letteratura scientifica non trova fattori chiave e così determinanti nel preferire una forma ad un'altra, evidenziando come la creatina monoidrato rimanga la forma più comunemente utilizzata. (Kreider *et al.*, 2022).

3.1.1 Creatina monoidrato (CrM)

La creatina monoidrato è considerata lo *standard* di riferimento per quanto riguarda le varie forme disponibili. Questo dipende dal fatto che essa rappresenta la forma più studiata e impiegata nella maggioranza degli studi clinici controllati. Questa forma di creatina presenta un'alta stabilità nello stadio solido, e garantisce un'ottima resistenza alla digestione gastrica. Infatti, nonostante la sua

degradazione in soluzione aumenti con l'aumentare della temperatura e con pH acidi, essa riesce a garantire un'alta biodisponibilità anche dopo la digestione gastrica. Comunemente, i protocolli che vengono adottati prevedono due fasi: una prima fase di carico (ad esempio 20 grammi al giorno per 5/7 giorni), ed una seconda fase di mantenimento (circa 2/5 grammi al giorno). Questo approccio alla sostanza garantisce un significativo aumento di creatina e fosfocreatina nel apparato muscolare, con conseguente miglioramento dal punto di vista di vista prestazionale durante gli sforzi fisici ad alta intensità e al recupero muscolare. (Kreider *et al.*, 2022).

3.1.2 Creatina micronizzata

La creatina micronizzata si differenzia dalla creatina monoidrato semplicemente per le dimensioni delle particelle. Infatti la creatina micronizzata attraversa dei processi di micronizzazione, che hanno appunto lo scopo di ridurre le dimensioni. Per quanto riguarda la struttura chimica, essa presenta la stessa struttura chimica della creatina monoidrato. Le principali differenze tra le due, evidenziati da studi comparativi, non evidenziano particolari differenze su come le due forme di creatina vadano ad agire sul corpo. Infatti non ci sono differenze significative a livello di assorbimento, di biodisponibilità, né di risposta a livello funzionale. La creatina micronizzata presenta semplicemente una maggior capacità a livello di miscelazione, che la rende più appetibile semplicemente da un punto di vista pratico. (Kreider *et al.*, 2022).

3.1.3 Creatina “tamponata” (*buffered creatine*)

Le formulazioni tamponate presentano un pH più elevato o contengono agenti tampone con l'intento di ridurre la conversione della creatina in creatinina nel tratto gastrointestinale e, di conseguenza, migliorare la tollerabilità digestiva. Tuttavia, i *trial* clinici controllati disponibili non hanno evidenziato vantaggi significativi rispetto al monoidrato in termini di incremento del contenuto muscolare di creatina, composizione corporea o prestazioni fisiche. Di conseguenza, le affermazioni di superiorità delle formulazioni tamponate non risultano supportate da evidenze scientifiche solide (Jagim *et al.*, 2012; Kreider *et al.*, 2022).

3.1.4 Altre forme: sali, esteri e derivati

Il mercato propone numerose altre formulazioni, tra cui sali di creatina (citrato, piruvato, cloridrato), esteri etilici (*creatine ethyl ester*, CEE) e derivati complessi (nitrati, dipeptidi, coniugati con polietilenglicoli o altre molecole *carrier*). Alcuni sali mostrano maggiore solubilità, richiedendo dosaggi inferiori per fornire la stessa quantità di creatina libera; tuttavia, nella maggior

parte dei casi, non sono stati documentati miglioramenti significativi né del contenuto muscolare di creatina, né nelle prestazioni fisiche rispetto al monoidrato. Per quanto riguarda gli esteri etilici, gli studi controllati indicano una maggiore tendenza alla una degradazione in creatinina e assenza di vantaggi misurabili in termini di creatina sierica o muscolare. Nel complesso, molte di queste formulazioni mancano di evidenze comparative sufficienti e non possono essere raccomandate in sostituzione del monoidrato fino a che non saranno disponibili dati più robusti (Spillane *et al.*, 2009; Kreider *et al.*, 2022; Jäger *et al.*, 2011).

3.2 Sinergie alimentari

Le sinergie alimentari nell'uso della creatina riguardano principalmente due aspetti quali: i nutrienti co-assunti con la creatina, in particolare carboidrati e proteine, e il momento dell'assunzione in relazione all'allenamento. Le evidenze disponibili indicano che questi fattori possono influenzare la quantità di creatina trattenuta dall'organismo nelle prime fasi di integrazione e, di conseguenza, la velocità di saturazione dei depositi muscolari. (Steenge *et al.*, 2000; Candow *et al.*, 2022).

3.2.1 Carboidrati e proteine: effetto sull'insulina e sulla ritenzione di creatina

Carboidrati e proteine aumentano la secrezione di insulina, favorendo il trasporto intracellulare di nutrienti, inclusa la creatina. Studi controllati hanno dimostrato che la co-somministrazione di creatina con carboidrati o con una miscela di carboidrati e proteine incrementa la ritenzione corporea di creatina nelle fasi iniziali del caricamento, rispetto all'assunzione a digiuno o con sola acqua. In particolare, una bevanda contenente circa 50 g di carboidrati e 50 g di proteine ha prodotto effetti simili a quelli di una bevanda con quantità molto elevate di soli carboidrati nel migliorare la ritenzione acuta di creatina (Steenge *et al.*, 2000).

3.2.2 Timing rispetto all'allenamento: ruolo dell'iperemia e delle finestre peri-allenamento

Durante e dopo l'esercizio fisico induce un aumento del flusso sanguigno muscolare (iperemia), che può facilitare il trasporto di creatina dal circolo al tessuto. Diversi autori hanno proposto che l'assunzione prima o subito dopo l'allenamento possa sfruttare sia l'aumentato flusso ematico, sia la maggiore sensibilità anabolica indotta dall'esercizio. Tuttavia, la letteratura non fornisce ancora una risposta definitiva sul momento ottimale di assunzione, e le *review* più recenti concludono che collocare l'assunzione in prossimità dell'allenamento (pre o post) rappresenti una strategia

ragionevole, ma non necessariamente superiore a una somministrazione quotidiana regolare (Antonio & Ciccone, 2013; Candow *et al.*, 2022).

3.2.3 Benefici pratici e limiti della strategia combinata

Nel breve termine, la co-somministrazione di creatina con carboidrati e/o proteine può ridurre la variabilità individuale nella ritenzione muscolare osservata durante il protocollo di caricamento, favorendo una saturazione più rapida e uniforme dei depositi muscolari (Steenge *et al.*, 2000; Candow *et al.*, 2022). Sul lungo periodo, tuttavia, le evidenze non dimostrano in modo consistente che tale strategia produca ulteriori miglioramenti in forza o ipertrofia rispetto a un'assunzione quotidiana *standard*. Pertanto, questa pratica è utile soprattutto per ottimizzare la fase iniziale di saturazione muscolare (Steenge *et al.*, 2000; Candow *et al.*, 2022).

3.2.4 Svantaggi pratici e avvertenze

Le quantità di carboidrati impiegate in alcuni studi possono risultare poco pratiche per molte persone. Una soluzione consiste nel combinare una quantità moderata di carboidrati con proteine, ottenendo lo stesso effetto insulinico senza l'eccesso di zuccheri. Alcuni studi, inoltre, suggeriscono che assunzioni croniche elevate di caffeina possano interferire con gli effetti ergogenici della creatina. (Candow *et al.*, 2022).

3.2.5 Raccomandazioni pratiche e popolazioni speciali

Nei protocolli di caricamento, per massimizzare la ritenzione di creatina nei primi giorni, è ragionevole associare l'assunzione di creatina a una combinazione moderata di carboidrati e proteine (es. ~50 g di CHO e ~50 g di proteine), oppure utilizzare maggiori quantità di soli carboidrati, a seconda della tolleranza e delle preferenze pratiche individuali. Durante la fase di mantenimento, l'assunzione di 3–5 g di creatina al giorno, in prossimità dell'allenamento (prima o dopo), rappresenta una strategia efficace. La letteratura scientifica riporta che il *timing* preciso incide marginalmente rispetto alla continuità dell'assunzione (Antonio & Ciccone, 2013; Candow *et al.*, 2022). Infine, dati preliminari suggeriscono possibili benefici metabolici derivanti dalla combinazione della creatina con l'esercizio fisico sul controllo glicemico in soggetti con tolleranza al glucosio alterata, ma tali risultati necessitano di ulteriori conferme prima di formulare raccomandazioni cliniche generalizzate (Solis, Artioli & Gualano, 2021).

3.3 Raccomandazioni da parte di enti e studi scientifici

3.3.1 Ministero della Salute

La normativa e le linee guida nazionali definiscono gli integratori alimentari e ne regolamentano l'immissione in commercio, la notifica e l'impiego sul mercato italiano. In base alla Direttiva 2002/46/CE e al Decreto Legislativo 21 maggio 2004, n. 169, che ne recepisce i contenuti nell'ordinamento italiano, gli integratori alimentari sono definiti come: «prodotti alimentari destinati ad integrare la comune dieta e che costituiscono una fonte concentrata di sostanze nutritive, quali vitamine e minerali, o di altre sostanze aventi un effetto nutritivo o fisiologico» (Ministero della Salute, 2012). Le linee guida ministeriali disciplinano aspetti non armonizzati a livello europeo, prevedendo procedure di notifica dell'etichettatura al Ministero della Salute e l'inserimento dei prodotti in un elenco ufficiale dotato di codice identificativo. Solo al seguito di questa procedura è consentita l'immissione in commercio del prodotto.

Le linee guida ministeriali (DM 9 luglio 2012, con modifiche del 27 marzo 2014) definiscono: i livelli massimi di apporto per vitamine e minerali; le disposizioni specifiche riguardanti probiotici e prebiotici; le norme relative alle «altre sostanze ad effetto nutritivo o fisiologico» e i criteri per l'utilizzo dei *botanicals*. Inoltre, per poter essere impiegata in un integratore alimentare, una sostanza deve presentare un pregresso consumo significativo nell'Unione Europea, considerato evidenza di sicurezza d'uso; in assenza di tale storico, la sostanza viene classificata come “*novel food*” e il suo impiego richiede una specifica autorizzazione europea, secondo quanto previsto dal Regolamento (CE) 258/97. Infine, l'aggiunta agli alimenti di sostanze storicamente utilizzate solo negli integratori implica la necessità di valutare nuovamente l'esposizione del consumatore, assicurandosi che i livelli di assunzione complessiva non comportino rischi per la salute pubblica (Ministero della Salute, 2025).

3.3.2 Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA)

L'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA), sottolinea l'importanza di garantire la qualità e della purezza della creatina monoidrato impiegata in alimenti e integratori alimentari, specificando i limiti per le principali impurità (creatinina, dicyandiamide, derivati della triazina). L'ente richiede ai produttori il rispetto di specifiche appropriate per le materie prime. Nel parere

scientifico del 2004, l'EFSA ha concluso che, per prodotti caratterizzati da elevata purezza, l'assunzione di creatina a dosaggi paragonabili al *turnover* endogeno (circa 2–3 g/giorno) non comporta rischi per la popolazione. L'Autorità raccomanda tuttavia prudenza nell'impiego di dosaggi di carico molto elevati, poiché le evidenze di sicurezza a lungo termine relative a tali regimi risultano meno solide (EFSA, 2004). Successivamente, il Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA) dell'EFSA ha valutato specifiche richieste di indicazioni salutistiche (*claim*) e ha riconosciuto che un'assunzione giornaliera di almeno 3 g/giorno di creatina, in combinazione con un programma regolare di allenamento di resistenza può migliorare la forza muscolare negli adulti anziani. Tale parere definisce le condizioni d'uso e sottolinea la necessità di garantire la qualità e la conformità del prodotto (EFSA NDA Panel, 2016).

3.3.3 International Olympic Committee (IOC)

Il *Consensus Statement* del Comitato Olimpico Internazionale (IOC) identifica la creatina monoidrato tra i pochi integratori supportati da robuste evidenze scientifiche robuste in specifici contesti di prestazione atletica (esercizio intermittente, allenamento di forza). Il documento raccomanda di valutare il rapporto rischio/beneficio prima dell'impiego, di preferire prodotti verificati per ridurre il rischio di contaminazioni e potenziali violazioni *antidoping*, e di testare l'integrazione in fase di allenamento prima di un utilizzo in competizione. Vengono richiamati i protocolli di dosaggio consolidati, che prevedono una fase di carico seguita da una fase di mantenimento, e si sottolinea la necessità di adattare l'assunzione al singolo atleta, monitorandone gli effetti individuali (Maughan *et al.*, 2018).

CAPITOLO 4: Questionario

4.1 Obiettivo e struttura

La somministrazione di questo questionario all'interno di questa tesi ha l'obiettivo di indagare la conoscenza, la diffusione, le modalità d'uso e la percezione che l'integratore creatina ha tra gli sportivi e non. Il questionario, gestito tramite Google moduli, è stato strutturato in tre parti principali. La prima parte riguarda la descrizione del campione, con domande volte a identificarne le caratteristiche anagrafiche e socio-demografiche, quali età, genere e occupazione. La seconda parte si concentra invece sulla sfera sportiva, con l'obiettivo di analizzare le abitudini

di attività fisica dei partecipanti e la loro suddivisione in base al tipo e alla frequenza della pratica sportiva. La terza parte invece riguarda strettamente il rapporto tra i partecipanti e l'utilizzo della creatina.

Il questionario è rimasto aperto da giugno ad ottobre 2025, registrando 90 risposte in totale, ed è stato condiviso tramite canali social quali “*WhatsApp*”, “*Instagram*” e passaparola.

4.2 Profilo del campione

Le risposte evidenziano una certa eterogeneità per quanto riguarda genere, età e occupazione dei partecipanti.

4.2.1 Sesso

La distribuzione per genere (Fig. 4.1) mostra una parità assoluta per quanto riguarda i partecipanti al questionario, con 45 risposte di partecipanti di sesso femminile e 45 risposte da parte di partecipanti di sesso maschile. Questo equilibrio ci permette di confrontare le differenze di abitudini e percezione tra i due sessi.

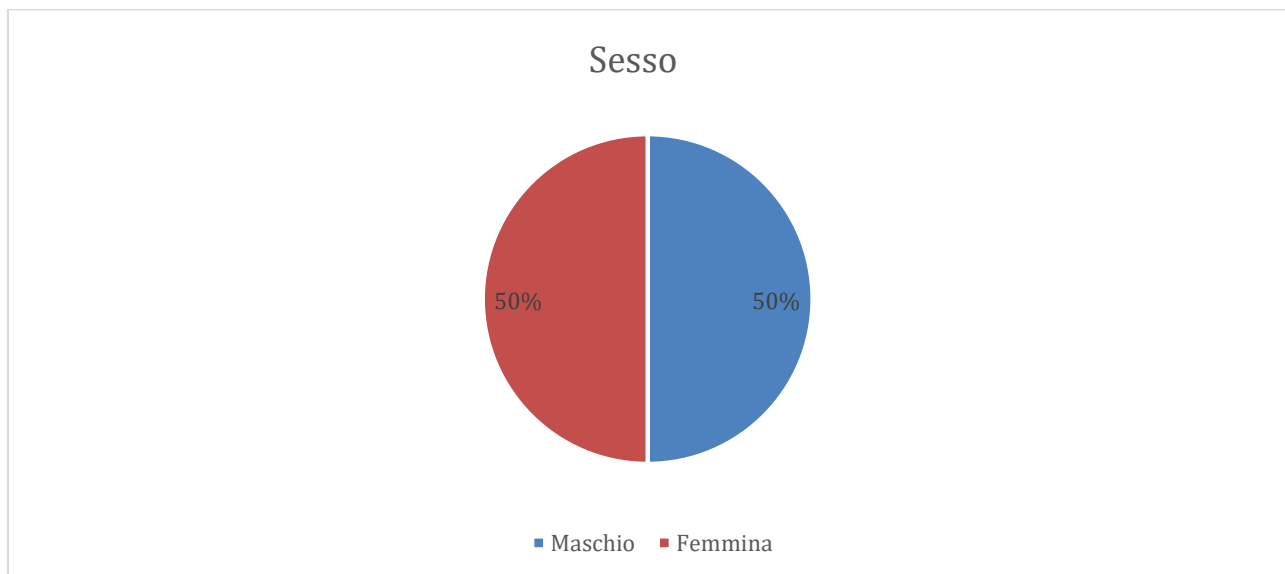


Figura 4.1: *Sesso del campione*

4.2.3 Fascia d'età

La maggior parte dei rispondenti si colloca tra una fascia d'età compresa tra i 18 e 25 anni. La seconda fascia d'età più rappresentata all'interno del questionario è quella tra i 25 e i 35, ma non mancano risposte di persone più grandi, arrivando a risposte di persone *over 50*, che comunque

contano il 18% delle risposte. Meno rappresentata invece la categoria di persone con età inferiore ai 18 anni (Fig. 4.2). Questi risultati derivano dalla modalità di condivisione del questionario, che tramite social, ha raggiunto delle fasce d'età più attive in quell'ambito.

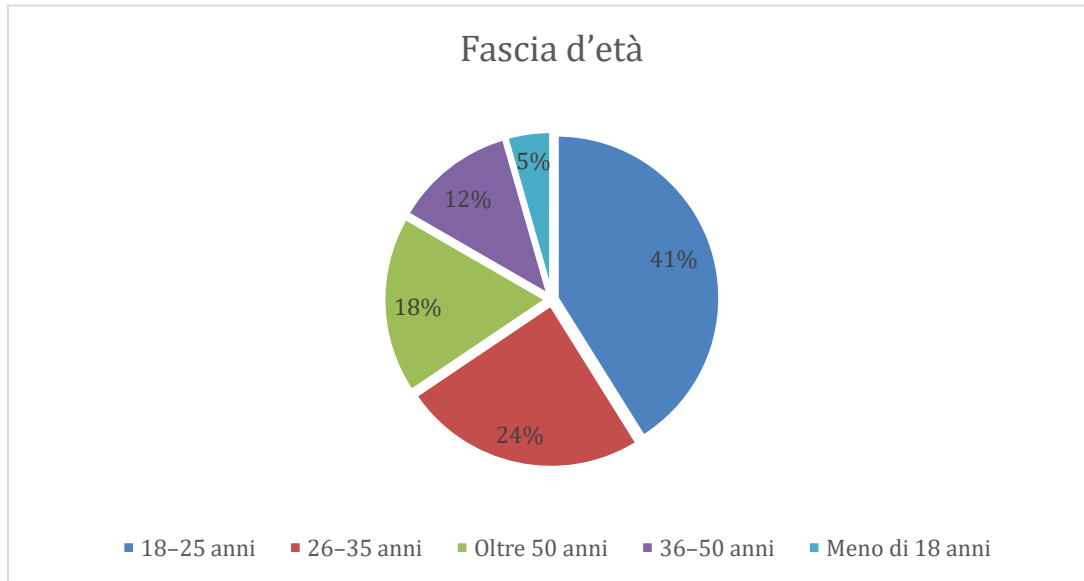


Figura 4.2: *Fascia d'età del campione*

4.2.3 Occupazione

Dal punto di vista occupazionale, il campione include studenti, lavoratori, pensionati, studenti-lavoratori e una piccola quota di disoccupati. La categoria più rappresentata è quella dei lavoratori, che occupa più del 50% delle risposte, seguita da quella degli studenti (Fig. 4.3).

La presenza di quote inferiori ma comunque significative di pensionati e disoccupati permette di aumentare la diversità socio-demografica del campione, dando così la possibilità di avere più spunti di riflessione.

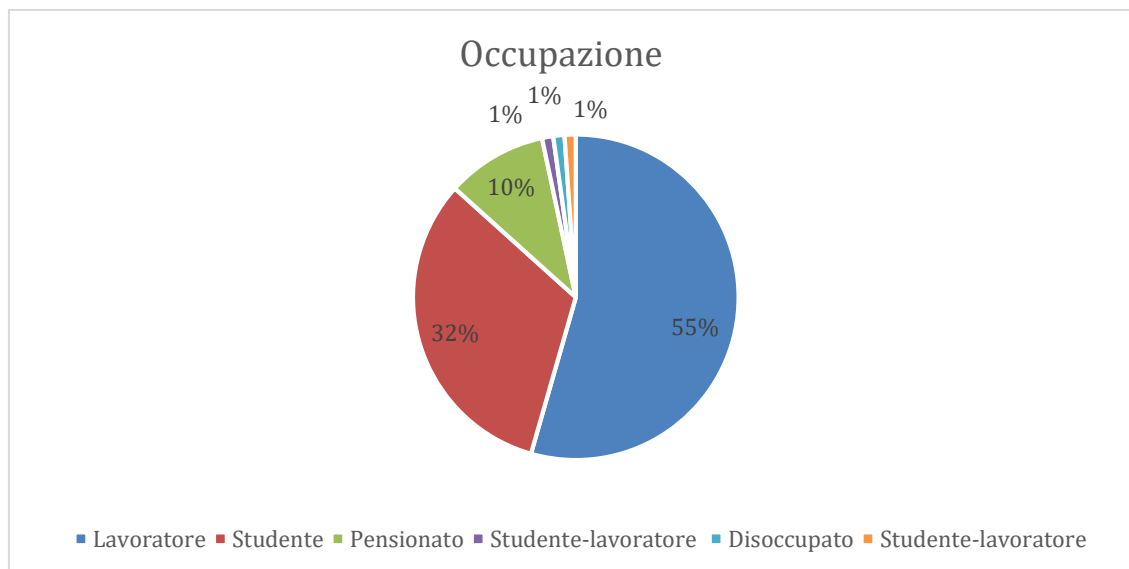


Figura 4.3: *Occupazione del campione*

4.3 Attività sportiva

In questa seconda parte viene chiesto ai partecipanti di descrivere il loro rapporto con l'attività sportiva. Questa sezione del questionario diventa fondamentale per approfondire e capire come il campione sia distribuito dal punto di vista sportivo, e di conseguenza se la pratica o meno di uno sport sia legata o meno all'utilizzo o alla conoscenza della creatina.

4.3.1 Regolarità di pratica

La quasi totalità dei rispondenti dichiara di svolgere attività sportiva, anche se con obiettivi e livelli di intensità differenti. La maggioranza si colloca nella categoria di "sportivi amatoriali", ma non manca una parte rappresentativa che pratica attività sportiva a livello agonistico. Abbiamo anche un 17% di rispondenti che dichiara di non praticare affatto attività sportiva regolare (Fig. 4.4).

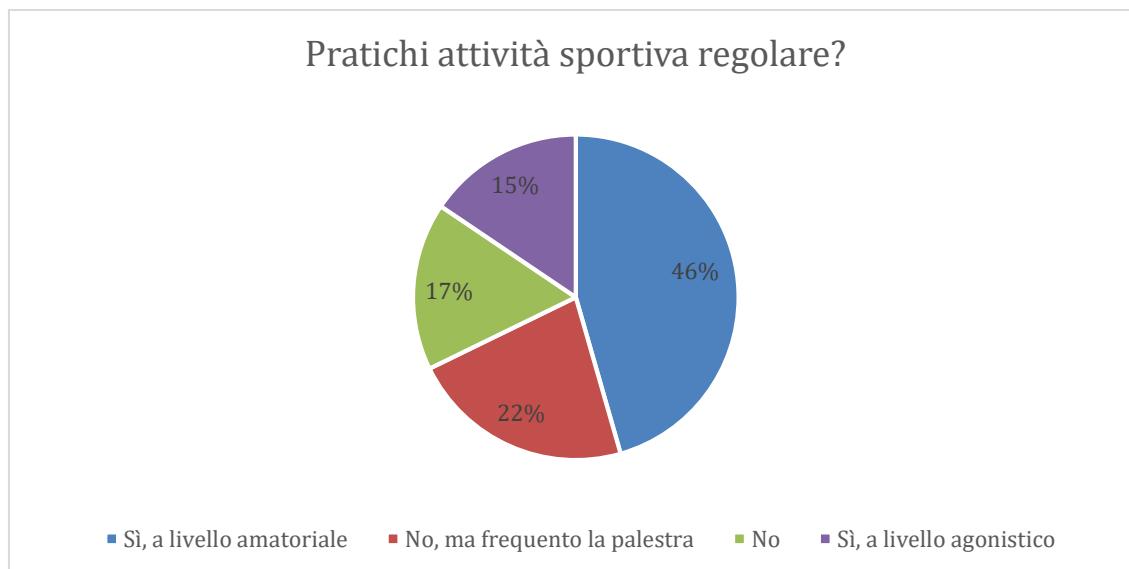


Figura 4.4: *Regolarità di pratica sportiva del campione*

4.3.2 Tipologia di pratica sportiva

Analizzando le risposte (Fig. 4.5), emerge come la maggioranza dei rispondenti pratica prevalentemente sport di resistenza o dinamici (corsa, ciclismo, basket, calcio, nuoto...). L'allenamento in palestra non competitivo rappresenta la seconda attività più svolta da parte dei partecipanti. Questo perché spesso chi svolge sport dinamici, integra il proprio allenamento con sedute in palestra. Gli sport misti (*crossfit*, arti marziali, rugby...) e gli sport di forza/potenza (sollevamento pesi, *powerlifting*...) sono comunque rappresentati. Questa distribuzione rappresenta la varietà di approcci allo sport tipica della popolazione, con una netta maggioranza di persone che svolge attività aerobiche, ma comunque con una crescita per l'interesse di discipline di forza e potenza.

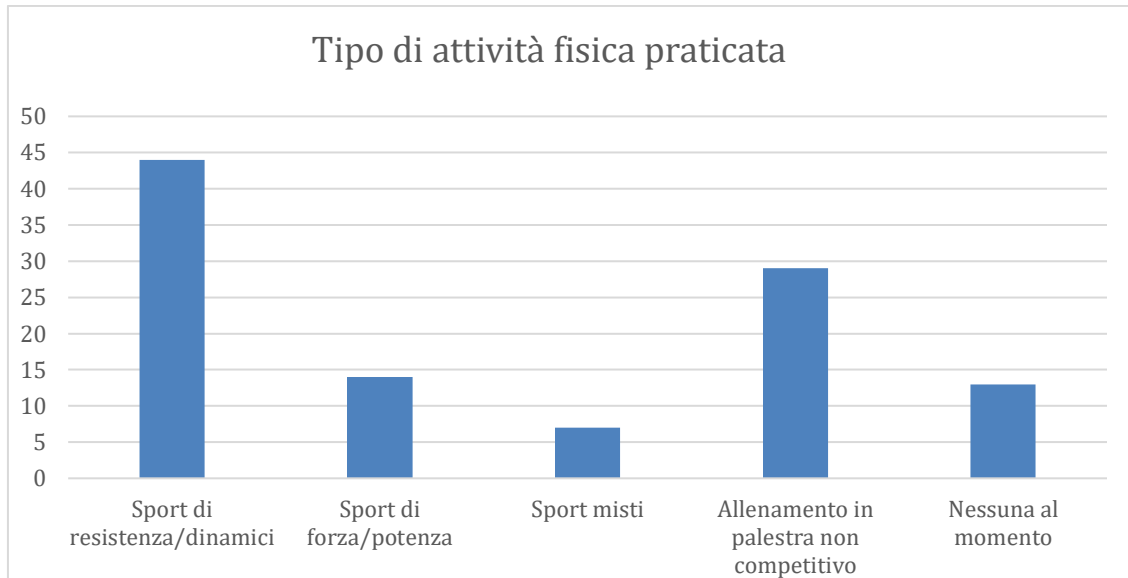


Figura 4.5: *Tipologia di attività fisica praticata dal campione*

4.3.3 Esperienza e continuità nella pratica sportiva

Per quanto riguarda la continuità di allenamento dei partecipanti al sondaggio (Fig. 4.6), si evidenzia che il gruppo più rappresentativo (46%) è composto da persone che praticano attività fisica regolare da più di 5 anni. In generale il campione è formato da persone che praticano attività fisica in maniera continuativa, visto che solamente il 12% dichiara non svolgerla. Questa distribuzione di risposte rappresenta per la ricerca un ottimo dato, visto che la tesi è fortemente indirizzata verso gli approcci e le percezioni da parte degli sportivi. In ogni caso è molto importante avere nel campione persone che non praticano alcuna attività sportiva regolare, così da poter avere più punti di vista sull'argomento in questione.

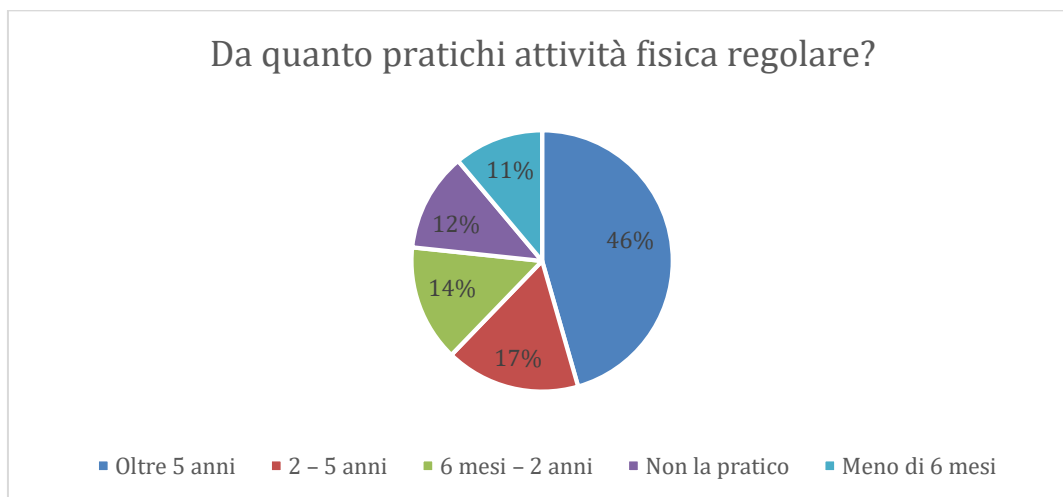


Figura 4.6: *Continuità di allenamento del campione*

4.4 Conoscenza e approcci alla creatina

La terza parte del sondaggio è incentrata sulla conoscenza e sull'approccio che il campione ha con la creatina. Questa sezione ci permette di avere un'idea di come sia utilizzata la sostanza, con che modalità, e soprattutto di come essa sia percepita agli occhi dei partecipanti. Le risposte a questa ultima parte ci permettono, incrociandole con quelle delle sezioni precedenti, di avere un'idea più chiara di come e se la creatina faccia parte e come dell'immaginario comune.

4.4.1 Conoscenza

Per quanto riguarda la conoscenza della creatina, quasi la totalità dei partecipanti al sondaggio ammette di aver sentito parlare della sostanza. Infatti solo il 3% dichiara di non aver mai sentito parlare della creatina (Fig. 4.7). Questo conferma l'ampia diffusione nel linguaggio comune e nell'ambito sportivo della creatina. Le modalità di conoscenza della sostanza sono molto varie (Fig. 4.8). La maggior parte dei rispondenti ammette di esserne venuto a conoscenza tramite *social media* e *fitness influencer*. Questo dato ci permette di capire come il mondo del fitness sia ormai un argomento centrale nei social network, e che la creatina si conferma uno degli argomenti più trattati in questo ambito. Una grossa parte del campione segnala di averne sentito parlare tramite amici o compagni di allenamento, il che si fa percepire come l'argomento creatina sia trattato anche in ambienti informali.

Da questi dati si evidenzia che la tendenza rimane quella di un approccio di dimensioni informali (reti sociali e *social network*), con il rischio di sviluppare convinzioni errate o incomplete. Lo studio di Klein et al. (2021), ha evidenziato che gli atleti universitari statunitensi tendono ad attingere informazioni sulla nutrizione sportiva e sull'uso di integratori principalmente da fonti non accademiche, come i social media, gli allenatori e lo staff tecnico, pur riconoscendo i dietisti e nutrizionisti come le figure più competenti e affidabili in materia.

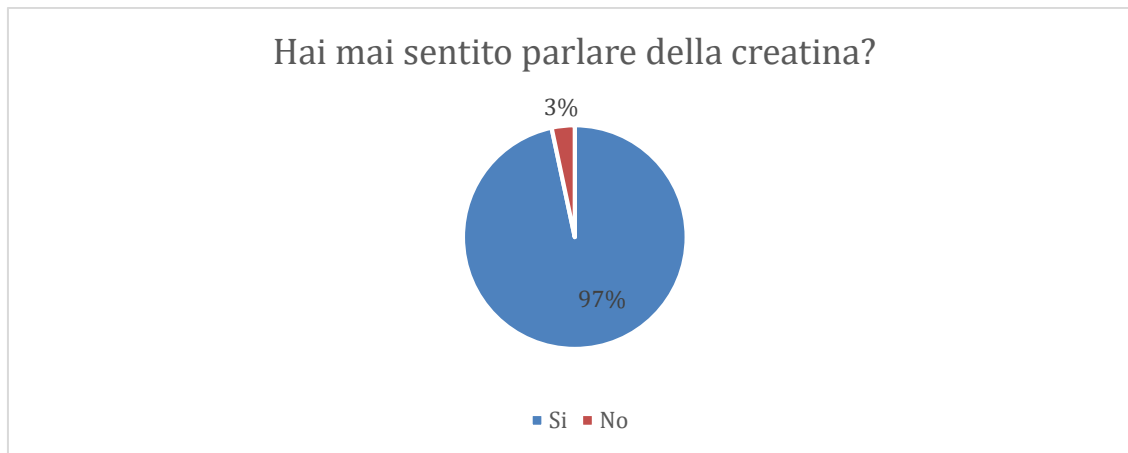


Figura 4.7: conoscenza riguardo la creatina da parte del campione

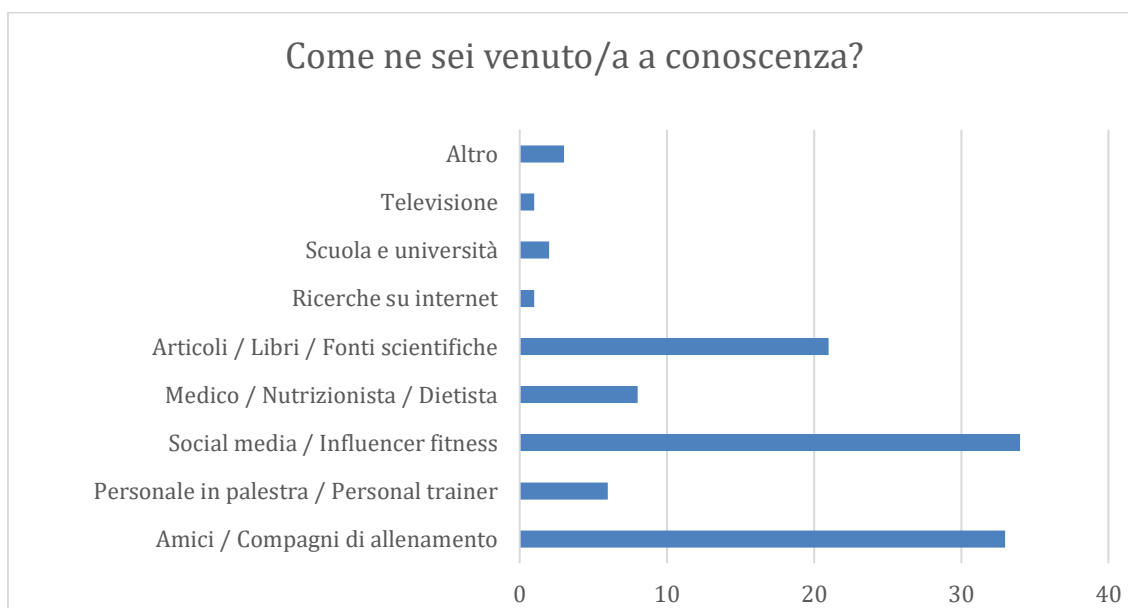


Figura 4.8: Modalità di conoscenza da parte del campione

4.4.2 Utilizzo

Come si evince dai risultati del sondaggio (Fig. 4.9), la maggior parte dei partecipanti non ha mai utilizzato creatina nella propria vita. Questo risultato evidenzia come, nonostante il gran numero di studi che evidenziano gli effetti positivi dell'assunzione della sostanza, il consumo di essa non faccia parte della quotidianità da parte delle persone. Questo può essere interpretato come una conoscenza ancora limitata da parte della popolazione generale. In assenza di una corretta educazione in merito all'argomento, il rischio è quello di alimentare falsi miti, che possono portare

le persone a distanziarsi da determinate sostanze, per paura di possibili effetti collaterali non documentati a livello scientifico.

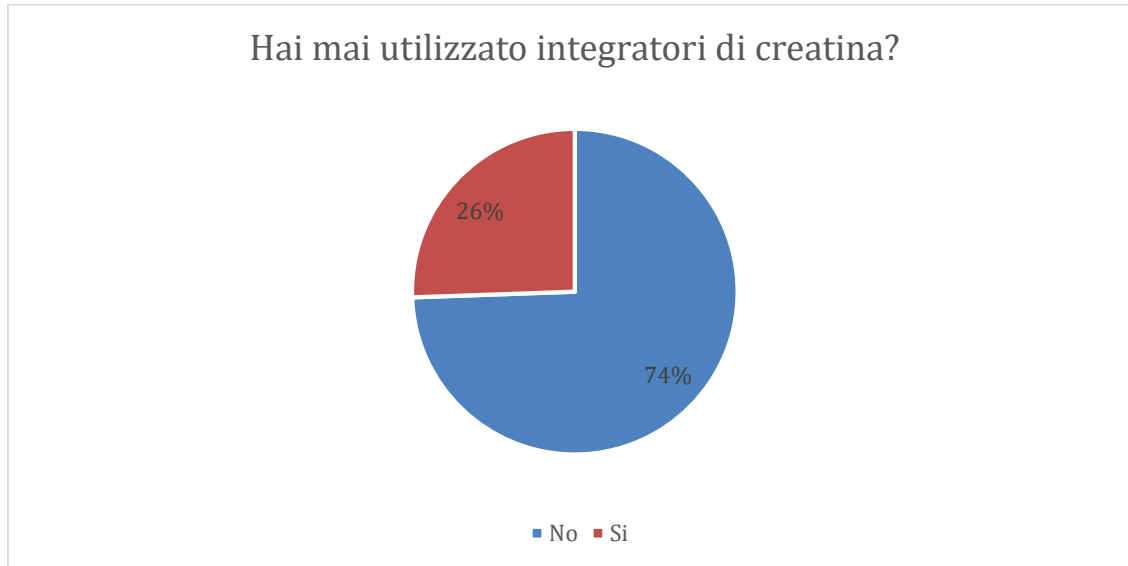


Figura 4.9: *Utilizzo di creatina da parte del campione*

4.4.3 Frequenza di assunzione

Dei 23 partecipanti che hanno ammesso di aver assunto creatina nel corso della loro vita, possiamo notare evidenti differenze nella frequenza di assunzione (Fig.4.10). Il 44% afferma di assumerla regolarmente durante l'anno, mentre il restante del campione si suddivide in assunzione solo in fase di carico/preparazione (22%) e in soli cicli occasionali (30%). Questi dati ci permettono di capire come sia variabile e soggettiva la frequenza di assunzione della creatina.

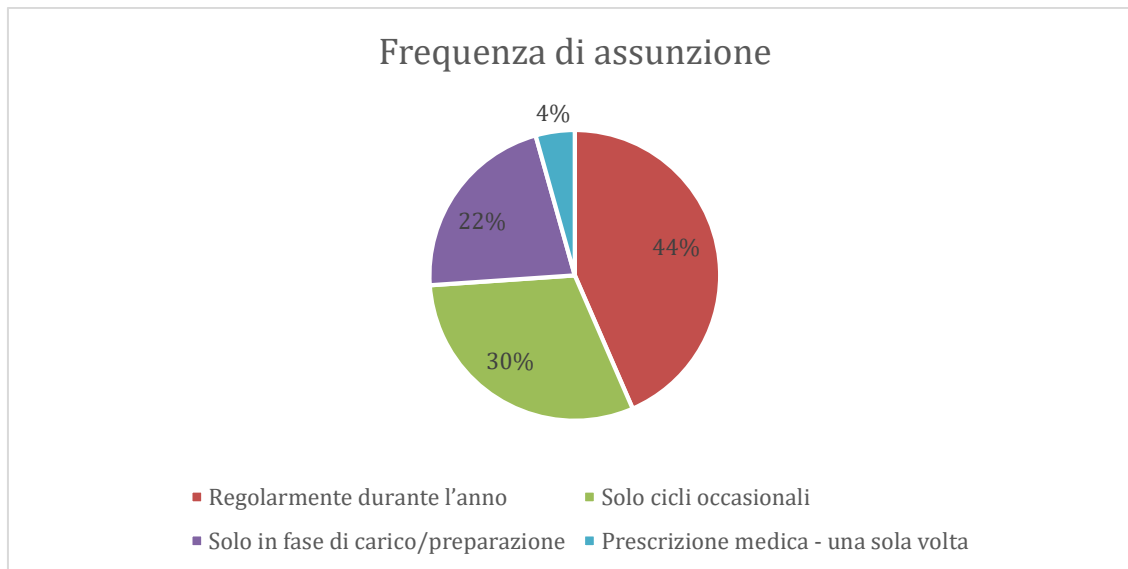


Figura 4.10: *Frequenza di assunzione da parte del campione*

4.4.4 Tipologia di creatina usata

Dalle risposte dei 23 soggetti che hanno assunto creatina nel corso della loro vita, si evidenzia come la creatina monoidrato rimanga la forma di creatina più utilizzata e conosciuta. Il 13% dichiara di non sapere quale tipologia di creatina abbiano assunto (Fig. 4.11). Questo è un segnale della scarsa informazione su questa sostanza, anche da parte di chi la assume, trascurando aspetti potenzialmente importanti.

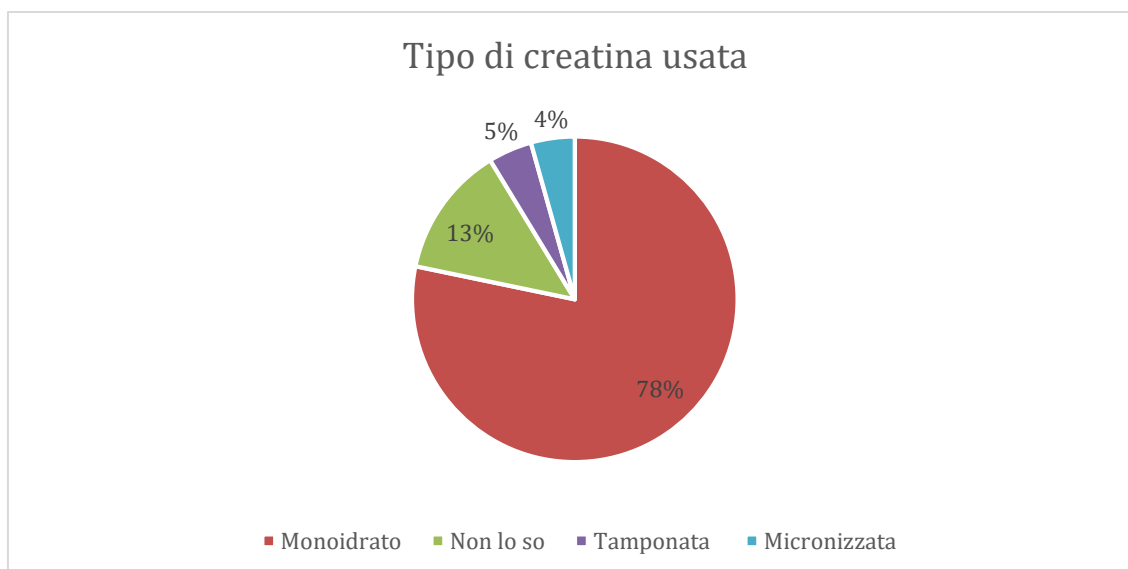


Figura 4.11: *Tipologia di creatina assunta da parte del campione*

4.4.5 Modalità di assunzione

Analizzando i dati legati alla domanda riguardante la modalità di assunzione della creatina da parte dei partecipanti al sondaggio, risulta subito come la situazione sia estremamente eterogenea (Fig. 4.12). Il 39% dei rispondenti ammette di assumerla in qualsiasi momento della giornata, quindi di non dare particolarmente importanza alle sinergie alimentari che sono evidenziate nel capitolo 3. Il 22% dei soggetti dice di assumerle a stomaco vuoto, mentre i restanti si dividono in proteine o carboidrati. Questi dati ci permettono di osservare come, anche in questo tema, le differenze e le credenze siano molte e diverse tra loro. Ognuno tende ad assimilare la sostanza come più ritiene consono, senza seguire delle linee guida per ottimizzarne gli effetti.

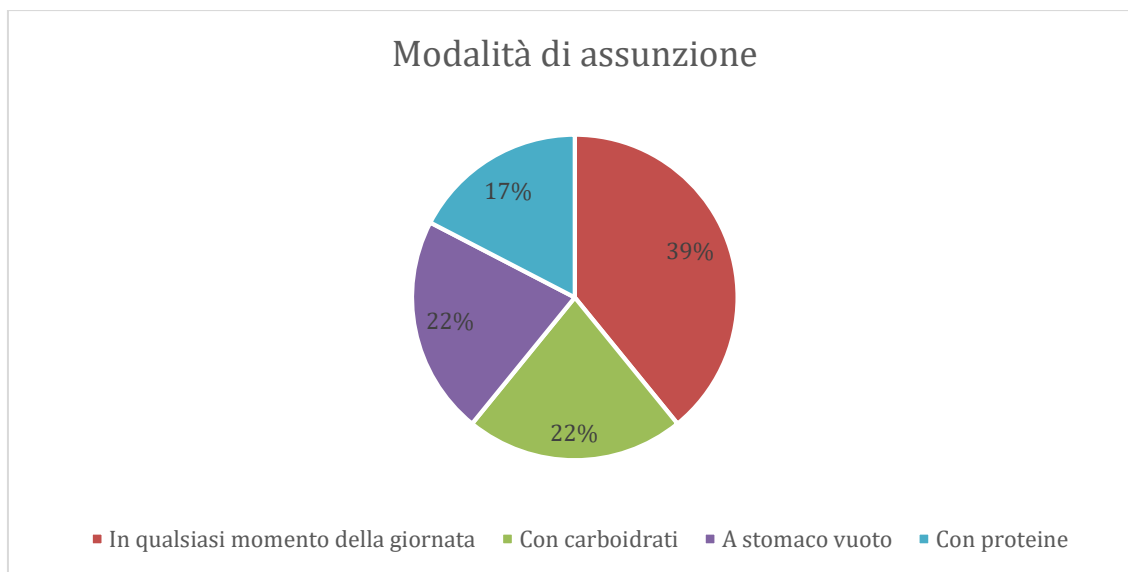


Figura 4.12: *Modalità di assunzione da parte del campione*

4.4.6 Effetti collaterali

Dei 23 partecipanti che si sono definiti consumatori, la quasi totalità ha ammesso di non aver mai avuto effetti collaterali legati all'assunzione di creatina (Fig. 4.13). Questo dato ci conferma la sicurezza dell'integratore. L'unico partecipante ad aver evidenziato l'insorgenza di effetti collaterali li descrive come insorgenza di dissenteria.



Figura 4.13: *Effetti collaterali legati alla creatina*

4.5 Percezione soggettiva e opinioni personali

L'ultima parte del sondaggio cerca di analizzare la percezione soggettiva dei partecipanti riguardo la creatina, così da poter avere un'idea più chiara per quanto riguarda l'idea comune che, sportivi e non, hanno riguardo la sostanza. (Fig. 4.14)

La maggioranza dei partecipanti (49) preferisce non esporsi quando gli è stato chiesto un parere su come ritenesse la creatina, giustificandola con “Non ne so abbastanza per giudicare”. Dati incoraggianti invece arrivano da altre risposte ricevute. Infatti molti partecipanti definiscono la creatina come “sicura se assunta correttamente” e “utile per migliorare le prestazioni”. Non mancano in ogni caso soggetti più scettici riguardo l'argomento, che la ritengono una sostanza dopante e pericolosa per reni / fegato. Queste credenze potrebbero derivare dal fatto che spesso, a partire dagli anni '90, la creatina sia stata affiancata ad altre sostanze in casi mediaticamente importanti di doping. Questa vicinanza potrebbe aver creato delle associazioni mentali molto forti all'interno della popolazione. In ogni caso, la maggior parte che si sono espresse a seguito di questa domanda, evidenziano una certa percezione positiva per quanto riguarda l'uso della sostanza, evidenziando comunque la presenza di opinioni contrastanti in materia.

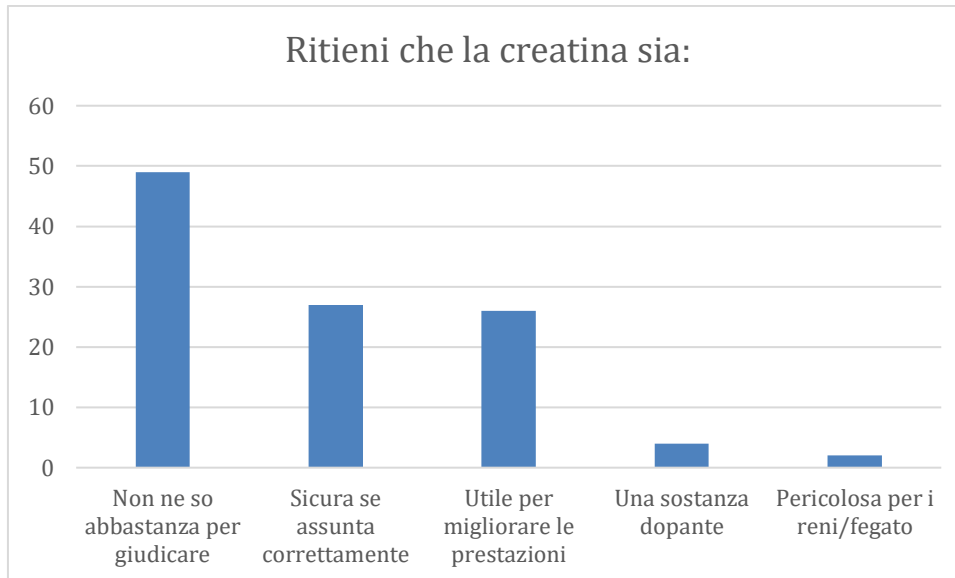


Figura 4.14: Opinioni sulla creatina da parte del campione

Più della metà del campione (52%) si dimostra in ogni caso favorevole nell'approfondire la conoscenza riguardo la sostanza (Fig. 4.15) ed il 63% dichiara di essere favorevole all'uso di creatina sotto controllo medico (Fig. 4.16).

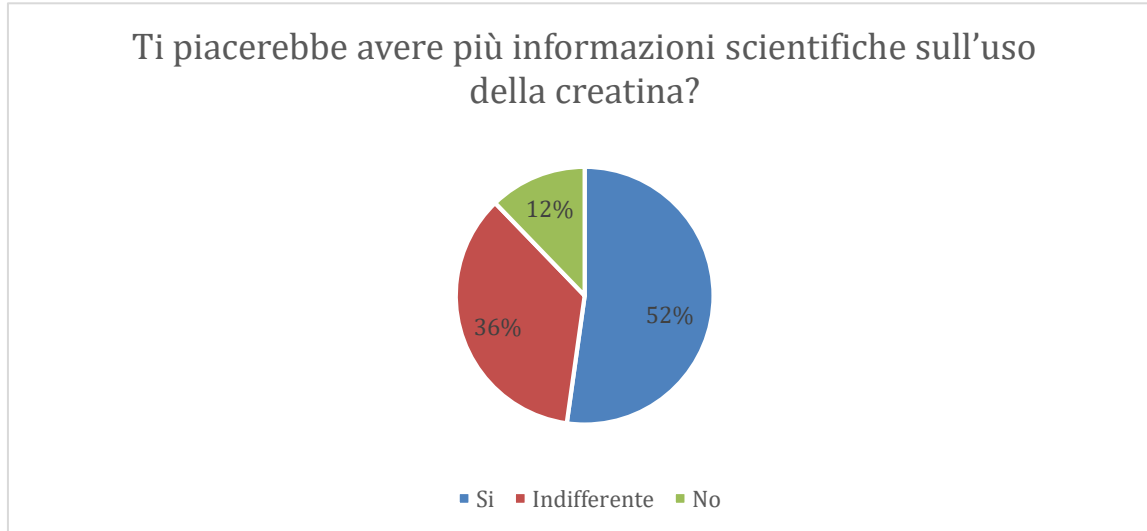


Figura 4.15: Interesse di approfondire da parte del campione

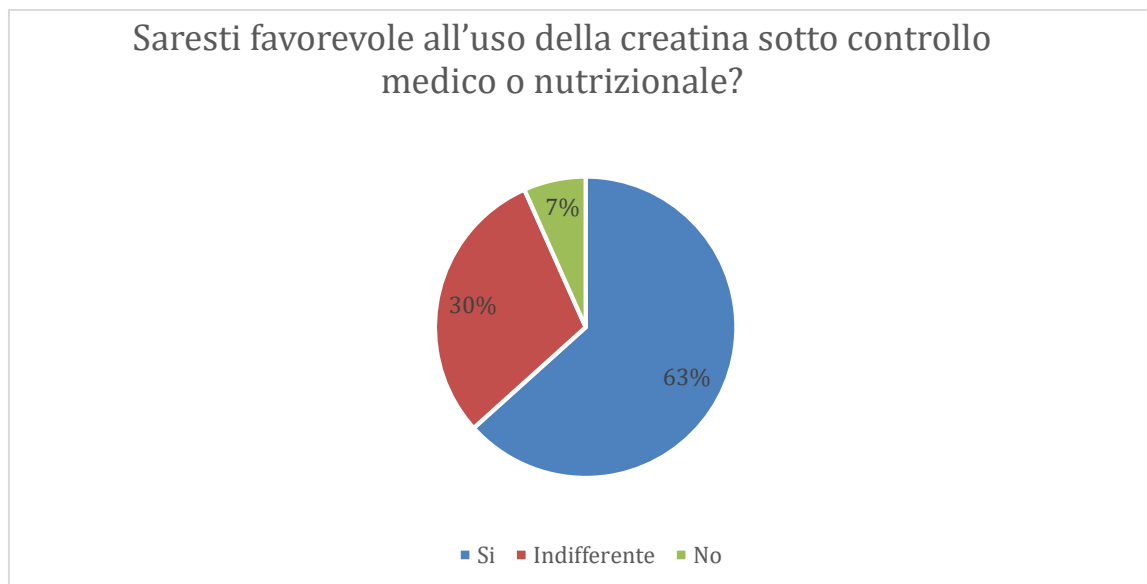


Figura 4.16: *Interesse nell'assunzione di creatina*

L'ultima domanda del sondaggio lasciava spazio a dei commenti o dei suggerimenti da parte dei partecipanti. Interessante ciò che emerge da questa sezione perché lascia libera espressione ai partecipanti di esprimersi riguardo l'utilizzo di integratori nello sport. I pareri che risultano sono tra i più vari. Ecco una raccolta delle idee che più sono rappresentate all'interno delle risposte:

- Integratori sportivi utili per le performance, sia a livello amatoriale che agonistico;
- Necessità di aumentare l'informazione generale in materia;
- Necessità di linee guide univoche per evitare e smentire false credenze;
- L'assunzione andrebbe sempre seguita da un medico;

Queste risposte permettono di fare più di qualche riflessione in merito all'argomento. In generale l'idea più diffusa tra i partecipanti è quella che aumentare l'informazione generale in materia possa essere un'ottima soluzione, così come avere linee guida univoche e chiare, per ridurre al minimo le false credenze, che possono risultare controproducenti o fuorvianti riguardo la creatina e l'integrazione sportiva in generale. Risulta però che una delle idee più gettonate sia quella che in ogni caso gli integratori sportivi, sia a livello amatoriale che agonistico, rappresentino un ottimo alleato per performare al meglio. Questo è un ottimo segnale, che allontana lo scetticismo generale che spesso si affronta in materia. Inoltre molti suggeriscono che l'assunzione andrebbe sempre seguita da un medico, il che permetterebbe all'atleta di seguire linee guida e dosaggi personalizzati alla sua situazione di salute e alla *performance* desiderata.

CONCLUSIONI

La revisione condotta tramite la letteratura scientifica dimostra come la creatina possa essere un ottimo integratore per tutti coloro che svolgono attività sportiva e non solo, ma lasciando ancora incertezza per qualche aspetto.

La forma di creatina con il miglior rapporto evidenza/efficacia/sicurezza sia la creatina monoidrato e che protocolli di integrazione consolidati, come quello carico e/o mantenimento, producono aumenti affidabili nelle riserve muscolari di creatina. Inoltre risultano evidenti i benefici in aumento di forza massimale e ipertrofia. In aggiunta le evidenze affermano anche un miglioramento a livello di “DOMS” e recupero muscolare.

Tuttavia permangono delle aree di incertezza tra le quali variabilità di risposta tra individui, ottimizzazione del timing di assunzione in specifici contesti, e soprattutto dati a lungo termine per dosaggi di carico estremi.

I risultati del questionario dimostrano che di base la conoscenza della creatina è diffusa, ma ancora molto superficiale nella popolazione generale. Infatti risulta che molte pratiche d'uso sono dettate da figure non specialiste, come fitness *influencer* non sempre adeguatamente formati. Inoltre si evidenzia una necessità di promuovere interventi educativi ad atleti ed operatori del settore sportivo per poter ridurre la discrepanza tra linee guida scientifiche e credenze popolari.

Guardando al futuro, sarebbe interessante approfondire come la creatina possa avere dei benefici anche al di fuori dell'aspetto sportivo.

BIBLIOGRAFIA

Andres, R. H., Ducray, A. D., Schlattner, U., Wallimann, T., & Widmer, H. R. (2008). Functions and effects of creatine in the central nervous system. *Brain Research Bulletin*, 76(4), 329–343.

<https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2008.02.035>

Antonio, J., & Ciccone, V. (2013). The effects of pre versus post workout supplementation of creatine monohydrate on body composition and strength. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10, 36. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-36>

Bessman, S. P., & Carpenter, C. L. (1985). The creatine–creatine phosphate energy shuttle. *Annual Review of Biochemistry*, 54, 831–862. <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.54.070185.004151>

Bonilla, D. A., Kreider, R. B., Stout, J. R., Forero, D. A., Kerksick, C. M., Roberts, M. D., & Rawson, E. S. (2021). Metabolic Basis of Creatine in Health and Disease: A Bioinformatics-Assisted Review. *Nutrients*, 13(4), 1238. <https://doi.org/10.3390/nu13041238>

Branch, J. D. (2003). Effect of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13(2), 198–226.

<https://doi.org/10.1123/ijsnem.13.2.198>

Brosnan, M. E., & Brosnan, J. T. (2016). The role of dietary creatine. *Amino Acids*, 48, 1785–1791.

<https://doi.org/10.1007/s00726-016-2188-1>

Burke, R., Piñero, A., Coleman, M., Mohan, A., Sapuppo, M., Augustin, F., Aragon, A. A., Candow, D. G., Forbes, S. C., Swinton, P., & Schoenfeld, B. J. (2023). The Effects of Creatine Supplementation Combined with Resistance Training on Regional Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Nutrients*, 15(9), 2116.

<https://doi.org/10.3390/nu15092116>

Candow, D. G., Forbes, S. C., Roberts, M. D., Roy, B. D., Antonio, J., Smith-Ryan, A. E., Rawson, E. S., Gualano, B., & Roschel, H. (2022). Creatine O'Clock: Does Timing of Ingestion Really Influence Muscle Mass and Performance? *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 893714.

<https://doi.org/10.3389/fspor.2022.893714>

Clark, J. F. (1997). Creatine and phosphocreatine: a review of their use in exercise and sport. *Journal of Athletic Training*, 32(1), 45–51.

Conway, M. A., & Clark, J. F. (1996). *Creatine and creatine phosphate: Scientific and clinical perspectives*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-186340-1.X5000-0>

Cooper, R., Naclerio, F., Allgrove, J., & Jimenez, A. (2012). Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: An update. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9, 33. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-33>

Dzeja, P. P., Terzic, A., & Wieringa, B. (2004). Phosphotransfer dynamics in skeletal muscle from creatine kinase gene-deleted mice. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 256–257(1–2), 13–27. <https://doi.org/10.1023/B:MCBI.0000009856.23646.38>

EFSA (European Food Safety Authority). (2004). Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food (AFC) on a request from the Commission related to creatine monohydrate for use in foods for particular nutritional uses. *EFSA Journal*, 2(4), 36. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.36>

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2016). Scientific opinion on creatine in combination with resistance training and improvement in muscle strength: Evaluation of a health claim pursuant to Article 13(5) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 14(2), 4400. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4400>

Forbes, S. C., Candow, D. G., Ostojic, S. M., Roberts, M. D., & Chilibeck, P. D. (2021). Meta-analysis examining the importance of creatine ingestion strategies on lean tissue mass and strength in older adults. *Nutrients*, 13(6), 1912. <https://doi.org/10.3390/nu13061912>

Forbes, S. C., Candow, D. G., Neto, J. H. F., Kennedy, M. D., Forbes, J. L., Machado, M., Bustillo, E., Gomez-Lopez, J., Zapata, A., & Antonio, J. (2023). Creatine supplementation and endurance performance: surges and sprints to win the race. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20(1), 2204071. <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2204071>

González Matarín, P. (2022). Effects of creatine supplementation in different sports: A review. *Archives of Life Science and Nutritional Research*, 6(1), 002. [https://doi.org/10.31829/2765-8368/alsnr2022-6\(1\)-002](https://doi.org/10.31829/2765-8368/alsnr2022-6(1)-002)

Gutiérrez-Hellín, J., Del Coso, J., Franco-Andrés, A., Gamonales, J. M., Espada, M. C., González-García, J., López-Moreno, M., & Varillas-Delgado, D. (2025). Creatine Supplementation Beyond Athletics: Benefits of Different Types of Creatine for Women, Vegans, and Clinical Populations—A Narrative Review. *Nutrients*, 17(1), 95. <https://doi.org/10.3390/nu17010095>

Hettling, H., & van Beek, J. H. G. M. (2011). Analyzing the functional properties of the creatine kinase system with multiscale ‘sloppy’ modeling. *PLoS Computational Biology*, 7(8), e1002130. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002130>

Hickner, R. C., Dyck, D. J., Sklar, J., et al. (2010). Effect of 28 days of creatine ingestion on muscle metabolism and performance of a simulated cycling road race. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7, 26. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-26>

Jagiello, W., Kruszewski, M., & Banach, J. (2010). Effects of creatine supplementation on body mass and muscle girths in bodybuilders. *Biomedical Human Kinetics*, 2(2010), 47–50. <https://doi.org/10.2478/v10101-010-0010-1>

Jagim, A. R., Oliver, J. M., Sanchez, A., Galvan, E., Fluckey, J., Riechman, S., Greenwood, M., Kelly, K., Meininger, C., Rasmussen, C., & Kreider, R. B. (2012). A buffered form of creatine does not promote greater changes in muscle creatine content, body composition, or training adaptations than creatine monohydrate. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 43. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-43>

Jäger, R., Purpura, M., Shao, A., et al. (2011). Analysis of the efficacy, safety, and regulatory status of novel forms of creatine. *Amino Acids*, 40, 1369–1383. <https://doi.org/10.1007/s00726-011-0874-6>

Joncquel-Chevalier Curt, M., Voicu, P.-M., Fontaine, M., Dessein, A.-F., Porchet, N., Mention-Mulliez, K., Dobbelaere, D., Soto-Ares, G., Cheillan, D., & Vamecq, J. (2015). Creatine

biosynthesis and transport in health and disease. *Biochimie*, 119, 146–165. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2015.10.022>

Klein, D., Eck, K., Walker, A., Pellegrino, J., & Freidenreich, D. (2021). Assessment of sport nutrition knowledge, dietary practices, and sources of nutrition information in NCAA Division III collegiate athletes. *Nutrients*, 13(9), 2962. <https://doi.org/10.3390/nu13092962>

Korovljev, D., Todorovic, N., Stajer, V., et al. (2021). Temporal trends in dietary creatine intake from 1999 to 2018: an ecological study with 89,161 participants. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18, 53. <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00453-1>

Kreider, R. B., & Stout, J. R. (2021). Creatine in Health and Disease. *Nutrients*, 13(2), 447. <https://doi.org/10.3390/nu13020447>

Kreider, R. B., Jäger, R., & Purpura, M. (2022). Bioavailability, Efficacy, Safety, and Regulatory Status of Creatine and Related Compounds: A Critical Review. *Nutrients*, 14(5), 1035. <https://doi.org/10.3390/nu14051035>

Masodsai, K., Sahaschot, T., & Chaunchaiyakul, R. (2023). Cardiorespiratory, Metabolic, and Performance Changes from the Effects of Creatine and Caffeine Supplementations in Glucose—Electrolyte-Based Sports Drinks: A Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Sports*, 11(1), 4. <https://doi.org/10.3390/sports11010004>

Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., van Loon, L. J. C., Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Verne, A., Currell, K., Ali, V. M., Budgett, R. G., Ljungqvist, A., ... Engebretsen, L. (2018). IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 52(7), 439–455. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>

Ministero Della Salute. (n.d.). *Integratori alimentari e linee guida ministeriali*. Ministero della Salute. Retrieved October 20, 2025, from <https://www.salute.gov.it/new/it/tema/alimenti-fini-medici-speciali-ed-integratori/integratori-alimentari-e-linee-guida-ministeriali/>

Ostojic, S. M., & Grasaas, E. (2025). Dietary Creatine and Hydration Biomarkers in the General Population: NHANES 1999–2023. *Food Science & Nutrition*, 13(7), e70524. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70524>

Solis, M. Y., Artioli, G. G., & Gualano, B. (2021). Potential of Creatine in Glucose Management and Diabetes. *Nutrients*, 13(2), 570. <https://doi.org/10.3390/nu13020570>

Smith-Ryan, A. E., Cabre, H. E., Eckerson, J. M., & Candow, D. G. (2021). Creatine Supplementation in Women's Health: A Lifespan Perspective. *Nutrients*, 13(3), 877. <https://doi.org/10.3390/nu13030877>

Spillane, M., Schoch, R., Cooke, M., Harvey, T., Greenwood, M., Kreider, R., & Willoughby, D. S. (2009). The effects of creatine ethyl ester supplementation combined with heavy resistance training on body composition, muscle performance, and serum and muscle creatine levels. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 6, 6. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-6-6>

Steenge, G. R., Simpson, E. J., & Greenhaff, P. L. (2000). Protein- and carbohydrate-induced augmentation of whole body creatine retention in humans. *Journal of Applied Physiology*, 89(3), 1165–1171. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.3.1165>

Wallimann, T., Tokarska-Schlattner, M., & Schlattner, U. (2011). The creatine kinase system and pleiotropic effects of creatine. *Amino Acids*, 40, 1271–1296. <https://doi.org/10.1007/s00726-011-0877-3>

Wang, Z., Qiu, B., Li, R., Han, Y., Petersen, C., Liu, S., Zhang, Y., Liu, C., Candow, D. G., & Del Coso, J. (2024). Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength gains in adults <50 years of age: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 16(21), 3665. <https://doi.org/10.3390/nu16213665>

Wu, S.-H., Chen, K.-L., Hsu, C., Chen, H.-C., Chen, J.-Y., Yu, S.-Y., & Shiu, Y.-J. (2022). Creatine supplementation for muscle growth: A scoping review of randomized clinical trials from 2012 to 2021. *Nutrients*, 14(6), 1255. <https://doi.org/10.3390/nu14061255>

Wyss, M., & Kaddurah-Daouk, R. (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiological Reviews*, 80(3), 1107–1213. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.3.1107>