



KEYWORDS

Caffeine, sport supplements, sport performance

Effetti dell'integrazione di caffeina sulla performance

La caffeina o 1,3,7-trimetilxantina, è una polvere bianca inodore che è solubile sia in acqua che in lipidi e ha un sapore amaro. Una volta introdotta nell'organismo, viene rapidamente assorbita dal tratto gastrointestinale, principalmente dall'intestino tenue ma anche nello stomaco. Nella saliva, la concentrazione di caffeina raggiunge il 65-85% dei livelli plasmatici. La caffeina è distribuita in tutto il corpo in modo rapido ed efficace in virtù del fatto che è sufficientemente idrofoba da consentire un facile passaggio attraverso la maggior parte, se non tutte, le membrane biologiche, compresa la barriera emato-encefalica. Dopo l'ingestione, appare nel sangue in pochi minuti e la sua biodisponibilità assoluta è molto alta, raggiungendo quasi il 100%. Una volta che la caffeina viene

assorbita, non sembra esserci alcun effetto epatico first-pass (cioè, il fegato non sembra rimuovere la caffeina mentre passa dall'intestino alla circolazione generale). L'assorbimento di caffeina da alimenti e bevande non sembra dipendere dall'età, dal sesso, dalla genetica o da condizioni patologiche, o dal consumo di droghe, alcol o nicotina. Tuttavia, i tassi di metabolismo e di degradazione della caffeina sembrano differire tra gli individui a causa di fattori sia ambientali che genetici (Guest NS et al., 2021).

INTEGRAZIONE DI CAFFEINA

Tra gli integratori sportivi accessibili, la caffeina (1,3,7-trimetilxantina) è una delle sostanze più consumate nel mondo dello sport. In realtà, già dall'inizio del secolo scorso, cocktail di stimolanti a base vegetale, tra cui la caffeina e altri composti come cocaina, stricnina, etere, eroina e nitroglicerina, furono sviluppati segretamente da allenatori e atleti in quella che sembra essere la prova di aiuti ergogenici precoci, progettati per fornire un vantaggio competitivo.

L'uso di vari cocktail farmaceutici da parte degli atleti di resistenza continuò fino a quando l'eroina e la cocaina si limitarono nelle prescrizioni negli anni '20 del secolo scorso, e ulteriormente quando il Comitato Olimpico Internazionale (CIO) introdusse programmi antidoping alla fine degli anni Sessanta (Delleli S. et al., 2022; Guest NS et al., 2021).

Tuttavia, dalla successiva rimozione della caffeina dalla lista degli agenti vietati dell'Agenzia mondiale antidoping, la concentrazione di caffeina urinaria è aumentata in modo significativo dal 2004 al 2015, con il 76% degli atleti competitivi che consumano caffeina per migliorare le prestazioni (Delleli S. et al., 2022). Ad oggi, la caffeina è in realtà ancora monitorata dall'agenzia mondiale antidoping e gli atleti sono incoraggiati a mantenere i livelli urinari di caffeina al di sotto di 12mg/ml (Guest NS et al., 2021). Alcuni dei primi studi pubblicati sulla caffeina provengono da due psicologi e colleghi William Rivers e Harald Webber, dell'Università di Cambridge, che svilupparono un interesse nel valutare gli ef-



Dott. Michele Calabrese
Chinesiologo AMPA, Nutrizionista.

calabrese.michele89@gmail.com

fetti psicologici e fisiologici di sostanze come la caffeina e l'alcol. Rivers e Webber, usando loro stessi come soggetti per la ricerca, hanno studiato gli effetti della caffeina sull'affaticamento muscolare. I notevoli studi ben progettati condotti dal 1906 al 1907 hanno utilizzato studi controllati con placebo in doppio cieco e standardizzazione per la dieta e sono stati descritti in un articolo del 1907 sul "Journal of Physiology". Dagli anni '40, inoltre, è iniziata una continua e significativa mole di ricerca scientifica sugli effetti della caffeina sulle prestazioni sportive, sviluppata su gruppi più ampi, sport differenti e che ha tenuto in considerazione variabili come la differenza tra individui allenati e non allenati. Tuttavia, è stata la serie di studi che ha valutato i benefici della caffeina negli sport di resistenza nello Human Performance Laboratory della Ball State University alla fine degli anni '70, guidata da David Costill, che ha generato lo sviluppo di una serie di ricerche sugli effetti della caffeina sul metabolismo dell'esercizio fisico e sulle prestazioni sportive (Guest NS et al., 2021).

Al giorno d'oggi, gli effetti ergogenici della caffeina sono stati osservati sia in attività di resistenza, sia in attività di forza, sia in attività ibride o intermittenti (Delleli S. et al., 2022; Grgic J et al., 2020).

Anche l'ISSN ha preso posizione a riguardo, confermando gli effetti trasversali in diverse performance della caffeina, con particolare enfasi sulle prestazioni di endurance e nello specifico in sport quali ciclismo, sci di fondo e nuoto (Guest NS et al., 2021). La metanalisi di Delleli S. e compagni (Delleli S. et al., 2022), si allinea a quanto detto relativamente alla performance, sebbene specificando che le attività lattacide sembrano meno coinvolte poiché la caffeina sembra migliorare le prestazioni per una durata da 45" a 8'.

Gli effetti benefici osservati dell'integrazione di caffeina sulle prestazioni sportive sono stati spiegati da diversi meccanismi. In particolare, nel sistema nervoso centrale, la caffeina migliora le prestazioni fisiche agendo come un potente antagonista del recettore dell'adenosina (bloccando i recettori dell'adenosina A1 e A2a) e mitigando così gli effetti associati all'attività dell'adenosina, come fatica e sonnolenza. Secondo l'ISSN (Guest NS et al., 2021) la caffeina può infatti anche migliorare le prestazioni cognitive e fisiche in condizioni di privazione del sonno. Stimola inoltre la produzione di betaendorfine, riducendo la percezione del dolore ed il senso dell'affaticamento. A livello periferico, è stato valutato come la caffeina agisca sia nel migliorare la contrazione muscolare, inducendo il rilascio degli ioni calcio (Ca²⁺) e aumentando l'attività della pompa sodio/potassio (Na⁺/K⁺) per potenziare l'accoppiamento eccitazione-contrazione, sia shiftando il metabolismo verso l'ossidazione degli acidi grassi (Riberio F et al., 2021; Delleli S. et al., 2022). L'impatto della caffeina sulla frequenza cardiaca, invece, sembra essere dose dipendente (Delleli S. et al., 2022).

Un dato ancora controverso, invece, riguarda l'aumento del lattato ematico indotto dalla caffeina sulla prestazione. Se in alcuni studi, infatti, questo dato è stato associato ad un aumento prestativo e suggerisce quindi che la caffeina incrementi l'intensità dell'esercizio massimizzando le vie anaerobiche glicolitiche per la produzione energetica, in altri studi in cui all'aumento del lattato ematico non è stato associato un incremento prestativo suggerisce che, invece, questo dato sia correlato ad una compromissione dello smaltimento (clearance) del lattato stesso che al contrario, potrebbe influire negativamente sulla performance, poiché un alto livello di lattato è associato a un'alta concentrazione di ioni H⁺ e riduzione del pH (Delleli S. et al., 2022).

In alcuni studi sembra comunque che l'impatto prestativo della caffeina si riduca proporzionalmente al grado di allenamento degli atleti poiché, secondo gli autori, il potenziale residuo allenante (allenabilità) degli stessi si riduce gradualmente con l'allenamento progressivo e non permette grandi guadagni prestativi per i limiti fisiologici già raggiunti (Delleli S. et al., 2022).

Tuttavia, questo dato sembra ancora controverso poiché, di contro, altri recenti studi hanno evidenziato esattamente l'opposto, con atleti allenati che hanno beneficiato in misura superiore, rispetto ai non allenati, degli effetti positivi sulla prestazione della caffeina. In questi casi, gli autori spiegano questo dato relativamente al fatto i soggetti allenati possiedono la disciplina mentale per allenarsi più duramente e più a lungo, ottenendo così a pieno i benefici dall'integrazione. Ad ogni modo, questi dati controversi inducono una maggiore attenzione futura sul dato e sulla distinzione negli studi tra soggetti allenati e non (Guest NS et al., 2021).

Anche il genotipo potrebbe rientrare nei parametri da considerare circa l'effetto della caffeina sulle prestazioni, e in particolare sulle prestazioni di lunga durata, in virtù del polimorfismo dei geni CYP1A2 e ADORA2A che sono stati considerati come due potenziali candidati (Delleli S. et al., 2022). Tuttavia, recenti metanalisi hanno messo fortemente in discussione questa ipotesi e dunque qualsiasi classificazione fatta sul genotipo risulta ad oggi incompleta e ulteriori studi sono necessari in merito (Delleli S. et al., 2022; Grgic J. et al., 2021).

Per quanto concerne il dosaggio, sembra non esserci una dose ideale connessa agli incrementi prestativi, ma piuttosto una risposta soggettiva. Ad ogni modo, il dosaggio più frequentemente utilizzato e il relativo timing di assunzione è di 3 mg/kg 60 minuti prima dell'esercizio per avere così i



livelli plasmatici di picco di caffeina durante la prestazione. Un dosaggio molto elevato, come 5-9 mg/kg, comporta un aumentato rischio di effetti collaterali. Il dosaggio minimo efficace non sembra ancora effettivamente riconosciuto, ma si ipotizza essere 2 mg/kg (Delleli S. et al, 2022; Guest NS et al., 2021). La caffeina alle dosi raccomandate non sembra influenzare significativamente l'idratazione, e anche l'uso della caffeina in combinazione con l'esercizio fisico al caldo e in altitudine è ben supportato (Guest NS et al., 2021).

Circa il 96% del consumo di caffeina proviene da caffè, bevande analcoliche e tè. Inoltre, ci sono diversi livelli di caffeina nei semi e nelle foglie di più di 60 piante, con conseguente grande interesse per gli integratori a base di erbe ed a base vegetale. Il consumo di bevande energetiche contenenti caffeina o preparati contenenti un mix di sostanze tra cui caffeina (come ad esempio i pre-workout a base di caffeina + creatina) sono molto popolari tra gli atleti.

La somministrazione, tuttavia, avviene in forme differenti: gomma da masticare con caffeina, collutori, aerosol, polveri, barrette energetiche o gel (Guest NS et al., 2021).

A tal riguardo, alcuni studi hanno mostrato che la caffeina somministrata sotto forma di gomma da masticare può accelerare il tasso di assorbimento della molecola nel flusso sanguigno attraverso la cavità buccale altamente vascolarizzata, con conseguente aumento precoce della concentrazione plasmatica di caffeina, di solito tra 5 e 15 minuti dopo la somministrazione. Il timing ottimale dell'ingestione di caffeina può dipendere dunque dalla fonte e di conseguenza gli atleti dovrebbero considerare i tempi assunzione ottimali in funzione della fonte utilizzata (Delleli S. et al, 2022; Guest NS et al., 2021).

L'assuefazione è una delle caratteristiche della caffeina che si instaura dopo un uso abituale, sebbene in acuto e negli sport di lunga durata questo risulti ancora controverso (Delleli S. et al., 2022; Satel S. et al., 2006)

Gli effetti collaterali noti dovuto all'utilizzo di alte dosi di caffeina sono tachicardia, ansia, nausea, disagio gastrointestinale, tremori, disidratazione, ipertensione e insonnia, che aumentano linearmente con la dose utilizzata e riportati anche a dosi relativamente basse (Delleli S. et al, 2022; Guest NS et al., 2021; Campbell B. et al., 2013).

L'aumento di nervosismo, ansia e eccitazione associato all'ingestione di caffeina deve essere tuttavia considerato all'interno delle esigenze specifiche di ogni sport, e persino della posizione all'interno di un determinato sport. Ad esempio, gli atleti che competono in sport che fanno molto affidamento sulla componente di abilità (ad esempio, tennisti, tiro in biathlon) probabilmente non trarrebbero beneficio dal nervosismo e dall'eccitazione indotti dalla caffeina.

Tuttavia, gli atleti negli sport che dipendono più dalle capacità fisiche, come la forza e la resistenza, potrebbero effettivamente beneficiare di un maggiore nervosismo ed eccitazione prima delle partite. Questi aspetti sono meno esplorati nella ricerca, ma certamente meritano di essere considerati nel contesto pratico per ottimizzare la risposta all'integrazione di caffeina (Guest NS et al., 2021).

Una recente revisione sistematica (Delleli S. et al., 2022) su 23 studi condotta su piattaforme PubMed, Scopus, Web of Science e Cochrane Library, ha valutato gli effetti dell'integrazione di caffeina sugli sport da combattimento. La componente interessante è relativa alla performance negli sport da combattimento,

caratterizzata da fasi intermittenti, che mixano i sistemi anaerobici con l'aerobico.

I risultati ottenuti hanno mostrato benefici sui principali obiettivi degli sport da combattimento, tra cui la forza isometrica, potenza anaerobica e tempo di reazione, nonché miglioramento del metabolismo anaerobico.

Nello specifico:

- sulla forza isometrica tramite il test su forza della presa (secondo gli autori, poiché il miglioramento della forza isometrica si basa su diverse caratteristiche neurologiche tra cui il reclutamento dell'unità motoria, la sincronizzazione dell'unità motoria, la codifica della velocità e l'inibizione neuromuscolare).
- Sul SJFT test (Special Judo Fitness test), un test che misura in maniera specifica le prestazioni anaerobiche in sport da combattimento (spiegabile, secondo gli autori, poiché la caffeina aumenta l'afflusso di Ca^{2+} dal reticolo sarcoplasmatico che promuove la creazione di cross-bridges, quindi, aumentando di fatto la potenza muscolare).
- Sul tempo di reazione in sport da combattimento di attacco (spiegabile, secondo gli autori, per l'aumento dell'attività intramuscolare attraverso il potenziamento del rilascio di neurotrasmettitori e il miglioramento della trasmissione dei motoneuroni).

EFFETTI DELLA CAFFEINA SPORT SPECIFICI

Sebbene la caffeina abbia riportato miglioramenti in parametri associati all'incremento di performance aerobiche, anaerobiche ed intermittenti, si è voluto sperimentare se poi effettivamente sul campo, questo si traducesse in benefici all'interno di contesti sport specifici. Ne è emerso che:

- nel basket: aumento dell'altezza del salto (solo in atleti con versione AA del gene CYP1A2), aumento del numero di tiri liberi tentati e tiri liberi fatti, aumento del numero di rimbalzi totali e offensivi. Non sono stati osservati miglioramenti nei tempi di sprint e nella velocità di dribbling.
- Nel calcio: aumento della distanza totale coperta durante la partita, maggiore precisione di passaggio e altezza di salto. Tuttavia, il consumo di una bevanda energetica con caffeina non ha migliorato le prestazioni nel "test T" nelle giocatrici di calcio, né durante le partite nei giovani calciatori.
- Nella pallavolo: aumento del numero di azioni di successo e riduzione del numero di azioni imprecise. La caffeina non ha tuttavia migliorato le prestazioni fisiche in più test specifici per lo sport nelle donne professioniste.
- Nel rugby: ha aumentato il numero di impatti corporei, il ritmo di corsa e la potenza muscolare durante il salto, ma non ha avuto un impatto sull'agilità.
- Nell'hockey su prato: aumento della corsa e dello sprint

ad alta intensità, dimostrandosi un supporto per ritardare i decrementi delle prestazioni associate all'affaticamento.

- Nell'hockey su ghiaccio: ha un impatto limitato sulle prestazioni delle abilità specifiche dello sport, ma può migliorare la fisicità durante lo scrimmage.
- Negli sport da combattimento: aumento del numero di azioni offensive e aumento del numero di lanci.
- Nello scii di fondo: tempo ridotto per completare una distanza fissa e miglioramento del *time to task failure*.

In sintesi, sebbene le revisioni della letteratura mostrino che l'ingestione di caffeina è, in media, ergogenica per una vasta gamma di compiti specifici dello sport, il suo uso potrebbe non essere appropriato per ogni atleta. In particolare, l'uso della caffeina deve essere bilanciato con gli effetti collaterali associati e quindi è necessaria la sperimentazione per determinare la risposta individuale prima di valutare se i benefici superano i costi per l'atleta.

Nello specifico, le differenze interindividuali riguardano fattori genetici, relativi all'ansia soggettiva nelle competizioni, alla restrizione del sonno, al timing di assunzione e al grado di allenamento (Guest NS et al., 2021).

LEGALITÀ DELLA CAFFEINA NELLO SPORT – REPORT ISSN

Le regole antidoping si applicano alla maggior parte degli sport, specialmente in quelli in cui gli atleti sono in competizione a livello nazionale e internazionale. Il CIO continua a riconoscere che la caffeina è frequentemente utilizzata dagli atleti

per i suoi effetti di miglioramento delle prestazioni sportive. La caffeina è stata aggiunta all'elenco delle sostanze vietate dal CIO nel 1984 e dall'Agenzia mondiale antidoping (WADA) nel 2000. Il reato di doping fu inizialmente definito in concentrazioni di caffeina urinaria superiori a un cut-off di 15 µg/ml. Nel 1985, la soglia è stata ridotta a 12 µg/ml. Il valore di cut-off è stato scelto per escludere le quantità generalmente ingerite dal consumo di caffè nella dieta e per differenziarlo da quello che è stato considerato un uso aberrante di caffeina ai fini del miglioramento delle prestazioni sportive. Tuttavia, il CIO e la WADA hanno rimosso la classificazione della caffeina come sostanza controllata nel 2004, portando a un rinnovato interesse per l'uso della caffeina da parte degli atleti. Tuttavia, la caffeina è ancora monitorata dalla WADA e gli atleti sono incoraggiati a mantenere una concentrazione di caffeina urinaria al di sotto del limite di 12 µg/ml di urina, che corrisponde a 10 mg/kg di massa corporea ingerita per via orale per diverse ore, e che è più del triplo dell'assunzione riportata per migliorare le prestazioni. È interessante notare che la caffeina è anche classificata come sostanza vietata dalla National Collegiate Athletic Association (NCAA), se la concentrazione di caffeina urinaria supera i 15 µg/ml, che è maggiore del livello di "sostanza monitorata" impostato per WADA, e anche ben al di sopra di dosi ritenute ergogeniche. Un confronto delle concentrazioni di caffeina, ottenute durante il controllo del doping in competizione da parte degli atleti in diverse federazioni sportive, ha indicato che le concentrazioni medie di caffeina sono aumentate dopo la rimozione dall'elenco delle sostanze proibite. I rapporti su oltre 20.000 campioni di urina raccolti e analizzati dopo le competizioni ufficiali nazionali e internazionali tra il 2004 e il 2008, e di nuovo nel 2015, utilizzando 7500 campioni di urina hanno rilevato che la prevalenza complessi-



va dell'uso di caffeina in vari sport è di circa il 74% nel periodo dal 2004 al 2008 e di circa il 76% nel 2015.

Il più alto uso di caffeina è stato rilevato tra gli atleti di resistenza, dove circa il 74% degli atleti d'élite ha usato la caffeina come aiuto ergogenico prima o durante un evento sportivo, dove gli sport di resistenza sono le discipline che hanno mostrato la più alta escrezione urinaria di caffeina (e quindi prevalenza) dopo la competizione. Gli sport principalmente coinvolti sono stati l'atletica, il nuoto, il canottaggio, la boxe, il judo, il calcio e il sollevamento pesi, con la più alta concentrazione di caffeina urinaria in ciclismo, atletica e canottaggio (Guest NS et al., 2021).

CONCLUSIONI

Tra gli integratori sportivi accessibili, la caffeina è una delle sostanze più consumate nel mondo dello sport. L'integrazione di caffeina ha mostrato upgrade prestativi agendo a livello del sistema nervoso centrale, sia come un potente antagonista del recettore dell'adenosina (bloccando i recettori dell'adenosina A1 e A2a e mitigando così gli effetti come fatica e sonnolenza associati all'attività dell'adenosina), sia favorendo la produzione di betaendorfine (riducendo la percezione del dolore ed il senso dell'affaticamento), ma anche a livello periferico, aumentando l'attività della pompa Na⁺/K⁺. Gli effetti ergogenici si sono

evidenziati in attività di resistenza, in attività di forza e in attività ibride o intermittenti. Gli effetti collaterali valutati sono stati tachicardia, ansia, nausea, disagio gastrointestinale, tremori, disidratazione, ipertensione e insonnia (dose dipendenti), i quali, in maniera soggettiva in atleti che hanno difficoltà a gestire l'ansia prestativa così come in sport di precisione (ad esempio, il tiro con l'arco) potrebbero, al contrario, non essere di supporto nella performance.

In conclusione, questi due parametri (risposta soggettiva dell'atleta e tipologia di sport praticato) ne suggeriscono un utilizzo ponderato e dosato, cercando la dose e il timing ottimale per il singolo atleta.

ABSTRACT

Among accessible sports supplements, caffeine is one of the most consumed substances in the world of sport. Caffeine supplementation has shown performance upgrades by acting at the level of the central nervous system both as a powerful antagonist of the adenosine receptor (blocking the adenosine A1 and A2a receptors and thus mitigating the effects such as fatigue and drowsiness associated with the activity of adenosine) and by promoting the production of beta endorphins (reducing the perception of pain and the sense of fatigue) but also at a peripheral level, increasing the activity of the pump Na⁺/K⁺. Ergogenic effects have been shown in endurance activities, strength activities and hybrid or intermittent activities. The side effects were tachycardia, anxiety, nausea, gastrointestinal discomfort, tremors, dehydration, hypertension and insomnia (dose dependent), which, subjectively in athletes who have difficulty managing performance anxiety as well as in precision sports, could, on the contrary, not support performance.

BIBLIOGRAFIA

1. Campbell B, Wilborn C, La Bounty P, Taylor L, Nelson MT, Greenwood M, Ziegenfuss TN, Lopez HL, Hoffman JR, Stout JR, Schmitz S, Collins R, Kalman DS, Antonio J, Kreider RB. International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013 Jan 3;10(1):1.
2. Delleli S, Ouergui I, Messaoudi H, Trabelsi K, Ammar A, Glenn JM, Chtourou H. Acute Effects of Caffeine Supplementation on Physical Performance, Physiological Responses, Perceived Exertion, and Technical-Tactical Skills in Combat Sports: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* 2022 Jul 21;14(14):2996.
3. Grgic J, Grgic I, Pickering C, Schoenfeld BJ, Bishop DJ, Pedisic Z. Wake up and smell the coffee: caffeine supplementation and exercise performance-an umbrella review of 21 published meta-analyses. *Br J Sports Med.* 2020 Jun;54(11):681-688.
4. Grgic J, Pickering C, Del Coso J et al. CYP1A2 genotype and acute ergogenic effects of caffeine intake on exercise performance: a systematic review. *Eur J Nutr* 60, 1181–1195 (2021).
5. Guest NS, VanDusseldorp TA, Nelson MT, Grgic J, Schoenfeld BJ, Jenkins NDM, Arent SM, Antonio J, Stout JR, Trexler ET, Smith-Ryan AE, Goldstein ER, Kalman DS, Campbell BI. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2021 Jan 2;18(1):1.
6. Riberio F, Longobardi I, Perim P, et al. – Timing of creatine supplementation around exercise: a real concern? *Nutrients.* Aug 2021; 13(8):2844.
7. Satel S. Is caffeine addictive? A review of literature. *Am J Drug Alcohol Abuse.* 2006; 32(4): 493-502.