

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**Effetti di efedrina e amfetamine sulla performance sportiva**

Relatore: Prof. Stefano Comai

Laureando: Alfonso Morea

N° di matricola: 1226194

Anno Accademico 2021/2022



Tuo è lo sguardo ironico e discreto  
che insisterà durevole nei nostri sguardi  
e tua sarà la voce a recitare i silenzi  
del nostro quotidiano.

*A mio fratello Donato*



# INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	3
<b>CAPITOLO 1 – IL DOPING E LA WADA</b> .....	5
1.1 – Doping, definizione e classificazione.....	5
1.2 – WADA.....	7
<b>CAPITOLO 2 – L’EFEDRINA</b> .....	11
2.1 – Farmacologia dell’efedrina.....	11
2.1.1 – Correlazione tra efedrina e dimagrimento.....	12
2.1.2 – Gli impieghi terapeutici.....	13
2.2 – Effetti dell’efedrina sulla performance sportiva.....	14
2.2.1 – I casi più famosi nel mondo dello sport.....	17
2.3 – Effetti avversi.....	18
<b>CAPITOLO 3 – L’AMFETAMINA</b> .....	21
3.1 – Farmacologia dell’amfetamina.....	21
3.1.1 – Gli impieghi terapeutici.....	22
3.2 – Effetti dell’amfetamina sulla performance sportiva.....	22
3.2.1 – I casi più famosi nel mondo dello sport.....	26
3.3 – Il caso dei soldati Wehrmacht.....	28
3.4 – Effetti avversi.....	29
<b>CONCLUSIONI</b> .....	31
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	33



# INTRODUZIONE

In questo elaborato si andrà a trattare di un antico, ma ancor di più attuale, fenomeno che ha segnato il mondo dello sport in maniera irreversibile, il doping. In particolar modo verranno analizzati due farmaci stimolanti che vantano di un cospicuo numero di consumatori, l'efedrina e l'amfetamina.

Nel primo capitolo verranno descritti il doping e la Wada, ovvero l'Agenzia mondiale antidoping.

Nel secondo capitolo si analizzerà la farmacologia dell'efedrina, la sua correlazione con il dimagrimento, gli impieghi terapeutici, gli effetti che produce sulla performance sportiva e i relativi eventi avversi, citando alcuni dei casi che hanno sconvolto il mondo dello sport.

Il terzo capitolo tratterà in modo analogo dell'amfetamina, riservando un paragrafo al caso dei soldati Wehrmacht.





# CAPITOLO 1

## Il doping e la WADA

### 1.1 – Doping, definizione e classificazione

Secondo la legge n. 376/2000 (art. 1, co. 2) “costituiscono doping la somministrazione o l’assunzione di farmaci o di sostanze farmacologicamente attive e l’adozione o la sottoposizione a pratiche mediche non giustificate da condizioni patologiche e idonee a modificare le condizioni psicofisiche o biologiche dell’organismo al fine di alterare le prestazioni degli atleti”.

L’assunzione di sostanze dopanti, che generalmente avviene in prossimità delle competizioni agonistiche, rappresenta una violazione dei principi di correttezza e dei valori morali e culturali insiti in tutte le attività sportive praticate a livello agonistico e amatoriale, una violazione delle norme del Comitato Olimpico Internazionale e della legislazione penale italiana. Inoltre, induce effetti dannosi per la salute dell’individuo, talvolta anche fatali. Colui che procura, somministra, assume o favorisce l’utilizzo di doping viene punito con un periodo di reclusione che va dai 3 mesi ai 3 anni, la pena aumenta se dal fatto deriva un danno per la salute, se il fatto viene commesso nei confronti di un minorenne o se viene commesso da un membro del CONI.

Alcuni atleti possono presentare patologie o condizioni mediche che necessitano di farmaci specifici. Nel momento in cui tali farmaci dovessero far parte della lista delle sostanze proibite o dovessero prevedere metodi di somministrazione non autorizzati, risulterà necessario richiedere un’esonazione per uso terapeutico, in modo tale da consentire agli atleti di partecipare ugualmente alle competizioni sportive nonostante l’assunzione di tali farmaci, che in questa circostanza non determina un vantaggio competitivo, ma garantisce ai soggetti di gareggiare in uno stato di salute consono e con una forma fisica adeguata.

Il doping è un fenomeno datato che cominciò a diffondersi a partire dall'età antica. È stato reso noto, infatti, come fin dai tempi dei Giochi Olimpici del 668 a.C. gli atleti fossero soliti assumere sostanze stimolanti per migliorare le proprie capacità fisiche, in particolar modo gli atleti greci, soliti consumare funghi allucinogeni prima delle competizioni. Anche Galeno, nei suoi scritti, cita alcune sostanze utilizzate dagli atleti romani per migliorare la performance fisica. Successivamente, a partire dal 1800, con lo sviluppo dell'industria farmaceutica e della farmacologia, molte sostanze come l'alcool, la stricnina, la caffeina, l'oppio e la nitroglicerina si diffusero rapidamente.

L'etimologia del termine ha diverse possibili origini. Una di queste è il termine *doop*, utilizzato per definire una bevanda alcolica usata come stimolante nelle danze cerimoniali dell'Africa meridionale, nel XVIII secolo. Un'altra possibilità è che la parola derivi dal termine olandese *doops*, che nello slang americano faceva riferimento ad una bevanda contenente tabacco e semi di Stramonio che i ladri utilizzavano per stordire le proprie vittime provocando in esse stati di confusione e allucinazioni.

Fino al 1889 la parola *dope* veniva utilizzata in relazione alla preparazione di alcuni prodotti oppiacei e dal 1890 il suo significato si estese in riferimento a qualsiasi sostanza narcotica. Solo nel XX secolo, il termine, cominciò ad assumere un significato più simile a quello moderno, venendo associato ad alcune preparazioni farmaceutiche create per migliorare la prestazione dei cavalli da corsa.

Il doping viene definito *farmacologico* nel momento in cui a causarlo sono sostanze farmacologicamente attive; in questo caso viene effettuata la seguente suddivisione:

- Farmaci non vietati per doping, ma utilizzati per scopi diversi da quelli autorizzati: FANS, ovvero Farmaci Antinfiammatori Non Steroidei;
- Farmaci vietati per doping: farmaci eritropoietici, ormoni anabolici, fattori di crescita, farmaci psicostimolanti;
- Integratori alimentari.

Viene definito doping *non farmacologico* quando si basa su pratiche mediche non autorizzate. Ad esempio:

- Doping ematico: autotrasfusione di emazie concentrate;
- Manipolazioni chimiche e fisiche dei campioni di urina: scambio dei campioni d'urina, adulterazione dell'urina per diluizione con altri liquidi, infusione vescicale di urina eterologa tramite cateterismo.

## **1.2– WADA**

WADA è il nome dell'Agencia mondiale antidoping. Fu fondata il 10 novembre 1999, in seguito ad uno scandalo legato al doping scoppiato qualche giorno prima dell'inizio del Tour de France 1998. Lo scalpore suscitato dall'evento fu tale che, nel febbraio del 1999, il Comitato Olimpico Internazionale decise di convocare la prima conferenza mondiale sul doping nello sport, a Losanna, in Svizzera. L'incontro ha portato alla Dichiarazione di Losanna, atto che prevedeva la realizzazione di un'agenzia antidoping internazionale indipendente in vista della XXVII Olimpiade, tenutasi a Sydney, nel 2000. La WADA è stata fondata con il sostegno e la partecipazione di organizzazioni intergovernative, governi, istituzioni pubbliche e private. Ad oggi, l'Agencia è composta e finanziata dal movimento sportivo e dai governi del mondo. Il suo ruolo consiste nel combattere l'uso di doping nel mondo dello sport, proteggere gli atleti, incentivare i valori dello sport pulito, supportare lo spirito degli sport internazionali, sviluppare e coordinare regole e politiche antidoping in tutti gli sport e in tutti i paesi, garantire l'effettiva attuazione dei regolamenti mondiali antidoping e dei relativi standard internazionali. Ogni anno, l'Agencia, pubblica una lista di sostanze incompatibili con l'attività sportiva, suddivise in sostanze proibite sempre, sostanze proibite solo durante la competizione e sostanze proibite solo in determinati sport.

Farmaci proibiti sempre:

- Ormoni anabolizzanti;
- Agonisti beta-adrenergici;

- Fattori di crescita;
- Farmaci diuretici.

Farmaci proibiti in competizione:

- Stimolanti;
- Narcotici;
- Cannabinoidi;
- Steroidi antinfiammatori.

Farmaci proibiti solamente in alcuni sport:

- Alcool: tiro con l'arco, automobilismo, paracadutismo, motonautica;
- Beta-bloccanti: sci, tiro con l'arco, carabina, automobilismo, tuffi, apnea.

La WADA, in conformità con l'articolo 14.4 del Codice mondiale antidoping, divulga periodicamente i seguenti rapporti statistici che riepilogano i dati ottenuti dalle organizzazioni antidoping e dai laboratori accreditati WADA:

1. Rapporto dei dati sui test antidoping, il quale fornisce un sunto di tutti i campioni di controllo antidoping analizzati in un determinato anno:

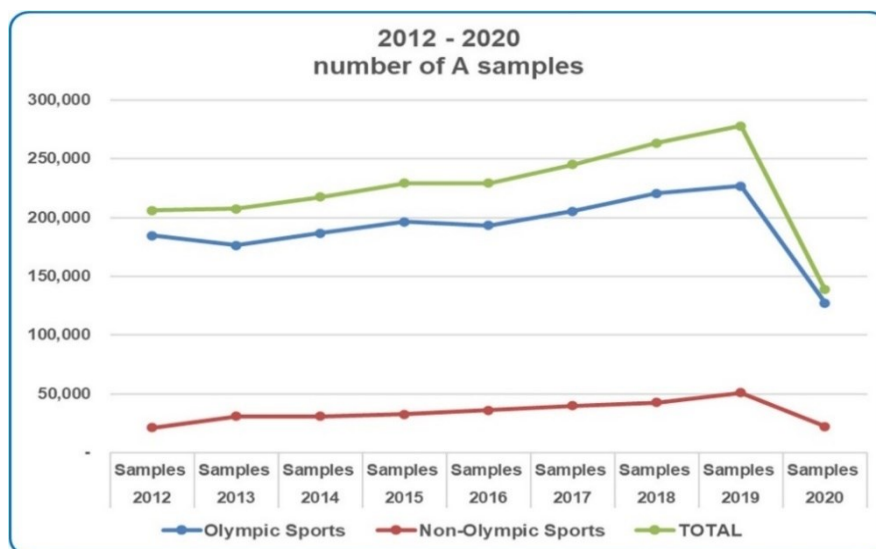


Figura 1: Numero di campioni analizzati dal 2012 al 2020 (Fonte: WADA)

2. Rapporto sulle violazioni delle regole antidoping che fornisce, annualmente, le statistiche globali sui reati di doping per categorie di sport, autorità di controllo e nazionalità:

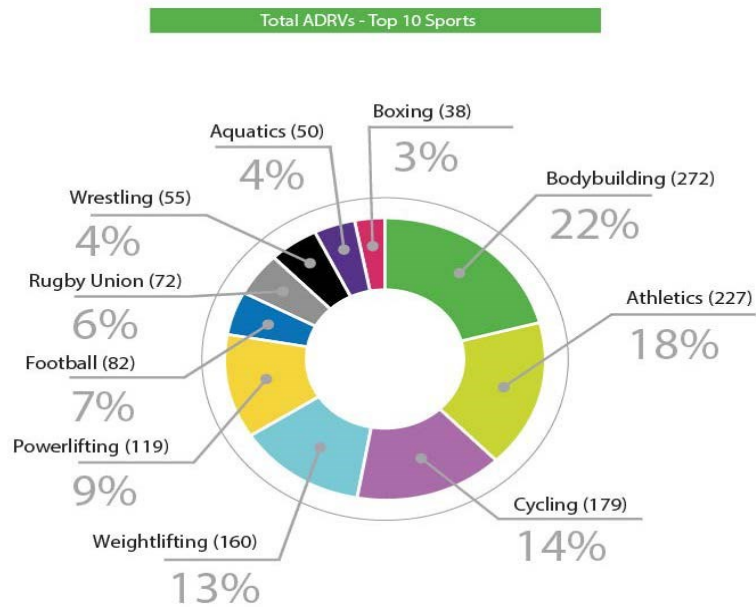


Figura 2: Sport con il maggior numero di ADRVs rilevati (Fonte: WADA)

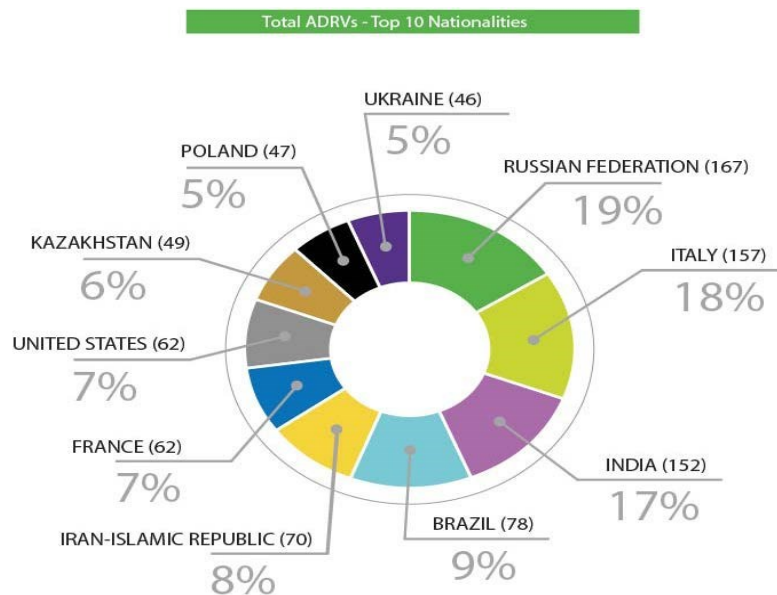


Figura 3: Nazionalità degli atleti con il maggior numero di ADRVs rilevati (Fonte: WADA)



## CAPITOLO 2

### L'efedrina

#### 2.1 – Farmacologia dell'efedrina

L'efedrina è una molecola alcaloide di origine naturale che si ottiene per estrazione dall'*Ephedra sinica*, un arbusto sempreverde originario dell'Asia centrale e della Mongolia. La sua formula chimica è  $C_{10}H_{15}NO$  e fu scoperta ed isolata dal farmacista giapponese Nagai Nagayoshi nel 1887.

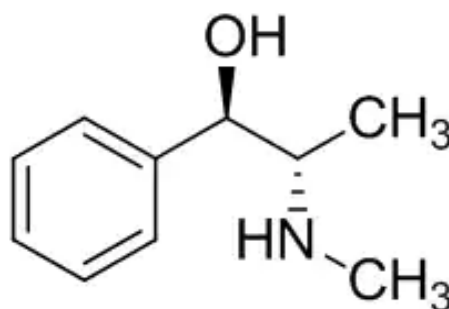


Figura 4: Struttura chimica dell'efedrina (Fonte: Wikipedia)

I prodotti a base di tale sostanza rientrano nella categoria dei farmaci stimolanti, in quanto l'efedrina è un principio attivo in grado di esercitare un'azione simpaticomimetica e quindi capace di interagire e attivare i recettori adrenergici  $\alpha$  e  $\beta$ , sia per via diretta che per via indiretta, producendo effetti psicostimolanti a livello del sistema nervoso centrale e provocando un aumento del tono del sistema nervoso periferico simpatico. A livello del sistema nervoso centrale, agisce come stimolante aumentando temporaneamente l'efficienza della neurotrasmissione, grazie alle maggiori quantità di noradrenalina presenti all'interno delle sinapsi che stazionano per periodi di tempo più lunghi rispetto al normale, effetto che ne ha determinato l'uso illecito nel mondo dello sport. A livello periferico, invece, l'efedrina induce una stimolazione del sistema nervoso simpatico nei vari tessuti, tra gli effetti ci sono:

- Aumento della gittata cardiaca;
- Broncodilatazione;
- Dilatazione dei vasi sanguigni nella muscolatura e costrizione di quelli cutanei e viscerali;
- Riduzione della motilità a livello viscerale;

- Stimolazione del rilascio di glucosio nel fegato e nei muscoli;
- Stimolazione del rilascio di grassi nel tessuto adiposo.

Questi effetti derivano in particolare dalla stimolazione dei recettori  $\alpha_1$  che provoca vasocostrizione e un aumento della pressione sanguigna, dalla stimolazione dei recettori  $\beta_1$  con azione cronotropa e inotropica a livello cardiaco, e dalla stimolazione dei recettori  $\beta_2$  che provoca broncodilatazione.

### **2.1.1 – Correlazione tra efedrina e dimagrimento**

I prodotti farmaceutici contenenti efedrina, nota anche con il sostantivo cinese *Ma Huang*, sono stati promossi e utilizzati negli Stati Uniti a partire dagli anni '80 per favorire la perdita di peso. L'efedrina, infatti, agisce a livello del sistema cardiovascolare, aumentando la temperatura corporea di oltre un grado centigrado e accelerando il metabolismo basale. A tali effetti ne consegue un aumento della disponibilità di quelle scorte di grasso necessarie al sostentamento energetico di cui l'organismo necessita. Queste, una volta rese disponibili, vengono rapidamente consumate durante l'attività fisica. Inoltre, se assunta per via orale, l'efedrina riduce la sensazione di fame, agendo a livello ipotalamico sui circuiti nervosi deputati al bilanciamento del rapporto fame/sazietà. Tale condizione facilita la perdita di peso in tempi relativamente brevi.

Tramite uno studio randomizzato della durata di sei mesi, in doppio cieco e controllato verso placebo, si è voluta analizzare l'efficacia e la sicurezza di una perdita di peso a lungo termine attraverso l'utilizzo di un integratore a base di *Ma Huang* e noce di cola (Boozer et al., 2002). Secondo le analisi il trattamento a base di erbe ha ridotto il peso corporeo di 5,1 kg, mentre il placebo di 2,9 kg, il grasso corporeo è diminuito di 3,8 kg con l'integratore e di 2,7 kg con il placebo. Inoltre, il trattamento ha prodotto piccoli cambiamenti nelle variabili della pressione sanguigna e un aumento della frequenza cardiaca, ma la prevalenza di aritmie cardiache non è aumentata. In conclusione, l'integratore a base di *Ma Huang* ha promosso la riduzione del peso e del grasso corporeo e si è verificato un aumento della concentrazione di lipidi nel sangue senza eventi avversi significativi.



Va però tenuto presente che nel momento in cui si analizzano gli studi sull'efedrina, bisogna considerare l'alto tasso di abbandono dovuto ai numerosi effetti collaterali provocati dalla sostanza, il che potrebbe contribuire ad un cosiddetto *bias*, fattore che in statistica indica la tendenza a deviare dal valore medio.

## 2.1.2 – Gli impieghi terapeutici

L'efedrina è stata usata per secoli dalla medicina tradizionale cinese per curare varie patologie, in particolare veniva prescritta a chi soffriva di asma o bronchite.

Le caratteristiche e le funzioni del farmaco variano in base alla forma farmaceutica, dunque, variano in funzione della via di somministrazione del principio attivo.

Tramite via parenterale, l'efedrina è in grado indurre un rilassamento della muscolatura liscia bronchiale, effetto con il quale è possibile trattare il broncospasmo, ma aumenta anche la pressione arteriosa

attraverso una riduzione del lume dei vasi periferici e per azione diretta sul cuore, effetto che può contrastare l'ipotensione. Quando viene somministrata sottoforma di spray nasale produce un effetto decongestionante locale per effetto vasocostrittore a livello dei vasi sanguigni della mucosa nasale. Talvolta, questa doppia azione di vasocostrizione e stimolazione cardiaca viene sfruttata per controllare la bradicardia associata. L'assunzione per via orale è stata spesso inserita in terapie antiobesità poiché, come detto in precedenza, induce effetti anoressizzanti. L'efedrina è disponibile anche in Italia, presente come principio attivo in molti prodotti da banco venduti in farmacia, ma si trova principalmente sottoforma di pseudoefedrina, uno stereoisomero dell'efedrina di cui mantiene solo le capacità simpaticomimetiche periferiche e che viene venduto principalmente come decongestionante nasale.



Figura 5: Solfato di efedrina, composto di efedrina ed efedrina inalante (Fonte: Wikipedia)

## 2.2 – Effetti dell'efedrina sulla performance sportiva

Durante gli anni '60, i farmaci stimolanti sono stati i primi prodotti ad essere utilizzati dagli atleti professionisti per migliorare la propria performance sportiva. Infatti, i primi test antidoping dell'epoca misero in evidenza che le sostanze più utilizzate nel mondo dello sport erano proprio efedrina, amfetamina e narcotici. Gli effetti maggiormente ricercati da chi assume efedrina avvengono principalmente a livello del sistema nervoso centrale, infatti, grazie alle sue proprietà psicostimolanti essa è in grado di garantire i seguenti adattamenti:

- Aumento dello stato di attenzione
- Aumento della resistenza alla fatica
- Diminuzione del senso di affaticamento

Gli effetti prodotti a livello periferico, quali la broncodilatazione e l'aumento della gittata cardiaca, non sembrano avere un impatto così rilevante sulla performance sportiva. Grazie alla sua struttura molecolare viene facilmente assorbita dalla mucosa intestinale e inizia a fare effetto trenta minuti dopo la sua assunzione, rimanendo in circolo per circa quattro/sei ore. Nell'arco degli ultimi anni, l'assunzione concomitante di efedrina e altre sostanze stimolanti come la caffeina, è diventata una pratica sempre più diffusa tra gli atleti d'élite. Tale popolarità è dovuta al continuo accumulo di prove che suggeriscono che il consumo di preparati contenenti efedrina e caffeina risulterebbe più efficace nell'aumentare la performance sportiva rispetto al consumo di tali sostanze prese singolarmente.

Uno studio condotto dall'*European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* ha analizzato gli effetti dell'ingestione acuta di caffeina, efedrina e la loro combinazione sul tempo di esaurimento durante l'esercizio ad alta intensità (Bell et al., 1998). Utilizzando un disegno a misure ripetute, in doppio cieco, otto soggetti maschi si sono esercitati su un cicloergometro ad una potenza che ha portato all'esaurimento dopo circa 12,6 minuti durante una prova di controllo con placebo, successivamente hanno ripetuto l'esercizio 1-2 ore dopo aver assunto 5 mg x kg di caffeina, 1 mg x kg di efedrina e dopo aver assunto sia caffeina che efedrina contemporaneamente. I tempi medi che

hanno portato all'esaurimento sono stati 14,4 minuti per la caffeina, 15,0 minuti per l'efedrina e 17,5 minuti per la loro combinazione. Dunque, solo il trattamento caffeina più efedrina ha aumentato significativamente il tempo di esaurimento rispetto al placebo. Il consumo di ossigeno, la produzione di anidride carbonica, la ventilazione minuto e il rapporto di scambio respiratorio sono rimasti simili durante tutte le prove. Le valutazioni soggettive dello sforzo percepito durante l'esercizio erano significativamente inferiori dopo aver assunto caffeina ed efedrina insieme. In conclusione, la combinazione delle due sostanze ha prolungato significativamente il tempo di esercizio fino all'esaurimento, mentre i trattamenti separati di caffeina e di efedrina non hanno variato significativamente i risultati rispetto al placebo. Il miglioramento delle prestazioni è stato attribuito a una maggiore stimolazione del sistema nervoso centrale. Nelle ore successive al test, il 25% dei soggetti ha manifestato nausea e vomito, per tale ragione si è voluto capire se con l'assunzione di dosi ridotte di efedrina e caffeina si potesse escludere l'insorgenza di tali effetti collaterali e, al contempo, mantenere gli effetti ergogenici ottenuti in precedenza con dosi maggiori (Bell et al., 2000). Dodici soggetti maschi e sani hanno sostenuto quattro prove che prevedevano l'utilizzo del cicloergometro fino all'esaurimento ad una potenza equivalente a circa l'85% del massimo consumo di ossigeno, due ore dopo l'ingestione di un placebo o di una miscela di efedrina e caffeina nelle seguenti dosi: 5 mg x kg di caffeina più 0,8 mg x kg di efedrina, 4 mg x kg di caffeina più 1 mg x kg di efedrina, 4 mg x kg di caffeina più 0,8 mg x kg di efedrina. Il miglioramento registrato nei tempi di esaurimento e la mancata insorgenza di effetti collaterali in seguito alle prove con trattamento, hanno dimostrato come una dose ridotta di efedrina e caffeina potesse provocare un effetto ergogenico di entità simile a quella riportata con dosi maggiori, ma con una ridotta incidenza di effetti collaterali negativi.

Grazie ad un altro studio, molto simile a quello descritto precedentemente, si è valutato se un aumento delle dosi di efedrina e caffeina potesse migliorare le prestazioni in attività che duravano più di venti minuti (Bell et al., 2002). Un'ora e mezza dopo aver ingerito un placebo, 4 mg x kg di caffeina, 0,8 mg x kg di efedrina e caffeina ed efedrina contemporaneamente, dodici soggetti hanno eseguito una corsa di 10 km indossando casco e zaino del peso di 11 kg. I tempi di esecuzione, in minuti, sono stati 46 per la caffeina, 45,5 per l'efedrina, 45,7 per caffeina più efedrina, mentre con il placebo i minuti

sono stati 46,8. Dunque, i tempi di esecuzione per gli studi eseguiti tramite efedrina sono risultati leggermente inferiori rispetto agli studi eseguiti senza l'assunzione della sostanza.

Due ore dopo aver ingerito una combinazione di 375 mg di caffeina e 75 mg di efedrina o un placebo, nove soggetti sani e non addestrati hanno completato sei prove del *Canadian Forces Warrior Test*, un test che prevede una corsa di 3,2 km con indosso un'armatura di circa 11 kg (Bell & Jacobs, 1999). Una settimana prima dei test i soggetti hanno eseguito una prova di controllo. I tempi di esecuzione registrati nelle prove successive all'assunzione delle sostanze sono risultati inferiori, di circa mezzo minuto, rispetto alle prove di controllo e agli studi effettuati con il placebo.

Il Defence and Civil Institute of Environmental Medicine, invece, ha voluto indagare gli effetti provocati dall'ingestione di caffeina, di efedrina e di caffeina più efedrina sulle prestazioni dell'esercizio anaerobico tramite un test *Wingate* di trenta secondi e un ciclo di esercizi sovramassimali (Bell et al., 2001). Tutti gli studi sono stati randomizzati e in doppio cieco. I risultati hanno evidenziato che l'efedrina ha aumentato la potenza erogata durante la prima fase del test *Wingate*, mentre la caffeina ha aumentato il tempo di esaurimento e il deficit di ossigeno durante il ciclo di esercizi sovramassimali. Il miglioramento delle prestazioni dell'esercizio anaerobico è probabilmente il risultato sia della stimolazione del sistema nervoso centrale da parte dell'efedrina che del muscolo scheletrico da parte della caffeina.

Un ulteriore studio, condotto dall'università di Toronto, è stato svolto per testare gli effetti delle due sostanze sulla resistenza muscolare, utilizzando un disegno di misure ripetute in doppio cieco (Jacobs et al., 2003). Attraverso la stessa metodica osservata nei precedenti studi, tredici soggetti maschi hanno eseguito un circuito di allenamento con i pesi composto da tre *superset*, ciascuno composto da *leg press* all'80% di 1 RM fino all'esaurimento, seguita da distensioni su panca al 70% di 1 RM fino all'esaurimento. Le prove che prevedevano l'assunzione di efedrina, rispetto alle prove senza efedrina, hanno riportato aumenti significativi nel numero medio di ripetizioni completate sia per la *leg press* che per la panca, ma solo durante i primi *superset*. Durante il primo *set*, il numero

medio di ripetizioni per leg press è stato 19 per la combinazione di efedrina e caffeina, 16 per l'efedrina, 14 per la caffeina e 13 per il placebo. Il numero medio di ripetizioni per la prima serie di esercizi di distensioni su panca è stato 14 per la combinazione, 13 per l'efedrina, 12 per la caffeina e 12 per il placebo. Di conseguenza, il peso totale sollevato durante tutte le serie è risultato maggiore per le prove che prevedevano l'assunzione di efedrina. Si è concluso che l'ingestione acuta di efedrina e di efedrina più caffeina aumenta la resistenza muscolare durante la prima serie di esercizi di allenamento di resistenza. Il miglioramento della performance è stato attribuito principalmente agli effetti dell'efedrina in quanto non c'è stato alcun effetto additivo da parte della caffeina.

Sebbene i dati presenti in letteratura siano di natura ancora limitata e molto eterogenea, l'aumento delle prestazioni è un risultato piuttosto conforme in quanto è stato evidenziato durante l'esercizio aerobico submassimale, durante la corsa a breve e lunga distanza, nel ciclo di esercizi anaerobici massimali e sovramassimali, e nel sollevamento pesi.

### 2.3 – I casi più famosi nel mondo dello sport

Tra i casi più noti al mondo si ricorda Diego Armando Maradona ai Mondiali di Calcio del 1994, giocati negli Stati Uniti d'America. Nonostante fosse stato visto in condizioni fisiche precarie nei mesi precedenti all'inizio della competizione, Maradona si presentò al ritiro della nazionale in ottima forma fisica, destando più di qualche sospetto nell'ambiente. Il 30 giugno 1994, al termine della partita Argentina-Nigeria conclusasi con la vittoria degli argentini, un test antidoping rilevò la positività del giocatore all'efedrina. La partita con la Nigeria fu l'ultima giocata da Maradona con la maglia dell'*Albiceleste*.



*Figura 6: Maradona accompagnato da un'infermiera al termine di Argentina-Nigeria (Fonte: storiedicalcio.altervista.org)*

Nel 1988 durante i Trials di Indianapolis, l'atleta Carl Lewis risultò positivo tre volte al test antidoping per via dell'efedrina, della pseudoefedrina e della fenilpropanolamina. Lewis affermò di essere risultato positivo a tali sostanze per via di alcuni prodotti acquistati in erboristeria utili a curare un forte raffreddore, in seguito, aggiunse che l'uso delle sostanze non gli avrebbe recato alcun vantaggio in competizione. Il comitato olimpico americano decise di non punirlo e accettò le sue scuse, nonostante l'efedrina fosse già vietata sia dal comitato olimpico che dal Cio.

Nel 2003, il lanciatore degli Orioles di Baltimora, Steve Bechler, è deceduto all'età di 23 anni durante un allenamento con la squadra. Inizialmente, si pensava che la morte fosse dovuta esclusivamente ad un colpo di calore, ma secondo il medico legale della squadra la morte fu causata, in parte, da un integratore alimentare contenente efedrina che Bechler stava regolarmente assumendo per perdere peso. La sua morte portò al bando dei prodotti contenenti efedrina, fino ad allora ammessi dalla National Baseball League.

## **2.4 – Effetti avversi**

Molti atleti assumono efedrina nella convinzione che non si sviluppino effetti collaterali significativi, oppure, essendo alcuni molto giovani tendono a considerare meno la pericolosità degli effetti a lungo termine. Se l'organismo inizialmente tende a resistere maggiormente alla fatica ed è pervaso da una sensazione di benessere, una volta stabilitasi una condizione di tolleranza, la medesima dose produce effetti progressivamente ridotti, tale condizione porta il soggetto ad utilizzare un quantitativo sempre maggiore di efedrina, andando incontro a rischi sempre più gravi. Gli effetti collaterali derivanti dall'abuso di efedrina sono molteplici:

- Apparato cardiovascolare: infarto del miocardio, tachicardia, aritmie;
- Apparato respiratorio: difficoltà respiratoria, dispnea;
- Apparato gastrointestinale: nausea, vomito;
- A livello psichico: dipendenza, ansia, stati psicotici;
- A livello metabolico: anoressia.

La *Food and Drug Administration* ha esaminato 140 segnalazioni di eventi avversi collegati al consumo di integratori alimentari che contenevano alcaloidi dell'efedra, per analizzare la causalità e per stimare il rischio che l'uso di questi integratori comportasse per i consumatori (Haller & Benowitz, 2000). Il 31% dei casi è stato considerato sicuramente o probabilmente correlato al consumo di tali integratori. Di tale percentuale, il 47% riguardava sintomi cardiovascolari e il 18% il sistema nervoso centrale. L'ipertensione è stato l'effetto avverso più frequente (17 segnalazioni), seguito da palpitazioni, tachicardia o entrambe (13), ictus (10) e convulsioni (7). 10 eventi hanno provocato la morte e 13 hanno prodotto un'inabilità permanente, che rappresenta il 26% dei casi definiti, probabili e possibili. L'uso di integratori alimentari che contengono alcaloidi dell'efedra, dunque, rappresenta un rischio tangibile per i consumatori.



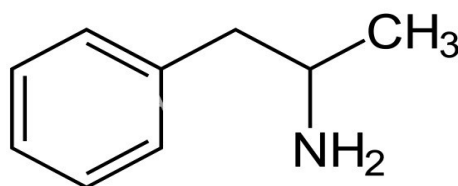


## CAPITOLO 3

### L'amfetamina

#### 3.1 – Farmacologia dell'amfetamina

L'amfetamina è una sostanza ottenuta in laboratorio tramite sintesi chimica dalla feniletilamina. Fu scoperta nel 1910 e sintetizzata per la prima volta nel 1927, dal chimico inglese Gordon Alles. I sali hanno la caratteristica di essere cristallini e ben solubili in acqua. La formula chimica è C<sub>9</sub>H<sub>13</sub>N.



*Figura 7: Struttura chimica dell'amfetamina (Fonte: onap-profiling.org)*

L'amfetamina rientra nella categoria dei farmaci stimolanti, in quanto la sua azione stimola il sistema nervoso centrale e il sistema nervoso simpatico, da cui il nome di molecola con attività simpaticomimetica. Solitamente si presenta in forma di polvere o di pastiglie e viene assunta principalmente per via orale, ma può essere assunta anche per via endovenosa. Gli effetti compaiono dopo circa trenta minuti dall'assunzione e durano dalle tre alle quattro ore, con i livelli ematici che raggiungono il picco tra la prima e la seconda ora. Il meccanismo d'azione è molto simile a quello dell'efedrina, poiché è in grado di aumentare le quantità di dopamina, di noradrenalina e di serotonina presenti all'interno della fessura sinaptica, aumentando temporaneamente l'efficienza della neurotrasmissione. Il senso di fatica si riduce notevolmente e le capacità cognitive migliorano grazie ad un aumento dell'attenzione e della concentrazione. Il maggior rilascio di dopamina a livello sinaptico favorisce una sensazione di benessere e di euforia in chi le assume. A livello periferico si verifica una stimolazione del sistema nervoso simpatico con conseguente aumento della frequenza cardiaca e della pressione arteriosa. L'amfetamina e i suoi derivati, così come l'efedrina precedentemente discussa, hanno delle proprietà anoressizzanti e se assunte riducono il senso della fame e aumentano il metabolismo basale.

### **3.1.1 – Gli impieghi terapeutici**

Solo nel 1927, quando l'amfetamina fu sintetizzata per la prima volta da Gordon Alles, venne resa disponibile una formula per usi medici. Alles vendette la formula come inalatore di Benzedrina, primo medicinale a base di amfetamina messo in commercio, dopodiché la introdusse anche sottoforma di pastiglie negli anni a seguire. All'epoca, le amfetamine dovevano rappresentare un facile sostituto dell'efedrina, in quanto l'efedrina risultava di difficile estrazione e meno reperibile rispetto all'amfetamina, che al contrario poteva essere prodotta più facilmente in laboratorio.

La *Food and Drug Administration* ha approvato l'uso limitato dell'amfetamina e di alcuni derivati per il trattamento del disturbo da deficit di attenzione/iperattività (ADHD) e della narcolessia. L'ADHD è un disordine dello sviluppo neuropsichico caratterizzato da iperattività, instabilità dell'umore, difficoltà di attenzione e comportamenti impulsivi. È stato dimostrato che l'assunzione di amfetamine e derivati produce un effetto calmante sui soggetti affetti da ADHD, migliora lo sviluppo del cervello nei bambini malati e il trattamento a lungo termine sembra prevenire cambiamenti indesiderati nella funzione e nella struttura del cervello (Heal et al., 2013). Le strutture cerebrali di coloro che assumevano stimolanti per l'ADHD avevano maggiori probabilità di assomigliare alle strutture cerebrali di persone sane. La narcolessia, invece, è una patologia caratterizzata da episodi ricorrenti e incontrollati di sonno durante le ore di veglia normali, in genere accompagnati da episodi di debolezza muscolare. Amfetamine e derivati, per via delle loro proprietà stimolanti, sono stati impiegati per trattare la narcolessia. A partire dagli anni '30 sono state utilizzate anche per curare i disturbi affettivi, i disturbi ossessivo-compulsivi, la schizofrenia e per trattare l'obesità. In quest'ultimo caso, i sintomi di malnutrizione che spesso si manifestavano nei consumatori di amfetamina convinsero i medici a interrompere la prescrizione di tale sostanza per la perdita di peso.

### **3.2 – Effetti dell'amfetamina sulla performance sportiva**

Oltre ad essere utilizzata in campo medico, l'amfetamina viene impiegata anche in ambito sportivo come sostanza dopante, in quanto grazie alle sue proprietà psicostimolanti è in

grado di garantire un miglioramento della performance sportiva. I principali sport dove si verifica il maggior consumo di amfetamina sono il ciclismo, il football americano, l'hockey su ghiaccio e il baseball. Gli effetti maggiormente ricercati sono:

- Aumento dello stato di attenzione;
- Aumento della resistenza alla fatica;
- Diminuzione del senso di affaticamento;
- Riduzione del dolore muscolare.

Questi effetti, accompagnati dalla sensazione di benessere ed euforia che la sostanza provoca, inducono sentimenti di forza, di autoaffermazione e di grande motivazione in chi le assume. Tale condizione può essere considerata un'arma doppio taglio, poiché se da una parte l'atleta che ha assunto la sostanza acquisisce maggior determinazione ed è in grado di sopportare alti livelli di sforzo per periodi di tempo più lunghi, dall'altra parte la distorsione della percezione della realtà rischia di sopravvalutare il giudizio dell'atleta in alcune decisioni che caratterizzano la performance.

Uno studio ha analizzato il consumo di ossigeno, la frequenza cardiaca, la ventilazione minuto e il lattato ematico su due ciclisti campioni al cicloergometro, dopo la somministrazione di un placebo e dopo l'assunzione di 10 mg di amfetamina (Wyndham et al., 1971). Alla fine della prova non sono state rilevate differenze in nessuno di questi parametri. Tuttavia, dopo l'assunzione di amfetamina, i ciclisti sono stati in grado di pedalare al massimo sforzo per un periodo di tempo più lungo. Successivamente, in una corsa fino all'esaurimento al 90-95% dello sforzo massimo, un ciclista ha migliorato il suo tempo del 61%, mentre l'altro del 29%. Dunque, è stato osservato che l'amfetamina non migliora la capacità aerobica, tuttavia, consente di esercitare alti livelli di sforzo più a lungo e di sostenere un livello più elevato di metabolismo anaerobico.

Sono state testate alcune componenti fisiologiche, tra cui la forza, la potenza muscolare, la velocità di corsa, l'accelerazione, la potenza aerobica e la capacità anaerobica di sei studenti universitari sani (Chandler & Blair, 1980). Tali parametri sono stati valutati attraverso due condizioni sperimentali: l'assunzione di Dexedrine e la non assunzione di

Dexedrine, sostanza che rientra nella famiglia delle amfetamine. Ogni soggetto è stato testato tre volte in ciascuna condizione e per sei venerdì consecutivi i soggetti hanno ricevuto un placebo o 15 mg di Dexedrine per 70 kg di peso corporeo due ore prima del test. Altre variabili che sono state monitorate durante i test sono la frequenza cardiaca, il rapporto di scambio respiratorio e il tempo di esaurimento. L'analisi dei dati ha riportato dei piccoli miglioramenti nella forza di estensione del ginocchio, nell'accelerazione, nella capacità anaerobica e nella frequenza cardiaca, ma i miglioramenti più significativi si sono riscontrati nell'aumento del tempo che ha portato i soggetti all'esaurimento.

È stato esaminato l'effetto dell'amfetamina e dell'amobarbital, un farmaco derivato dai barbiturici, sulla massima prestazione fisica (Borg et al., 1972). Ciascun soggetto è stato sottoposto in due diverse occasioni ad un test sul cicloergometro, costituito da una serie di brevi esercizi intermittenti di carattere massimale, il CSET (*Cycling Strength and Endurance Test*). I 34 soggetti testati sono stati divisi in tre gruppi in base ai risultati ottenuti in un primo test privo di trattamenti. Prima dell'inizio del secondo test, al gruppo A è stato somministrato l'amfetamina, al gruppo B l'amobarbital e al gruppo C il placebo. Le prestazioni finali del CSET sono risultate migliori sotto l'influenza dell'amfetamina rispetto al trattamento con l'amobarbital e al trattamento col placebo.

È stata osservata anche la possibile influenza dell'amfetamina sulla termoregolazione dell'organismo, in quanto la temperatura corporea rappresenta un parametro fisiologico importante quando si svolge attività fisica (Morozova et al., 2016). Durante l'esercizio fisico, infatti, si verifica un aumento della temperatura corporea e della temperatura muscolare. Tali adattamenti, nel momento in cui si lavora ad elevate intensità, rappresentano un segnale di esaurimento fungendo da meccanismo di sicurezza che preserva l'organismo da possibili danni indotti dall'eccessivo sforzo fisico. In uno studio preclinico, i risultati sperimentali hanno mostrato come topi trattati con 2 mg x kg di amfetamina fossero in grado di correre significativamente più a lungo rispetto ai topi non trattati. La somministrazione di amfetamina ha rallentato l'aumento della temperatura, diminuendo così la temperatura corporea interna, senza influire sul consumo di ossigeno, grazie alle capacità della sostanza di aumentare la dissipazione di calore. Dunque, è possibile che l'amfetamina possa ritardare il senso di affaticamento muscolare attraverso

un rallentamento della crescita della temperatura corporea e un aumento della dissipazione del calore.

L'*American Medical Association* ha finanziato una ricerca sugli effetti fisici provocati dall'assunzione di stimolanti (Smith & Beecher, 1959). Nel primo studio sono stati confrontati gli effetti di 14 mg di amfetamina per 70 kg di peso e gli effetti del placebo su atleti di corsa, di nuoto e del lancio del peso, di un college americano. Lo studio ha rivelato che il 73% dei corridori, il 67%-93% dei nuotatori e l'85% dei lanciatori di pesi ha ottenuto dei miglioramenti con l'amfetamina rispetto al placebo. Tuttavia, le prestazioni dei corridori e dei nuotatori sono migliorate solamente dell'1,5% e dello 0,59%-1,16%, rispettivamente, e solo i lanciatori hanno ottenuto invece un miglioramento significativo con il 4%. Oltre ai parametri oggettivi basati sulle prestazioni, i ricercatori hanno indagato anche sulla percezione soggettiva degli atleti delle proprie prestazioni sotto l'effetto di stimolanti (Smith & Beecher, 1960). Gli atleti del college hanno riferito di sentirsi su di giri durante la performance, di aver migliorato la forma fisica, di sentirsi più forti, più resistenti e di percepire maggiore attivazione mentale e fisica rispetto al placebo. Sebbene gli studenti non abbiano mostrato grandi benefici a livello prestazionale, essi hanno riportato un minor affaticamento soggettivo generale. Gli autori hanno ipotizzato che l'amfetamina non avesse influenzato la produzione di fatica fisiologica, ma che piuttosto avesse contribuito a ridurre la percezione cognitiva della fatica. Soggettivamente, gli studi hanno dimostrato che gli atleti tendevano a ritenere che le loro prestazioni fossero migliorate grazie allo stimolante, indipendentemente dai loro risultati oggettivi.

Quattro trattamenti farmacologici sono stati somministrati a 58 studenti volontari di un college (Hurst et al., 2007). I trattamenti prevedevano l'assunzione della destroamfetamina, del clordiazepossido, di un placebo e di nessun farmaco. Tramite un dinamometro manuale è stata misurata la forza di presa di ciascun soggetto tre ore dopo l'ingestione di ciascun farmaco. Dai risultati del test è emerso che i soggetti hanno espresso maggior forza sotto l'effetto della destroamfetamina rispetto a qualsiasi altra condizione di trattamento.

Anche se i risultati non hanno evidenziato in modo definitivo il miglioramento della performance dovuto all'assunzione di amfetamine, la maggiore disponibilità di catecolammine garantisce un aumento della frequenza cardiaca e degli atti respiratori, provocando una maggiore ossigenazione e disponibilità di substrati nei tessuti muscolari, determinando così una maggiore capacità di sostenere sforzi fisici nel tempo. Inoltre, l'azione nervosa dello stimolante, inducendo eccitazione, maggior lucidità e motivazione spingendo l'atleta oltre i propri limiti possibili. Anche se l'entità dei miglioramenti sembra generalmente piccola e non incisiva, in determinati contesti dove anche un millesimo di secondo può fare la differenza, un piccolo miglioramento può garantire un notevole vantaggio.

### 3.2.1 – I casi più famosi nel mondo dello sport

L'amfetamina e i suoi derivati entrano nel mondo dello sport a partire dai Giochi Olimpici di Berlino del 1936, con la Benzedrina. I benefici di tale sostanza sono stati osservati durante le prestazioni in gara di alcuni atleti statunitensi, che li videro vincitori di gran parte delle medaglie proprio grazie all'aiuto della Benzedrina, all'epoca legalmente assumibile in vista delle competizioni. Da quel momento in poi, in concomitanza con lo sviluppo dell'industria farmaceutica, l'assunzione di farmaci psicostimolanti per scopi illeciti si diffuse molto rapidamente.

Nel 1967, il ciclista Tom Simpson, campione del mondo nel 1965, morì durante una tappa del Tour de France lungo l'ascesa del Mont Ventoux. I risultati dell'autopsia evidenziarono tracce di amfetamina presenti nel sangue. Tuttavia, non fu questa la causa diretta della morte in quanto fu imputata ad una serie di fattori collegati tra loro che portarono il ciclista al collasso cardiaco. Tra questi c'è un colpo di calore dovuto alle elevate temperature registrate in quella giornata e un eccessivo



Figura 8: Tom Simpson al Tour de France del 1967 (Fonte: The Sun)

sforzo fisico, associato all'assunzione della sostanza stimolante, che molto probabilmente aveva alterato la percezione della fatica e della sofferenza del ciclista permettendogli di spingersi in uno stato di lavoro eccessivamente gravoso per l'organismo. All'epoca l'utilizzo di amfetamine era legale, ma la morte di Tom Simpson spinse l'Unione Ciclistica Internazionale a vietare l'uso di qualsiasi sostanza che permettesse di migliorare le prestazioni degli atleti.

Nel luglio del 1998, si verifica un altro caso di doping durante il Tour de France. Al termine della sesta tappa, la polizia doganale ritrovò ingenti quantità di sostanze dopanti a bordo della vettura di Willy Voet, allora massaggiatore del team Festina-Lotus. In particolare, furono rinvenute quantità massicce di amfetamina e derivati, di eritropoietina e di steroidi anabolizzanti. Il caso portò all'esclusione dell'intera squadra francese, a cui appartenevano Richard Virenque, Laurent Brochard e Alex Zülle. Lo scandalo fu una delle ragioni che portarono alla creazione della WADA l'anno seguente.

Nel 2013, durante i campionati nazionali giamaicani di atletica, il velocista Asafa Powell venne trovato positivo all'oxilofrina, un'amfetamina sintetica. L'atleta dovette rinunciare ai mondiali di Mosca che si sarebbero disputati un mese dopo e scontò una squalifica di 18 mesi, in seguito ridotta a 6. Anche la collega e connazionale Sherone Simpson risultò positiva alla medesima sostanza e fu squalificata dalle competizioni nello stesso anno.

### 3.3 – Il caso dei soldati Wehrmacht

L'inusuale relazione che lega l'amfetamina e i suoi derivati alla guerra riguarda soprattutto il consumo di stimolanti sintetici, come il *Pervitin*, durante la Seconda guerra mondiale, che si diffuse su larga scala a partire dagli anni '30. Tali sostanze, infatti, furono prescritte come farmaci miracolosi in grado di curare molteplici disturbi, senza considerare il rischio di danni fisici e psicologici a lungo termine e la potenziale dipendenza che avrebbero potuto provocare. Il consumo diffuso di droghe nel Reich tedesco, iniziato

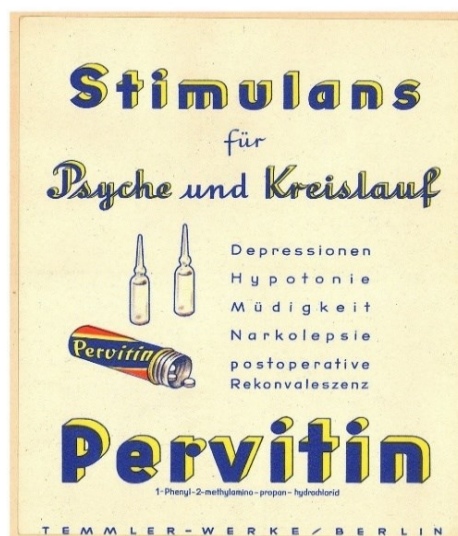


Figura 9: Una pubblicità tedesca del *Pervitin* (Fonte: Landesarchiv Berlin)

dopo la sconfitta nella Prima guerra mondiale, veniva considerato come un segno di debolezza e di declino morale dall'ideologia nazista, poiché rischiava di avvelenare la razza ariana. L'amfetamina e i derivati rappresentavano però l'eccezione, in quanto venivano assunti per migliorare l'attenzione e la vigilanza dei soldati e non per la ricerca del piacere. Si pensava, infatti, che questi composti potessero offrire alla Germania un vantaggio militare permettendo ai soldati di combattere più a lungo e con maggior vigore rispetto ai nemici. Il caffè, che fino ad allora veniva utilizzato per i medesimi scopi, era diventato molto più costoso e scarsamente reperibile per via dei blocchi alle importazioni dovuti alla guerra, tale condizione facilitò ancora di più la diffusione dell'amfetamina. I vantaggi della droga in campo militare si osservarono per la prima volta durante l'invasione della Polonia, nel settembre del 1939. L'invasione dei tedeschi, infatti, fu talmente rapida ed efficace che promosse una nuova forma di guerra meccanizzata, il *Blitzkrieg*, ovvero la guerra lampo. La guerra lampo si basava sostanzialmente sulla rapidità della manovra d'attacco per cogliere il nemico alla sprovvista, una tecnica tanto efficace quanto dispendiosa per i soldati tedeschi che, in quanto esseri umani, pativano la stanchezza e necessitavano di riposo, il che rallentava l'avanzata dell'esercito. Ed è qui che l'amfetamina faceva la sua parte, poiché grazie alle sue proprietà psicostimolanti sembrava potesse inibire questi sentimenti trasformando i soldati in macchine da guerra. Un referto medico della terza divisione *Panzer*, riferendosi agli effetti provocati da questa



sostanza, riporta: “*Euforia diffusa, leggero dinamismo, aumento dell’attenzione, evidente miglioramento delle prestazioni, facilità nello svolgere i propri compiti, alti livelli di coraggio, per di più, la sensazione di fame regredisce. L’effetto è così inequivocabile che non può essere frutto dell’immaginazione*”. Un’azienda farmaceutica tedesca arrivò a produrre fino a 833.000 compresse al giorno e nell’arco di 4 mesi i militari tedeschi ricevettero più di 35 milioni di pillole di *Pervitin*. Nel 1940 le truppe tedesche invasero l’Olanda, il Belgio e la Francia coprendo più di 380 chilometri, avanzando senza sosta per 11 giorni consecutivi. Alcuni soldati però, durante l’invasione della Francia, cominciarono a manifestare i primi effetti collaterali del farmaco. Tra di loro, ci fu un colonello che lamentò dolori al cuore, un comandante che fu colpito da infarto e diversi ufficiali che patirono attacchi di cuore dopo l’assunzione. Per via delle crescenti preoccupazioni riguardanti gli effetti collaterali scaturiti dall’abuso di *Pervitin*, verso la fine del 1940, l’esercito tedesco iniziò a ridurre l’utilizzo. Il consumo diminuì drasticamente nel 1941, quando il ministero della Sanità tedesco rese legalmente perseguibile il consumo non autorizzato di *Pervitin*.

L’aeronautica militare inglese scoprì per la prima volta il farmaco durante un raid di bombardamenti nel 1940, quando furono trovate pillole di *Pervitin* nella tasca di un pilota tedesco abbattuto. Successivamente si diffuse la notizia che lo sforzo bellico tedesco fosse dovuto in parte all’utilizzo di questo farmaco miracoloso, e da quel momento anche gli Alleati, prima i britannici e poi gli americani, cominciarono ad utilizzare la sostanza per dopare i propri soldati.

### **3.4 – Effetti avversi**

L’amfetamina provoca forte dipendenza e assuefazione, di conseguenza, con il passare del tempo, l’efficacia della sostanza si riduce sempre di più e per ottenere gli stessi benefici è necessaria l’assunzione di una dose sempre maggiore. Inoltre, se si interrompesse l’assunzione, insorgerebbe la sindrome da astinenza. Una volta terminato l’effetto dell’amfetamina si comincia a percepire un senso di crollo fisico e mentale, paradossalmente insorgono sintomi opposti a quelli beneficiati in precedenza.

L'uso cronico di amfetamine comporta anche altri disturbi, tra cui:

- Anoressia;
- Scompensi cardiaci;
- Difficoltà respiratorie;
- Assenza di inibizioni e sottovalutazione del pericolo;
- Psicosi;
- nausea e vomito.

Inoltre, l'alterazione della percezione della fatica e della sofferenza può indurre l'atleta a spingersi oltre le proprie capacità, rischiando di lavorare inconsapevolmente in debito d'ossigeno sino all'insorgenza di ischemia cardiaca o di infarto, come nel caso del ciclista Tom Simpson.

Gli studi hanno evidenziato gravi eventi cardiovascolari, come l'infarto del miocardio e la morte cardiaca improvvisa, in pazienti trattati con l'amfetamina. Alcuni casi segnalati riguardavano pazienti con anomalie cardiovascolari strutturali.

È stato segnalato anche un rallentamento della velocità di crescita e una riduzione dell'altezza nei pazienti che assumevano stimolanti fin da bambini, con un deficit di altezza media di 4,7 cm in età adulta (Poulton & Cowell, 2003). Questo calo della crescita sembra essere principalmente causato dalla riduzione della sensazione di fame e dell'apporto calorico associato a questi farmaci stimolanti.

## CONCLUSIONI

In base alle evidenze scientifiche discusse in questo lavoro di tesi si possono trarre alcune conclusioni sull'uso dell'efedrina e dell'amfetamina nella pratica sportiva.

L'efedrina e l'amfetamina sono due sostanze con proprietà psicostimolanti che rientrano nella lista delle sostanze proibite in competizione, in quanto in grado di alterare condizioni psicofisiche o biologiche dell'organismo, costituendo di fatto un possibile vantaggio per l'atleta che le assume. Inizialmente le loro proprietà venivano studiate e trattate in campo medico per scopi terapeutici, nel tentativo di trattare l'obesità e curare varie patologie, tra cui malattie respiratorie, malattie cardiocircolatorie e disturbi mentali. Successivamente, furono impiegate per ragioni belliche e il consumo di queste droghe cominciò a diffondersi ampiamente tra i soldati della Seconda guerra mondiale. Una volta palesati i benefici che si potevano trarre a livello prestativo, l'efedrina e l'amfetamina iniziarono a diffondersi nel mondo dello sport a partire dagli anni '60. Si tratta, infatti, di sostanze in grado di aumentare la performance sportiva grazie alla loro azione stimolante a livello del sistema nervoso centrale. Si verificano inoltre effetti periferici con miglioramenti in termini di ossigenazione e di frequenza cardiaca; tuttavia, gli studi non hanno dimostrato che tali effetti siano particolarmente significativi. Preme ricordare che l'assunzione di queste sostanze, oltre a rappresentare una violazione dell'etica dello sport, costituisce reato e può indurre importanti effetti collaterali a breve e a lungo termine, sia a livello centrale che periferico.

I dati presenti in letteratura sono ancora di natura limitata e variabile per via di alcuni aspetti importanti da tenere in considerazione nel momento in cui si traggono le conclusioni. Tra questi fattori si palesa l'esiguo numero di studi realizzati sull'efedrina e sull'amfetamina, in quanto è eticamente discutibile prevedere un consumo cronico di tali sostanze, considerati i numerosi e noti effetti negativi che possono provocare ai danni dell'organismo. Inoltre, gli studi revisionati sono spesso caratterizzati da un alto tasso di abbandono. Per tali ragioni, le evidenze scientifiche attuali sono ancora limitate, e risulta, dunque, necessario approfondire con maggior accuratezza gli effetti che l'efedrina e l'amfetamina provocano sulla performance sportiva.



## BIBLIOGRAFIA

- Andreas P. *“Killer High: A History of War in Six Drugs”*. Ed. Mimesis, 2020.
- Bell DG, Jacobs I. *“Combined caffeine and ephedrine ingestion improves run times of Canadian Forces Warrior Test”*. Aviat Space Environ Med. 1999.
- Bell DG, Jacobs I, Ellerington K. *“Effect of caffeine and ephedrine ingestion on anaerobic exercise performance”*. Med Sci Sports Exerc. 2001.
- Bell DG, Jacobs I, McLellan TM, Zamecnik J. *“Reducing the dose of combined caffeine and ephedrine preserves the ergogenic effect”*. Aviat Space Environ Med. 2000.
- Bell DG, Jacobs I, Zamecnik J. *“Effects of caffeine, ephedrine and their combination on time to exhaustion during high-intensity exercise”*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1998.
- Bell DG, McLellan TM, Sabiston CM. *“Effect of ingesting caffeine and ephedrine on 10-km run performance”*. Med Sci Sports Exerc. 2002.
- Boozer CN, Daly PA, Homel P, Solomon JL, Blanchard D, Nasser JA, Strauss R, Meredith T. *“Herbal ephedra/caffeine for weight loss: a 6-month randomized safety and efficacy trial”*. Int J Obes Relat Metab Disord. 2002.
- Borg G, Edström CG, Linderholm H, Marklund G. *“Changes in physical performance induced by amphetamine and amobarbital”*. Psychopharmacologia. 1972.
- Chandler JV, Blair SN. *“The effect of amphetamines on selected physiological components related to athletic success”*. Med Sci Sports Exerc. 1980.
- Haller CA, Benowitz NL. *“Adverse cardiovascular and central nervous system events associated with dietary supplements containing ephedra alkaloids”*. N Engl J Med. 2000.
- Heal DJ, Smith SL, Gosden J, Nutt DJ. *“Amphetamine, past and present--a pharmacological and clinical perspective”*. J Psychopharmacol. 2013.
- Hurst PM, Radlow R, Bagley SK. *“The effects of D-amphetamine and chlordiazepoxide upon strength and estimated strength”*. Ergonomics. 1968.

Jacobs I, Pasternak H, Bell DG. “*Effects of ephedrine, caffeine, and their combination on muscular endurance*”. Med Sci Sports Exerc. 2003.

Legge 14 dicembre 2000, n. 376 “*Disciplina della tutela sanitaria delle attività sportive e della lotta contro il doping*”.

Morozova E, Yoo Y, Behrouzvaziri A, Zaretskaia M, Rusyniak D, Zaretsky D, Molkov Y. “*Amphetamine enhances endurance by increasing heat dissipation*”. Physiol Rep. 2016.

Poulton A, Cowell CT. “*Slowing of growth in height and weight on stimulants: a characteristic pattern*”. J Paediatr Child Health. 2003.

Smith GM, Beecher HK. “*Amphetamine, secobarbital, and athletic performance. II. Subjective evaluations of performance, mood states, and physical states*”. JAMA. 1960.

Smith GM, Beecher HK. “*Amphetamine sulfate and athletic performance. I. Objective effects*”. JAMA. 1959.

Wyndham CH, Rogers GG, Benade AJ, Strydom NB. “*Physiological effects of the amphetamines during exercise*”. S Afr Med J. 1971.