



ROSARIO NICOLETTI* - FRANCO ALHAIQUE - LUIGI CAMPANELLA
ROMUALDO CAPUTO - DOMENICO MISITI - GIANFRANCO SCORRANO
GRUPPO SENIOR
SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA, ROMA
*NICOLETTI.ROSARIO96@GMAIL.COM

LA CHIMICA NELLO SPORT - PARTE 1: INTEGRATORI ALIMENTARI E ANTIDOPING

Le conoscenze chimiche e biochimiche che sono alla base dei protocolli alimentari degli atleti acquistano una fondamentale importanza nella pratica sportiva. L'assunzione di integratori alimentari che contengano principi attivi il cui uso è vietato dalle leggi correnti costituisce il fenomeno del doping nel cui controllo il ruolo della chimica è sicuramente cruciale e decisivo.

Sono tantissime le persone alle quali le due parole “chimica” e “sport” evocano ambiti che sono davvero distanti, mondi del tutto estranei l'uno all'altro: la chimica richiama alla mente alambicchi, provette e laboratori, lo sport spazi aperti, la corsa, la competizione tra atleti, talvolta in squadre all'inseguimento di un pallone.

In realtà, lo stupefacente e inarrestabile progresso della chimica, che ha avuto inizio all'incirca due secoli fa, ha pervaso ogni ambito della nostra società ove il settore dello sport, nelle sue più varie articolazioni, non è rimasto immune bensì ha tratto notevoli benefici e ha visto significativi progressi. Lo sviluppo delle tecnologie dei materiali, ad esempio, ha profondamente influenzato lo sport, offrendo abbigliamento, accessori e attrezzi sempre più rispondenti alle esigenze degli sportivi. E, di pari passo, lo sviluppo della chimica e della biochimica ha messo gli atleti in condizione di alimentarsi e sostenersi nello sforzo agonistico nel modo più salutare e idoneo a ottenere le migliori prestazioni. Purtroppo accade spesso che un cattivo uso della scienza porti a un impiego distorto degli strumenti che essa stessa ha reso disponibili: ci troviamo così a riflettere sulla piaga del “doping” che va considerato come una vera e propria frode sportiva. Perciò in questa nota ci

occuperemo essenzialmente dell'impatto delle conoscenze chimiche e biochimiche sulle linee guida dell'alimentazione degli atleti, come pure del ruolo della chimica nel controllo del doping [1]. In altra occasione ci interesseremo dell'ingresso dei nuovi materiali nello sviluppo delle pratiche sportive, esaminando in dettaglio alcuni esempi più significativi. Mentre tutti possiamo concordemente accettare che l'espressione al meglio delle potenzialità fisiche di un atleta sia imprescindibile dal suo stato nutrizionale, non altrettanto possiamo dire circa la reale efficacia degli “integratori alimentari” nella dieta, un campo in cui attualmente si dispone ancora di ben poche certezze: in effetti, gli integratori hanno una loro validità solo se sono in grado di contribuire al benessere fisico, ottimizzando lo stato generale di salute dell'individuo o mantenendo la normalità delle funzioni dell'organismo tramite l'apporto di nutrienti o di altre sostanze con diversi effetti fisiologici. Gli integratori alimentari sono definiti dalla normativa di settore [2] come: “prodotti alimentari destinati a integrare la comune dieta e che costituiscono una fonte concentrata di sostanze nutritive, quali le vitamine e i minerali, o di altre sostanze aventi un effetto nutritivo o fisiologico, in particolare - ma non in via esclusiva - amminoacidi, acidi grassi essenziali, fi-



bre ed estratti di origine vegetale, sia monocomposti sia pluricomposti, in forme predosate". In ogni caso, la loro immissione in commercio è subordinata alla procedura di notifica dell'etichetta al Ministero della Salute. Una volta superata questa fase, i prodotti sono inclusi in un apposito elenco con uno specifico codice i cui estremi possono essere riportati nella stessa etichetta. Altre disposizioni ministeriali, che riguardano aspetti non armonizzati con le direttive europee sono contenute nel già citato [2] DL n. 169 del 21 maggio 2004, mentre l'impiego di sostanze e preparati vegetali (*botanicals*) negli integratori è stato disciplinato sul piano normativo dal DM 9 luglio 2012, come modificato nell'allegato 1 del decreto 27 marzo 2014 riportato nella sezione "Sostanze e preparati vegetali". Infine, il Reg. CE 30 novembre 2009 n. 1170 riporta gli elenchi di vitamine e di minerali che possono essere aggiunti agli alimenti.



La legislazione italiana aveva imposto all'inizio l'obbligo di registrazione per questi nutrienti utilizzati dagli atleti (DL n. 111 del 27 gennaio 1992). Successivamente l'obbligo è caduto per uniformità con la legislazione europea. La Circolare Ministeriale n. 8 del 7 giugno 1999 distingue gli integratori in: a) prodotti finalizzati ad un'integrazione energetica; b) prodotti minerali destinati a reintegrare le perdite idrosaline; c) prodotti finalizzati all'integrazione di proteine; d) prodotti finalizzati all'integrazione di aminoacidi; e) altri prodotti con valenza nutrizionale, per un intenso sforzo muscolare; f) combinazioni dei suddetti prodotti. L'utilizzo di questi particolari nutrienti nello sport deve rispondere prevalentemente a un fine

"ergogenico", intendendo con questo termine l'impiego di sostanze volte a migliorare la capacità di lavoro e di resistenza allo sforzo.

Sotto la voce a) sono raccolti i glucidi e i lipidi: nell'ambito dei primi sono da preferire quei carboidrati il cui impiego da parte dell'organismo non avviene troppo velocemente, altrimenti la risposta insulinica può portare a un abbassamento del glucosio ematico. Il fruttosio ha mostrato nel tempo diversi inconvenienti e può essere usato solo in quantità limitate, mentre le maltodestrine sono i prodotti più affidabili. Tra i lipidi sono stati sperimentati trigliceridi a catena media, sebbene gli inconvenienti (crampi, diarree etc.) si siano rivelati numerosi.

La voce b) non ha bisogno di particolare illustrazione, mentre le voci c) e d) comprendono gli aminoacidi: ad esempio, arginina, lisina, ornitina, tirosina, triptofano. Giacché le proteine dovrebbero occupare dal 10 al 15% della quota calorica ottimale per ogni atleta, risulta consigliabile l'assunzione di non più di 2 g/die di proteine per chilogrammo di peso corporeo. Supplementi degli aminoacidi che abbiamo citati non sembrano modificare la secrezione ormonale, o influenzare la sintesi proteica. Sebbene utilizzati largamente non ci sono prove scientifiche certe che il loro apporto produca dei benefici. Più interessante appare la somministrazione di alcuni aminoacidi a catena ramificata: valina, leucina e isoleucina (indicati comunemente con la sigla BCAA, dall'inglese *branched-chain amino acid*). Questi sono ossidati preferenzialmente dal muscolo scheletrico e, quindi, potrebbero fornire un apporto energetico nelle situazioni di carenza di glucosio.

Sotto la voce e) si trovano tutte le vitamine e una varietà di sostanze che in genere, come le vitamine, sono presenti nell'organismo e partecipano a reazioni chiave nella cascata metabolica; sono utilizzate anche sostanze contenenti boro e cromo. Alcune tra queste sono di particolare interesse. La L-carnitina è presente nei muscoli: si sa che la sua funzione è quella di facilitare l'ingresso degli acidi grassi a lunga catena nei mitocondri dove subiscono la beta-ossidazione. Secondo alcuni autori, la somministrazione limiterebbe la produzione di acido lattico [3]; altri autori sostengono che essa comporti un effetto di dilatazione dei vasi periferici, con una conseguente migliore irrorazione del muscolo [4]. In passato il suo (presunto) impiego ha avuto anche risonanza nella cronaca sportiva. La creatina, contenuta anch'essa nel tessuto muscolare, entra nella fosforilazione dell'ADP ed è facile dedurre che la sua

deplezione coincida con un aumento della fatica. Supplementi di creatina assunti per via orale aumentano la sua quantità nel muscolo scheletrico, e molti lavori ne illustrano i benefici [5]: così, questa sostanza è diventata uno degli integratori più popolari tra gli atleti professionisti e amatoriali. I lavori scientifici non sono però conclusivi circa i vantaggi reali e, allo stesso tempo, suscita qualche dubbio il suo uso ad alte dosi per lunghi periodi, sebbene anche in questo caso i dati disponibili non siano univoci. L'efficacia del coenzima Q o ubiquinone, così come dell'inosina e della colina, tre principi utilizzati come integratori, è stata ridimensionata stando a lavori scientifici più recenti. Il coenzima Q, componente essenziale nelle reazioni redox mitocondriali, è sospettato di comportare effetti dannosi quando è assunto da soggetti sottoposti ad esercizio fisico intenso e prolungato [6], mentre inosina e colina sono divenuti popolari nelle palestre frequentate da culturisti, anche se il loro uso non è accreditato da lavori scientifici.



Parlando di integratori, vanno presi in considerazione ancora due aspetti: uno riguarda i fitoterapici e un altro l'adulterazione degli integratori. Alcuni estratti di piante utilizzate in erboristeria contengono stimolanti vietati come caffeina o efedrina: sono quindi possibili casi di positività al controllo antidoping di soggetti del tutto inconsapevoli. Parimenti, integratori di origine incerta possono contenere come additivi degli stimolanti o degli anabolizzanti - non vietati nei Paesi di produzione - e determinare quindi una positività ai controlli.

Riassumendo, si può concludere che gli integratori rivestono un ruolo importante nella preparazione e nell'alimentazione dell'atleta: è verosimile che ogni allenatore posseda le sue "ricette" che hanno un ruolo nella preparazione ad una competizione, o quantomeno comportano un benefico *effetto placebo*.

L'uso degli integratori, quindi, appare oggi una pratica comune e conclamata per esaltare le prestazioni fisiche dello sportivo: va però detto con forza e con chiarezza che occorre grande attenzione e competenza per non farsi sedurre dalla possibilità di utilizzare il vasto arsenale offerto dalla farmacologia per amplificare la capacità di resistenza, la forza e la velocità degli atleti. Del resto, poter ricorrere ad una "pozione magica" per vincere la stanchezza e prevalere in una gara è desiderio altrettanto antico quanto le stesse gare sportive. Secondo Galeno, i Greci usavano stimolanti per prevalere nelle competizioni: ai Giochi Olimpici del 668 a.C., il vincitore dei 200 metri dichiarò di essere avvezzo a mangiare dei fichi secchi prima della gara e, agli inizi del Novecento, pare che ciclisti e nuotatori facessero largo uso di stimolanti come caffeina, stricnina, cocaina, etere, alcol. Il primo atleta morto, verosimilmente per doping, fu nel 1896 appunto un ciclista.

Nell'ultimo dopoguerra è dilagata nello sport l'utilizzazione delle anfetamine: la via era stata tracciata dall'uso che ne facevano i piloti degli aerei da caccia per resistere nelle lunghe ore di volo. Ma è con gli anni Sessanta che il doping ha una vera svolta: l'industria farmaceutica ha iniziato a immettere sul mercato steroidi, molti dei quali hanno un effetto anabolizzante. Non vi è di meglio che ricorrere a questi farmaci per aumentare la massa muscolare, cosa che rappresenta un valore aggiunto prezioso in moltissimi sport. Con un ulteriore vantaggio: sospendendone l'assunzione con un anticipo di qualche giorno, i controlli effettuati in gara - concepiti e praticati essenzialmente per individuare gli stimolanti - non sono in grado di svelare la frode. Ma i danni agli atleti sono molto più subdoli e si possono evidenziare nell'arco di anni: in effetti, a differenza degli stimolanti, i farmaci steroidei possono anche portare a morti improvvise.

Con gli anni Ottanta si completa in un certo senso il panorama delle sostanze dopanti: la disponibili-





tà di ormoni peptidici sintetici rende possibile l'uso dell'ormone della crescita (ormone somatotropo) e dell'eritropoietina. Quest'ultima porta a un incremento del numero dei globuli rossi, dando al sangue una maggiore capacità di trasporto dell'ossigeno: un po' come mettere al motore dell'automobile il compressore.

Da questa rapida panoramica si può comprendere quanto complesso e vario sia l'universo del doping: se vi fosse libertà nel ricorrere alla farmacologia, si avvierebbe una gara nella somministrazione di farmaci, alla ricerca di prestazioni sempre più spettacolari, a tutto danno della salute degli atleti. Di conseguenza, leggi sportive e leggi penali vietano l'uso di sostanze o di pratiche mediche "non giustificate da condizioni patologiche e idonee a modificare le condizioni psicofisiche o biologiche dell'organismo al fine di alterare le prestazioni agonistiche degli atleti" (art. 2 Legge 376/2000).

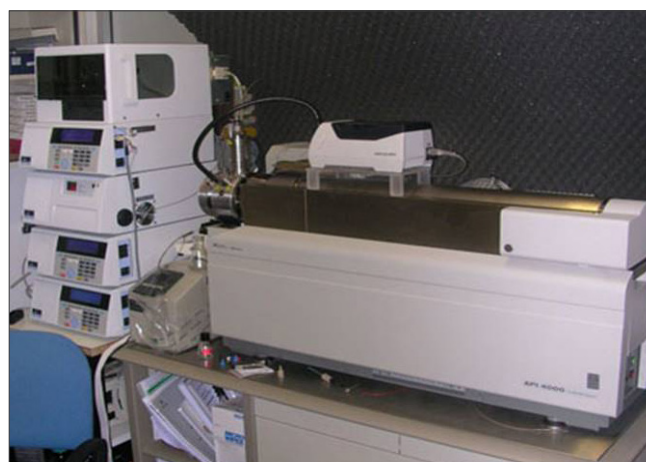
Naturalmente, esiste la trasgressione a tali leggi, con un continuo inseguimento tra sistemi sempre più sofisticati di doping e studio di metodi sempre più innovativi per rilevarlo. Le sostanze proibite sono numerose e possono essere divise in tre grandi gruppi: quelle la cui assunzione è sempre vietata, quelle non permesse nei tempi della gara e infine alcune vietate solamente in qualche disciplina sportiva. Alle prime appartengono anabolizzanti, ormoni peptidici e fattori di crescita, beta-2 agonisti, modulatori ormonali e metabolici, diuretici e mascheranti. Al secondo gruppo appartengono stimolanti, narcotici, cannabinoidi, glucocorticosteroidi: non possono essere assunti a ridosso della gara (deve intercorrere un tempo sufficiente per la eliminazione) e fino alla fine della gara stessa. Al terzo gruppo appartengono alcol e beta bloccanti. L'elenco completo delle sostanze vietate è riportato nel sito del [Ministero della Salute](#) [7].

In sostanza, al primo gruppo appartengono tutti quei farmaci che modificano in modo permanente l'equilibrio metabolico degli atleti: quelli che incrementano la massa muscolare o aumentano i valori dell'ematocrito offrono all'atleta una migliore resistenza alla sforzo. Nel secondo e terzo gruppo si trovano quelle sostanze che sono in grado di stimolare transitoriamente le capacità fisiche o psichiche. Come abbiamo già detto, le sostanze vietate sono molto numerose: oltre a quelle citate sono vietate tutte le sostanze che hanno gli stessi effetti, pur non essendo ancora registrate come farmaci per uso umano. Ad esempio, sostanze utilizzate nelle terapie degli ani-

mali. Ciò pone dei problemi - dal punto di vista della loro identificazione nei liquidi biologici - di non facile soluzione. I prelievi che si effettuano in gara e al di fuori di essa riguardano le urine; al sangue si ricorre solo in casi particolari. Altri campionamenti - ad esempio sulle formazioni pilifere - non sono attualmente previsti dai regolamenti sportivi.

Tutti i laboratori si avvalgono di protocolli analitici di due tipi, tra loro ben diversificati: vi sono i protocolli utilizzati per lo *screening* dei campioni e quelli mirati a confermare la presenza delle singole sostanze. Si tratta di due esigenze diverse: lo screening deve in un tempo ragionevole essere in grado di evidenziare molti analiti di diversa struttura e non è importante che possa fornire qualche falso positivo, mentre è essenziale che sia in grado di identificare, ove presenti, tutte le sostanze ricercate. I protocolli di conferma vanno utilizzati a seguito dei risultati dello screening, per dimostrare con certezza assoluta la presenza della sostanza già evidenziata. Nella messa a punto dei protocolli di screening va tenuto presente che gli analiti da ricercare nelle urine sono spesso presenti in quantità di ng/ml e ciò richiede metodi di analisi sofisticati; se poi si pensa che si aggiungono sempre nuove sostanze, e che alcune determinazioni devono essere quantitative, è facile comprendere che l'antidoping è un campo della chimica in continua evoluzione e oggetto di numerosissime ricerche. Nel poco spazio a disposizione non è possibile trattare tutti gli aspetti: dopo una sommaria descrizione di quel che avviene nei laboratori, porteremo qualche esempio pratico.

I campioni di urina sono inizialmente valutati per l'aspetto, la densità e il pH, per accertarsi di non essere in presenza di grossolane adulterazioni. Successivamente sono trattati secondo differenti protocolli di screening che sono cinque o sei. Mentre gli or-



moni peptidici si ricercano con metodi immunoenzimatici, per i principi attivi di basso peso molecolare si utilizza la gascromatografia con rivelatore NPD (rivelatore azoto-fosforo) o con rivelatore MS (GC/MS). Se si tratta di composti poco volatili, e questo è il caso degli ormoni steroidei e dei diuretici, questi devono essere derivatizzati, trattandoli con un reattivo sililante (capace di aumentarne la volatilità). Il recupero dalla matrice si ottiene generalmente con la tecnica dell'estrazione in fase solida (SPE) e, nel caso degli anabolizzanti, è necessario un passaggio di idrolisi - in genere enzimatica - per liberare gli steroidi, in parte sotto forma di solfato o di glucuronato. Date le piccole quantità in gioco la GC/MS è utilizzata in SIM (rivelazione del singolo ione) impostando tre o quattro valori di massa per intervallo di tempo nel quale è attesa l'eluizione di un certo analita. Gli strumenti utilizzabili per gli screening possono essere semplici quadrupoli, di costo contenuto e di manutenzione relativamente agevole.

Molto più articolati sono i protocolli utilizzati per confermare la presenza di una certa sostanza che gli screening hanno evidenziato. Come è facilmente intuibile non esiste una tecnica sistematica di conferma, ma i protocolli dipendono dalla disponibilità delle attrezzature e dalle preferenze degli operatori. In questo campo si rivela di particolare utilità la spettrometria di massa, specificamente la MS/MS, che può essere realizzata con strumenti cosiddetti "tandem", come i tripli quadrupoli, o con apparecchi "ion trap". Con questi ultimi è facile realizzare esperimenti di frammentazione "multipla" di ioni, che consentono una sicura identificazione. Altri strumenti particolarmente utili per la conferma sono gli LC/MS: la sorgente di ioni (ESI) lavora a pressione ambiente su liquidi (*electrospray ionization*) e lo spettrometro di massa può essere facilmente accoppiato alla cromatografia liquida (HPLC). Il vantaggio dato da questi strumenti consiste in una drastica semplificazione nel trattamento chimico dei campioni - con una maggiore "robustezza" del procedimento - e la possibilità di esaminare sostanze di alto peso molecolare, come i peptidi, attraverso lo studio degli ioni multicarica; gli svantaggi sono dati da una risposta non proporzionale alla quantità, ma dipendente dalle caratteristiche del singolo analita, il che limita la possibilità di screening di sostanze differenti e rende obbligatorio l'uso di prodotti deuterati per le analisi quantitative.

Queste nostre brevi note sul contributo della scienza, e delle scienze chimiche in particolare, al mon-

do dell'antidoping non possono concludersi senza richiamare brevemente la storia di qualcuno dei più comuni farmaci "dopanti". Dall'avvento degli anabolizzanti, testosterone e nandrolone (come tali o come derivati) sono stati tra i più utilizzati. Il primo si trova normalmente nelle urine umane in quantità dell'ordine dei 10 ng/ml per l'uomo, e meno di 1/10 per la donna: tali sono le concentrazioni comunemente riscontrate e, quindi, valori di gran lunga eccedenti (ad esempio 10 volte) rivelano inequivocabilmente l'assunzione dell'ormone. Ma come vanno giudicati valori che non si discostano troppo da quelli medi? Nei primi anni Ottanta si scoprì che testosterone glucuronato (T) e 17- α -epitestosterone glucuronato (E) sono in rapporto costante e inferiore a 6:1. Rapporti maggiori, non essendovi alcuna conversione $T \rightarrow E$, indicano la presenza di testosterone esogeno. Ma anche questa osservazione non ha resistito al tempo, visto che sono possibili variazioni fisiologiche e tanti modi per mascherare il dato. Ci si è spostati sullo studio di *markers* ormonali (ad esempio, ormone luteinizzante o LH) indicanti un abuso di testosterone. Oltre alla complessità analitica, la macchinosità di queste analisi le rende non del tutto affidabili, tenendo nel dovuto conto che devono considerare la "variabilità biologica" e servono a escludere atleti dalle gare. La tecnica analitica risultata alla fine vincente è quella basata sul rapporto (isotopico) $^{12}C/^{13}C$, proposta per la prima volta da Becchi *et al.* [8]: il testosterone sintetico è prodotto a partire da saponine, e il rapporto isotopico è differente da quello sintetizzato dall'organismo umano, *via* colesterolo. In più si può "calibrare" il rapporto isotopico degli endogeni, monitorando altri steroidi escreti nelle urine. Questo metodo ancorché complesso e particolarmente costoso per la strumentazione necessaria è stato utilizzato con successo nelle olimpiadi di Sidney del 2000.





La storia del nandrolone (19-*nor*-testosterone) è più semplice: fino agli anni Ottanta la sua presenza nelle urine era stata considerata come positività del campione. Successivamente, l'introduzione di metodi chimici e strumentali più sofisticati ha permesso di accertare che il nandrolone è normalmente presente nelle urine in concentrazioni di 10-100 pg/ml, con ampia variabilità. Il lavoro relativo che dimostrava per la prima volta la presenza di questo steroidi in urine "normali" è stato presentato al 16° Workshop di Colonia [9].

L'eritropoietina (EPO), che è una sostanza dopante largamente utilizzata negli sport dove è richiesto uno sforzo prolungato, tipicamente quindi nel ciclismo, ha una "storia chimica" molto complicata: non è esagerato dire che ha dato e dà tuttora molto filo da torcere ai laboratori antidoping. È una glicoproteina prodotta principalmente dai reni e ha la funzione di regolare l'eritropoiesi. È stata resa disponibile come farmaco, per combattere alcune forme di anemia, con la tecnica ricombinante alla fine degli anni Ottanta: sempre con la stessa tecnica sono state preparate altre glicoproteine analoghe con migliorate proprietà farmacologiche. L'EPO naturale è secreta con ritmo circadiano ed è difficile stabilirne un valore di soglia: la rEPO differisce dalla naturale in alcune catene glicidiche. Sfruttando questa proprietà è possibile distinguere le due EPO con raffinati metodi elettroforetici, utilizzando anche le urine, nelle quali queste sostanze sono contenute in quantità molto basse (10-25 pg/ml). Il limite di queste analisi è la brevità della finestra temporale dalla assunzione (3-4 giorni). Per sospettare o svelare l'uso dell'EPO si ricorre anche a numerosi indicatori: il più semplice è l'ematocrito. Un valore superiore a 48 fa sospettare l'abuso: se superiore a 50, l'atleta è sospeso per 15 giorni. Si tutela in questo modo la salute degli atleti, dato che l'aumento dei globuli rossi comporta un aumento della viscosità del sangue: e se tutto ciò si combina con la disidratazione che accompagna la gara, l'atleta può andare incontro a seri guai.

Da questa breve rassegna si può comprendere come tra doping e antidoping, ovvero quell'insieme di norme che una schiera di scienziati propone creando poi gli strumenti analitici per farle rispettare, vi sia un continuo inseguimento. Invariabilmente, vi è un ritardo tra la messa a punto dei metodi per svelare la frode sportiva e l'uso di nuove sostanze dopanti. Forse, una buona politica sarebbe quella di curare maggiormente la prevenzione, studiando a fondo gli indicatori biochimici di doping, ovvero l'alterazio-

ne dei parametri fisiologici conseguenti all'abuso di farmaci come, ad esempio, l'assunzione di anabolizzanti steroidei che porta alla diminuzione di LH, FSH, e SHBG [10] e all'aumento di estrone ed estradiolo. Sarebbe così anche meglio tutelata la salute degli atleti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Per una trattazione generale dell'argomento: S.D. Ferrara (Ed.), *Doping Antidoping*, Piccin-Nuova Libreria, Padova, 2004.
- [2] Direttiva 2002/46/CE, attuata con il DL 21 maggio 2004, n. 169.
- [3] a) P. Cerretelli, C. Marconi, *Int. J. Sport Medicine*, 1990, **11**, 1; b) N. Siliprandi et al., *Biochim. Biophys. Acta*, 1990, **1034**, 17.
- [4] W.C. Hulsmann, M.L. Dubelaar, *Mol. Cell. Biochem.*, 1992, **116**, 125.
- [5] a) P.D. Balsom et al., *Am. J. Physiol.*, 1996, **271**, E31; b) E. Hultman et al., *J. Appl. Physiol.*, 1996, **81**, 232.
- [6] C. Malm et al., *Acta Physiol. Scand.*, 1996, **157**, 511.
- [7] <http://www.trovanorme.salute.gov.it/norme/renderPdf.spring?seriegu=SG&-datagu=26/08/2016&redaz=16A05993&art-p=1&art=1&subart=1&sub-art1=10&vers=1&prog=001>
- [8] M. Becchi et al., *Rapid Commun. in Mass Spectrometry*, 1994, **8**, 304.
- [9] M. Ciardi et al., in Proc. of 16th Workshop on Dope Analysis, W. Shanzer et al. (Eds.), 15-20 marzo 1998, Colonia (D), pag. 97.
- [10] M.S. Bahrke, C.E. Yesalis (Eds.), *Performance Enhancing Substances in Sport and Exercise*, 1st Ed., Human Kinetics, IL (USA), 2002, pag. 79.

Chemistry in Sport - Part 1:

Food Supplements and Anti-Doping Control

Chemistry and biochemistry knowledge is essential in planning nutritional protocols for athletes. Chemical laboratories play also a leading role in the doping control. This paper is a short review about the most popular nutritional supplements suitable for the different sport activities and, at the same time, it gives an outline of the ever increasing scientific investigations carried out in anti-doping laboratories.