

VARIAZIONI ENZIMATICHE SIERICHE NELLE PRESTAZIONI DI LUNGA DURATA

U. GUIDUCCI - G. BRUNO - G. RABITTI

I metodi enzimatici sono oggi fondamentali nella diagnosi di alcune malattie del fegato, dell'infarto miocardico acuto, della pancreatite acuta, di vari tipi di anemie; ma possono essere indici importanti di situazioni organiche specifiche talora ai limiti della patologia e, comunque, sempre indicativi nello studio e controllo di praticanti varie discipline sportive.

Per il presente studio ci si è limitati a considerare alcuni enzimi sierici che vengono raggruppati nel grande gruppo delle desmolasi.

In questo gruppo Oppenheimer ha inserito enzimi endocellulari che non esplicano nel siero alcuna attività fisiologica e si riscontrano solo perché dai tessuti nei quali svolgono la loro attività riescono a filtrare in piccole quantità nel torrente circolatorio. Quando però i tessuti o gli organi che costituiscono la sede abituale di questi enzimi risultano lesi, si riversano nel torrente circolatorio queste sostanze proteiche costituendo così un indice della lesione tissutale.

Abbiamo considerato questi enzimi:

a) *le transaminasi*: sono deputate a catalizzare delle reazioni di transaminazione (cioè di trasferimento dei radicali aminici) nei confronti di sistemi metabolici costituiti da aminoacidi e chetoacidi. Abitualmente si riscontrano nel siero di sangue due transaminasi: la transaminasi glutammico-ossalacetica (SGOT) e la transaminasi glutammico-piruvica (SGPT).

Il coenzima che concorre in queste reazioni è il piridossal-fosfato, un derivato della piridossina o vitamina B₆. Il tasso normale della loro attività specifica nel siero risulta inferiore alle 40 unità internazionali (ogni unità è l'attività che trasforma una micromole di substrato per minuto nelle condizioni standard del procedimento di dosaggio; i risultati sono riferiti a un ml. di siero di sangue e pertanto sono espressi in milliunità) nella massima parte dei laboratori. Le transaminasi sono contenute in quasi tutti i tessuti: muscolo cardiaco, tessuto epatico, muscoli scheletrici ne sono particolarmente ricchi. Le malattie a carico di questi tessuti provocano la comparsa di più elevati livelli di attività transaminasiche nel siero. La SGPT si riscontra in elevata concentrazione principalmente nel fegato, la SGOT prevalentemente nel cuore. Il dosaggio dell'attività transaminasica risulta utile per la diagnosi di numerose malattie e soprattutto dell'infarto miocardico e delle epatopatie.

b) *la lattico deidrogenasi e i suoi iso-enzimi*: indicata come anche LDH, catalizza la reazione reversibile di ossido riduzione fra acido piruvico e acido lattico. L'attività enzimatica può essere determinata con un metodo spettrofotometrico semplice, che si basa sul cambiamento dell'assorbimento ultravioletto di un fattore coenzimatico, il nicotinamide-adenin-dinucleotide (NAD) nel quale la presenza di lattico deidrogenasi provoca un cambiamento dello stato ossido riduttivo. La latticodeidrogenasi è un enzima pressoché ubiquitario che può sussistere in differenti forme molecolari, denominate isoenzimi. Pertanto la latticodeidrogenasi totale del siero può essere separata in cinque isoenzimi diversi, ciascuno dei quali proviene elettivamente da un certo tipo di tessuto: per esempio la LDH-1 è soprattutto di origine cardiaca mentre LDH-5 è di derivazione epatica e muscolare-scheletrica. Da quanto sopra è facile comprendere che l'interesse diagnostico delle determinazioni della latticodeidrogenasi consiste soprattutto nella possibilità di individuare e determinare separatamente l'entità delle singole componenti isoenzimatiche, ciò viene realizzato sfruttando la mobilità elettroforetica dei cinque isoenzimi.

Sistema	LDH 1	LDH 2	LDH 3	LDH 4	LDH 5
CARDIOVASCOLARE					
Infarto miocardico	+	+			
Miocarditi	+	+			
Scompenso congestizio di cuore					+
EPATOBIILIARE					
Epatiti					+
Fegato da stasi					+
Epatocirrosi					+
EMOPOIETICO					
Anemie varie	+	+			
Leucemia linfatica cronica		+	+		
Leucemia mieloide cronica			+		
MUSCOLARE SCHELETRICO					
Necrosi					+
Dermatomiosite					+
VARIA					
Infarto polmonare		+	+		
Mononucleosi infettiva			+	+	+
Shock	++	++	+	+	+
Tumori maligni	+	+	+	+	+

c) *la creatinfosfochinasi* (CPK): è un enzima che catalizza una reazione di transfosforilazione tra creatina e l'adenosin-trifosfato (ATP) secondo lo schema: Creatina + Adenosin trifosfato (ATP) \rightleftharpoons Creatinfosfato + Adenosindifosfato (ADP). La determinazione colorimetrica o spettrofotometrica di questo enzima è più complessa di quella degli enzimi precedenti. La sua attività è presente soprattutto nei muscoli scheletrici, nel muscolo cardiaco, nel cervello. Solo piccole concentrazioni di creatin fosfochinasi si riscontrano in altri tessuti. Essendo assente nei globuli rossi, le sue determinazioni risultano corrette anche se il sangue è alquanto emolizzato (mentre questo artefatto compromette la correttezza dei risultati delle altre attività enzimatiche nel siero).

L'attività del creatin fosfochinasi nel siero può apparire più elevata che di norma in caso di infarto miocardico, nelle affezioni primitive dei muscoli scheletrici, in particolare nella miodistrofia, nonché negli infarti cerebrali. Non si osserva invece nessun innalzamento nelle malattie di fegato e nell'infarto polmonare.

Talvolta può essere desiderabile di distinguere l'origine dell'innalzamento dell'enzima nel siero, cioè se esso dipenda dai muscoli o dal cuore. Questa precisazione può essere ottenuta individuando e dosando gli isoenzimi della creatin fosfochinasi.

Quozienti enzimatici

Le attività enzimatiche nel siero diventano uno strumento prezioso solo quando esse vengono interpretate in unione al dato clinico e ad altri parametri chimico-clinici e quando vengono altresì considerati i rapporti reciproci fra le attività enzimatiche stesse. Attività più elevate della SGOT che della SGPT, oppure viceversa, non sono errori di misura bensì un indice di processi fisiopatologici differenti e quindi di differenti affezioni o stadi di malattia.

Cause e significato clinico delle diverse relazioni di attività enzimatiche possono essere dedotti per via fisiopatologica oppure possono essere interpretati basandosi sull'esperienza. Per abbreviare questi processi ragionativi si sono dimostrate efficaci determinate relazioni enzimatiche: i quozienti enzimatici. Essi facilitano l'interpretazione e consentono in unione all'entità assoluta dell'attività enzimatica, un inquadramento in piccoli gruppi o grandi gruppi di malattie. La loro validità è differente e dipende dalla qualità della tecnica di misura. In quadri patologici tipici i quozienti enzimatici risultano comunque ottimi.

Il quoziente SGOT/SGPT (quoziente di De Ritis): è inferiore a 1 (0,7) lo troviamo nell'epatite virale acuta persistente, nell'epatite tossica, nella mononucleosi infettiva, nella steatosi epatica, nell'ittero occlusivo recente, nell'epatosi colestatiche.

Attorno a 1 (0,7 nei metodi ottimizzati) lo troviamo nella forma colestatica dell'epatite virale, nell'epatite cronica da steatosi, nell'epatite cronico-aggressiva, nell'epatite reattiva, nell'ittero occlusivo non recente, nella colangite.

Superiore a 1 (0,7 nei metodi ottimizzati) lo troviamo nella forma necrotizzante dell'epatite virale, nell'epatite tossica, nella cirrosi, nel fegato da stasi, nelle intossicazioni acute. Molto superiore a 1 (0,7 nei metodi ottimizzati) lo troviamo nelle cirrosi scompensate, nel carcinoma epatico primario, nelle metastasi epatiche, nelle affezioni di altri organi senza interessamento epatico particolarmente nell'infarto miocardico e nelle affezioni della muscolatura scheletrica.

Il quoziente CPK/SGOT: è inferiore a 9 nelle lesioni del muscolo cardiaco specialmente nell'infarto miocardico.

E' superiore a 9 nella lesione della muscolatura scheletrica.

Materiali e metodi

Abbiamo condotto una ricerca sugli enzimi sierici in atleti praticanti attività sportive di lunga durata. La ricerca è stata condotta sui seguenti enzimi: a) transaminasi glutammico-ossalacetica; b) transaminasi glutammico piruvica; c) latticodeidrogenasi; d) alfa-idrossibutirratoideidrogenasi; e) creatinfosfochinasi.

Gli atleti studiati sono stati numericamente pochi; tuttavia si è trattato di atleti praticanti la corsa su lunghe distanze, a livello nazionale, detentori di titoli e record. Come elemento di confronto abbiamo fatto indagini enzimatiche anche su di un velocista, atleta anche questo di levatura nazionale. La valutazione degli enzimi è stata fatta in varie fasi: durante l'allenamento, durante la gara, al termine della gara, alcune ore dopo la gara, parecchie ore dopo la gara. Abbiamo inoltre ripetuto nello stesso atleta più volte l'indagine enzimologica, sia in varie fasi dell'allenamento che nelle fasi della gara.

Su campioni di siero fresco è stato sistematicamente analizzato il comportamento delle attività enzimatiche elencate. L'attività latticodeidrogenasica (LDH) totale è stata dosata con il metodo Wroblewski F. I valori normali nel siero sono stati considerati pari a 120-240 mU/ml (25°) (Weisshaar D.).

L'isoenzima - 1 - della latticodeidrogenasi (alfa-idrossi-butirratoideidrogenasi) (x - HBDH) è stato determinato secondo il metodo Rosalki S.B.

I valori normali nel siero sono negli adulti fino a 140 mU/ml (25°) (Elliott B.A.).

L'attività della creatin-chinasi è stata dosata con il metodo Forster G. I valori normali nel siero sono fino a 50 mu/ml (25°) (Szasz G.).

Le attività transaminasiche sono state determinate secondo la tecnica SMA 12/60. I valori normali nel siero sono pari a 8-40 mU/ml.

Risultati

Abbiamo studiato un atleta maratoneta di 40 a. durante il tentativo di battere il record delle 24 ore in pista. I dati enzimologici sono stati rilevati con prelievi di sangue praticati nelle varie fasi della prestazione: 1° prelievo: un'ora prima dell'inizio della prestazione; 2° prelievo: dopo

otto ore di corsa; 3° prelievo: dopo quindici ore di corsa (la prestazione è cessata poco dopo); 4° prelievo: dopo dodici ore dal termine della prova. I valori sono elencati nella tabella 1.

Tabella 1 - Atleta: E. R. a. 40 durante un tentativo di record della 24 ore in pista

Attività enzimatica	1° Prelievo	2° Prelievo	3° Prelievo	4° Prelievo
CPK (v.n. 50 mU/ml)	144	8.400	14.400	1.600
LDH (v.n. 120-240 mU/ml)	182	1.080	1.250	560
HBDH (v.n. 55-140 mU/ml)	122	440	658	320
SGPT (v.n. 8-40 mU/ml)	25	220	320	75
SGOT (v.n. 8-40 mU/ml)	40	1.006	2.006	820
quoziente SGOT/SGPT	1,6	4,5	6,2	10,9
quoziente CPK/SGOT	3,6	8,3	7,2	1,9

v.n. = valori normali.

Come risulta dai dati su riportati, la Tabella dimostra un indicativo movimento enzimatico. In particolare risultano sensibilmente aumentate le creatin-fosfochinasi, le lattatodeidrogenasi con il loro isoenzima LDH₁, le transaminasi glutammico-ossalacetiche.

Prima dell'inizio della prestazione i valori di alcuni enzimi risultavano già alterati. Abbiamo imputato tale modificazione alla condizione di allenamento necessariamente intenso e prolungato nella preparazione di una gara di lunga durata come questa. Ciò è dimostrato anche dai dati enzimatici che abbiamo rilevato sul soggetto in ripetuti controlli fatti nei mesi antecedenti la gara. I quattro accertamenti enzimologici praticati nella fase di preparazione sono stati fatti: 1° prelievo: 60 giorni prima della prestazione; 2° prelievo: 40 giorni prima della prestazione; 3° prelievo: 20 giorni prima della prestazione; 4° prelievo: 7 giorni prima della prestazione. I prelievi di sangue sono stati sempre eseguiti in fase di riposo, almeno 5 ore dopo l'allenamento. I valori sono elencati nella tabella 2.

Come si può rilevare dal raffronto delle due tabelle (quella riguardante i dati enzimatici nella prestazione di lunga durata e quella riguardante i dati enzimatici nelle varie fasi di allenamento) di tutti gli enzimi analizzati, solo le creatin-fosfochinasi risultano aumentate già a riposo, però in fase di allenamento. A questo proposito va ricordato come l'allenamento di questo atleta comportava quotidianamente una

corsa su strada o su pista della durata di 2-3 ore ad una velocità media di un kilometro in 4'30"-5'.

Non abbiamo valori antecedenti i due mesi dalla prova finale, in quanto la nostra osservazione è iniziata solo allora. Tuttavia possiamo convenire con altri autori che dopo regolare allenamento gli aumenti di attività enzimatica sono di entità inferiore rispetto a soggetti non

Tabella 2 - Atleta: E.R. a. 40: Rilievi in fase di preparazione

Attività enzimatica	1° Prelievo	2° Prelievo	3° Prelievo	4° Prelievo
CPK (v.n. 50 mU/ml)	86	110	105	125
LDH (v.n. 120-240 mU/ml)	140	180	175	145
HBDH (v.n. 55-140 mU/ml)	120	120	110	120
SGPT (v.n. 8-40 mU/ml)	35	30	40	30
SGOT (v.n. 8-40 mU/ml)	30	40	55	40
quoziente SGOT/SGPT	0,8	1,3	1,3	1,3
quoziente CPK/SGOT	2,8	2,7	1,9	3,1

allenati che compiono sforzi fisici eccessivi ed in particolare di lunga durata (Casula). A dimostrazione di ciò riportiamo nella tabella seguente i valori medi enzimatici riferentesi ad un piccolo studio da noi compiuto su 5 soggetti di età varie (anni 24, anni 34, anni 40, anni 41, anni 49) che avevano partecipato ad una gara di fondo, cosiddetta non competitiva, sulla distanza di 22 Km. Non vi era stata praticamente nessuna preparazione per questa prestazione, vi era stato solo un accertamento clinico-elettrocardiografico ed ematochimico che aveva dimostrato una idoneità generica.

I prelievi del sangue eseguiti 4 ore dopo il termine della gara.

I valori medi sono risultati i seguenti:

CPK: 200 mU/ml
 LDH: 200 mU/ml
 HBDH: 140 mU/ml
 SGPT: 80 mU/ml
 SGOT: 100 mU/ml

In particolare va segnalato come in tutti i cinque casi studiati fossero sensibilmente aumentate le creatin-fosfochinasi e le transaminasi glutammico-ossalacetica. Da tenere anche presente che agli

esami ematochimici di base i valori enzimatici rientravano tutti nella norma. Purtroppo non abbiamo potuto proseguire nel tempo gli accertamenti enzimologici che ci eravamo proposti, tuttavia abbiamo ritenuto opportuno portare questo modesto contributo che può essere dimostrativo non solo di quanto espresso precedentemente ma anche indicativo della sofferenza tissutale-muscolare (e forse non solo muscolare) che interviene nel sottoporre un organismo non allenato a prestazioni sportive di lunga durata.

Ritornando al caso del maratoneta, abbiamo voluto confrontare i dati enzimatici di questo atleta con quelli che abbiamo eseguito in un altro atleta praticante la velocità: 100 e 200 mt. Anche questo atleta è di levatura nazionale e si sottopone ad una metodica e programmata preparazione.

Abbiamo eseguito i prelievi in questo atleta in tre fasi: 1° prelievo: a riposo; 2° prelievo: dopo riscaldamento; 3° prelievo: dopo una gara di 200 mt.

I valori sono elencati nella tabella 3.

Tabella 3 - Atleta: P. A. a. 29

Attività enzimatiche	1° Prelievo	2° Prelievo	3° Prelievo
CPK (v.n. 50 mU/ml)	68	71	71
LDH (v.n. 120-240 mU/ml)	140	120	125
HBDH (v.n. 55-140 mU/ml)	94	94	94
SGPT (v.n. 8-40 mU/ml)	40	40	40
SGOT (v.n. 8-40 mU/ml)	35	40	35

Risulta subito evidente come in questo atleta il movimento enzimatico riferentesi alla creatinfosfochinasi sia molto più modesto rispetto al caso precedente e soprattutto non risenta della prestazione terminale, cioè della gara. Quest'ultima non incide assolutamente dal punto di vista enzimatico. Anche l'allenamento, che in questo atleta consiste in scatti, ripetute, lavoro con pesi e anche cross lungo, non determina importanti variazioni degli enzimi muscolari, come è dimostrato dai valori emersi dal primo prelievo essendosi l'atleta allenato fino al giorno antecedente la gara che abbiamo seguito.

Riteniamo che in questo caso le modeste variazioni enzimatiche rientrino nei limiti fisiologici. Se poi confrontiamo i dati emergenti nei due atleti studiati (maratoneta e velocista), analizzando sia la fase

di allenamento che la fase agonistica vera e propria risulta con evidenza che il dato differenziativo peculiare è costituito dalla durata del lavoro muscolare eseguito. A ciò va aggiunto da un lato la varietà di allenamento nel velocista e dall'altra la ripetitività dell'esercizio muscolare del maratoneta, che è costituito solo ed esclusivamente dalla corsa. Il raffronto ci pone poi in evidenza come in fase di allenamento le differenze delle valutazioni enzimatiche sieriche siano numericamente poco importanti, mentre nella fase della gara compaiono delle differenziazioni notevoli determinate da clamorosi aumenti di pressoché quasi tutti i valori enzimatici nell'atleta che ha praticato la prestazione di lunga durata.

La durata dell'esercizio quindi è fattore determinante nel modificare i tassi enzimatici sierici, senza che da questo si possano trarre conclusioni sul comportamento degli enzimi muscolari connessi con la liberazione di energia disponibile per la prestazione. Noi riteniamo che nel maratoneta che abbiamo studiato, l'aumento costante di creatin-fosfochinasi già in fase di allenamento superi i limiti fisiologici soprattutto per l'intenso e prolungato lavoro delle grandi masse muscolari degli arti inferiori. Ma se nella fase di preparazione pare che solo l'apparato muscolare scheletrico sia responsabile delle variazioni enzimatiche (pur con CPK/SGOT non superiore a 9), nella prestazione terminale emergono dati enzimatici che stanno ad indicare come l'esercizio vada ad incidere oltre che sulla muscolatura scheletrica anche su altri parenchimi ed organi come il fegato, il cuore e forse il cervello. In particolare va rilevato come l'isoenzima LDH₁, specifico del cuore, nella prestazione su lunghissima distanza, aumenti significativamente proponendo l'ipotesi di una messa in circolo incrementata di enzimi per probabile modificata permeabilità cellulare (Frugoni e Coll.). Questa ipotesi giustificherebbe anche l'aumento delle SGOT.

L'aumento degli enzimi cosiddetti « epatici » LDH, SGPT, nella prestazione di fondo, potrebbe trovare giustificazione nei riflessi sulla dinamicità della flussimetria distrettuale, modificata dalla redistribuzione ematica indotta dalla prestazione. Tuttavia il quoziente di De Ritis (SGOT/SGPT) conferma con i suoi valori superiori a 1 che tutto il complesso movimento enzimatico è prevalentemente riferibile alla muscolatura scheletrica.

E' fuor di dubbio che uno studio condotto con la valutazione degli isoenzimi della creatin-fosfochinasi e di tutti gli isoenzimi della lattato-deidrogenasi ci darebbe più esatte valutazioni di quanto ci possono dare i quozienti enzimatici. Abbiamo perciò compreso in uno studio enzimatico successivo, anche l'analisi degli isoenzimi della latticodeidrogenasi. Abbiamo condotto questo studio nello stesso maratoneta di 40 anni in occasione del tentativo di battere il record dei 100 Km. Dato il tipo di prestazione abbiamo fatto il prelievo di sangue solo al termine della gara ed i valori risultati sono riassunti nella Tabella 4.

I dati riferentesi agli enzimi già studiati in occasione della precedente performance, sono risultati qualitativamente e quantitativamente simili anche in questa seconda prestazione. L'analisi degli isoenzimi della latticodeidrogenasi, con uno spiccato aumento delle LDH₁, e delle LDH₂, conferma l'ipotesi precedentemente avanzata che il movimento enzima-

Tabella 4 - Atleta: E. R. a. 40: Valori enzimatici al termine di tentativo di record sui 100 Km.

CPK:	6.400 mU/ml		LDH ₁ 32,0%	(v.n. 21,2 ± 5,3)
			LDH ₂ 29,2%	(v.n. 37,2 ± 4,8)
SGPT:	180 mU/ml	ISOENZIMI LDH	LDH ₃ 19,8%	(v.n. 26,0 ± 5,0)
SGOT:	920 mU/ml		LDH ₄ 7,1%	(v.n. 9,2 ± 3,4)
LDH:	1.100 mU/ml		LDH ₅ 11,9%	(v.n. 6,1 ± 2,5)

tico riferibile prevalentemente alla muscolatura scheletrica risenta anche di un impegno cardiaco.

I quadri enzimatici che abbiamo riscontrato nell'atleta maratoneta su grandi distanze, ci hanno stimolato allo studio di un altro maratoneta. Abbiamo infatti seguito un fondista di 24 anni, di levatura internazionale, durante una classica gara di maratona (42 Km.). Gli studi enzimatici sono stati praticati con il seguente schema: 1° prelievo: prima della gara; 2° prelievo: 12 ore dopo la gara; 3° prelievo: dopo due settimane di mancato allenamento.

I valori sono elencati nella tabella 5.

Tabella 5 - Atleta F. F. a. 24: valutazioni enzimatiche sieriche in occasione di maratona.

Attività enzimatiche	1° Prelievo	2° Prelievo	3° Prelievo
CPK (v.n. 50 mU/ml)	108	369	24
LDH (v.n. 120-240 mU/ml)	160	259	153
HBDH (v.n. 55-140 mU/ml)	120	141	96
SGPT (v.n. 8-40 mU/ml)	40	75	30
SGOT (v.n. 8-40 mU/ml)	50	85	35

La situazione enzimologica prima e dopo la gara ricalca, seppure con valori molto meno elevati, la situazione enzimologica dell'altro atleta di gran fondo. La differenza quantitativa anche in questo caso determinata dalla durata della prestazione. Infatti a fronte di un tentativo di record protrattosi per oltre 15 ore, sta una classica prova di maratona che si è protratta per poco più di 2 ore.

E così come l'aumento quantitativo dei valori enzimatici è legato alla durata dell'esercizio, altrettanto la persistenza di valori enzimatici aumentati a distanza della gara è proporzionale al tasso sierico di questi

valori alla fine della prestazione. Interessante è osservare la normalizzazione del quadro enzimatico nel secondo maratoneta in fase di assoluto riposo: si può supporre che almeno in questo caso (stante anche i valori massimi raggiunti) più che una distruzione cellulare vi sia stata una modificazione della permeabilità cellulare stessa, o quantomeno se vi è stata distruzione cellulare essa è cessata in un tempo che può essere ritenuto relativamente breve tenuto conto della performance compiuta.

Il fatto che questo secondo atleta maratoneta abbia l'età di 24 a. (16 anni in meno del primo caso studiato) può far pensare che i dati enzimatici siano espressione di organi o tessuti, che hanno capacità di recupero o meglio di rigenerazione cellulare non solo proporzionali ad un regolare ed appropriato allenamento ma anche proporzionali all'età.

Conclusioni

Dalle nostre osservazioni risulta evidente che, negli atleti che si sottopongono ad allenamenti e prestazioni di fondo, l'attività enzimatica sierica è sensibilmente aumentata. Ciò è risultato anche nei lavori di Varnauskas e Coll. (1970) e Morgan e Coll. (1971), come anche nel lavoro sperimentale di Gollnick (1972). Anche Totaro e Coll. hanno riscontrato valori enzimatici elevati in uno studio su ciclisti. Venerando e Coll. (1963) dimostrano, su atleti sottoposti a sforzo massimale al cicloergometro, un aumento dei valori enzimatici (FDP ald. e CPK), che si esauriva a breve distanza (1-2 ore) dalla cessazione della prova. Confrontando i nostri dati con quanto rilevato da questi autori, si può affermare che la disciplina sportiva praticata (nel caso nostro la corsa di fondo) condiziona la durata dell'incremento enzimatico e l'incremento stesso particolarmente nelle masse muscolari. Queste variazioni enzimatiche del siero non possono essere certamente correlate con le variazioni enzimatiche che sono state riscontrate a livello muscolare come espressione dell'adattamento bioenergetico all'allenamento. I due fenomeni hanno origine e significato biologico differenziato e diversificato, per cui non è possibile trarne indicazioni valide sul comportamento del compartimento muscolare da quanto avviene nel compartimento ematico e, per giunta, durante la fase prestativa.

Per quanto riguarda l'adattamento enzimatico del muscolo all'allenamento, Vihko e Coll. (1974) hanno compiuto uno studio dell'attività di alcuni enzimi nei muscoli di atleti praticanti sport di fondo; hanno studiato caratteristiche isto-chimiche e bio-chimiche dimostrando addirittura una specificità del muscolo nel determinare l'aumento enzimatico; hanno altresì dimostrato come sciatori fondisti seniores (che si sottoponevano ad allenamenti lunghi con maggior lavoro) presentavano attività enzimatiche decisamente più spiccate di quelle di atleti juniores della stessa specialità. Confortano queste valutazioni nell'uomo anche lo studio sperimentale nel muscolo di Holloszy (1967) e quello a più ampio ed approfondito raggio compiuto nell'animale da esperimento

più recentemente da Benzi e Coll. (1974, 1975, 1976) e da Villa e Benzi (1975).

Quindi vi sono sicuri adattamenti biochimici del muscolo all'allenamento di durata, mentre i risultati sperimentali (Benzi, 1975) indicano che a livello cardiaco non sembrano avvenire analoghi adattamenti biochimici del cuore stesso per incrementare la sua capacità funzionale.

Questo dato a livello del compartimento muscolare cardiaco non è quindi di conforto ai nostri rilievi a livello sierico, dove abbiamo rilevato significativi incrementi delle alfa-idrossi-butirrato-deidrogenasi HBDH, (isoenzima della latticodeidrogenasi specifico del cuore), mentre il quoziente CPK-SGOT risulti nelle nostre rilevazioni sempre inferiore a 9. Pur con le riserve legate al fatto che il compartimento muscolare e quello ematico hanno aspetti funzionali differenziati e diversificati, ci sembra importante l'attuazione di studi enzimatici allo scopo di chiarire il significato complessivo delle variazioni enzimatiche quali espressione di adattamento biochimico e quali espressioni invece di vero e proprio patimento tissutale più o meno duraturo nei praticanti di sport di lunga durata. Ciò per far sì che l'attività di uno o più enzimi non rappresenti solo l'indice per quantizzare la capacità funzionale di un certo sistema biochimico, ma possa eventualmente rappresentare l'importante spia di una condizione organica-tissutale limitante. Solo lo studio ulteriore e globale del biochimismo sub-cellulare potrà probabilmente dare una risposta a ciò e far sì che si avvenga ad un quadro valido di valutazione enzimatica ed allenamento.

In attesa quindi di un ulteriore approfondimento dello studio delle modificazioni biochimiche a livello muscolare attuate dalla Scuola pavese, va proseguita l'analisi delle attività enzimatiche negli sportivi allenati, utilizzando le nuove metodiche onde rendere più specifico lo studio degli enzimi d'organo; a questo proposito lo studio degli isoenzimi della creatinfosfochinasi viene ad aggiungersi come nuovo ed importante contributo tendente a chiarire il coinvolgimento della fibrocellula miocardica durante l'allenamento di durata. Infine va posto il problema dell'affidabilità della estrapolazione a soggetti sani in fase prestativa della interpretazione di dati enzimatici sierici che derivano da rilievi su soggetti malati.

BIBLIOGRAFIA

- BENZI G.: « I mitocondri: trasduttori di energia ». Ed. Athleticastudi, Roma, 1974.
BENZI G. e Coll.: J. Appl. Physiol., 38, 565, 1975.
BENZI G. e Coll.: Medicina dello Sport, 29, 21, 1976.
BENZI G. e Coll.: Medicina dello Sport, 29, 212, 1976.
BERGMEYER H. U.: « Nuovi principi di determinazione in enzimologia clinica ». Atti Congr. Int. Enz. Clin. Conegliano 1971.
CASULA D., CHERCHI P., SPINAZZOLA A.: Gior. Clin. Med., 42, 5, 1961.
CENTONZA D., ZUANAZZI F.: Med. d. Sport, 12, 545, 1968.
DREYFUS J.C.: Gaz. Med. de France, vol. 80, pag. 1081, 1973.
ELLIOT B.A. e Coll.: Clin. Sci 24, 343, 1963.
FORSTER G. e Coll.: in H. U. Bergmeyer: « Methoden der enzymatischen analyse », vol. 1, p. 775. Verlag Chemie, Weinheim, 2nd edition 1970.

- FRUGONI G., TATARELLI G., FRANCESCONI G., BARDELLI A.: Arch. Ital. Scienze Medic. Tropic. e Parass., XV, 9, 1959.
- GOLLNICK P.D., ARMSTRONG R.B., SAUBERT C.W., PIEHL K., SALTIN B.: J. Appl. Physiol., 33, 312, 1972.
- HOLLOSZY J.O.: J. Biol. Chem., 242, 2278, 1967.
- MORGAN T.E., COBB L.A., SHORT F.A., ROSS R., GUNN D.R.: « In Muscle Metabolism During Exercise ». Ed. Plenum, New York, 87, 1971.
- ROSALKI S.B. e Coll.: Nature (London) 188, 110, 1960.
- SCHMIDT W.F. e E., HORM H.D., GERLACH U.: « The importance of the measurement of enzyme activity in medicine ». Acad. Press. N. Y., 1962.
- SZASZ G. e Coll.: Dtsch Med. Wschr. 95, 829, 1970.
- TOTARO C., CURATOLO G., MANZO F.: « Lavoro Umano », XV, 1963.
- VALLARIO D., LOMBARDI S., BRIZZI G.: Rass. Med. Sper., 6, 405, 1973.
- VARNAUSKAS E., BJORNTORP P., FAHLÉN M., PREROVSKY I., STENBERG J.: Cardiovasc. Res., 4, 418, 1970.
- VENERANDO A., RULLI V., DAL MONTE A.: IV Congres da Groupement Latin de Médecine Physique et du Sport, Barcellona, sett. 1963.
- VIHKO V., HIRSIMAKI Y., RUSCKO H., HAVU M., KOMI P. V., ARSTILIA A. U.: IRCS, 2, 1033, 1974.
- VILLA R.F., BENZI G.: Il Farmaco, 30, 311, 1975.
- WEISSHAAR D., Personal Communication.
- WROBLEWSKI F. e Coll.: Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 90, 210, 1955.