

# SCUOLA REGIONALE DELLO SPORT DELLE MARCHE

Corsi di aggiornamento 2005: “La resistenza”

Fano, 15 aprile 2005

Enrico Arcelli

(Facoltà Scienze Motorie, Università degli Studi di Milano):

“Aspetti generali della resistenza”

# CHE COS'E' LA RESISTENZA?

Molti autori hanno cercato di definirla. Fra le molte definizioni che sono state date:

- alcune pongono l'accento sull'importanza di resistere alla fatica, di saperla combattere;
- alcune sulla capacità di far durare a lungo lo sforzo.

# CHE COS'E' LA RESISTENZA?

Arcelli, Assi e Sassi nel 1979 hanno sostenuto che non è possibile dare una definizione valida per tutti gli sport. Hanno suddiviso le discipline sportive in due gruppi:

- (a) quelle in cui essa è fondamentale (corse medie e lunghe, varie prove di nuoto e di ciclismo eccetera);
- (b) quelle in cui è una qualità importante ma non prioritaria (per esempio i giochi di squadra, il tennis eccetera).

# CHE COS'E' LA RESISTENZA?

Essa, nelle discipline in cui è una qualità fondamentale (a), è la capacità di fornire la massima quantità di lavoro relativamente:

- al tempo di esecuzione (da alcune decine di secondi a molte decine di minuti e più);
- alle masse muscolari interessate (possono costituire una percentuale minima o alta dell'intera massa muscolare).

# CHE COS'E' LA RESISTENZA?

Nelle discipline in cui è una qualità importante ma non prioritaria (b), invece, è fondamentale che l'atleta possa continuare a mantenere costante la prestazione (dal punto di vista atletico, tecnico, tattico, psicologico...) pur avendo già compiuto una grande quantità di lavoro.

# CHE COS'E' LA RESISTENZA?

Oltre a quelli psichici e motivazionali, sono importanti due gruppi di fattori:

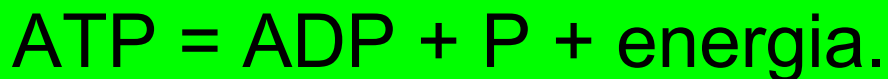
- quelli in virtù dei quali avviene l'utilizzazione dell'energia (fattori tecnici e stilistici, distribuzione dell'impegno..);
- quelli che rendono disponibile tale energia, vale a dire i meccanismi energetici (specie aerobico e lattacido).

# LA DISPONIBILITA' DI ENERGIA

Per poter lavorare, i muscoli usano una sola “benzina”, l'ATP, formato dall'adenosina e da tre fosfati:



Gli ultimi due fosfati sono connessi con legami detti “altamente energetici”; quando si spezzano, liberano notevole quantità di energia. Dall'ATP si forma una molecola che con due fosfati (ADP), una di fosfato (P) e l'energia che serve ai muscoli per lavorare:



# LA DISPONIBILITA' DI ENERGIA

La scorta di ATP nei muscoli è minima. Ma nella maratona essi consumano 50 kg di ATP e in una partita di calcio 10 kg!

Per poter continuare a lavorare, devono produrre nuovo ATP. Lo fanno (mentre lo sforzo è in corso) partendo da ADP e P e fornendo energia secondo questo schema:

- $ADP + P + \text{energia} = ATP.$



# LA SINTESI DI NUOVO ATP

L'energia per la reazione di produzione dell'ATP ( $ADP + P + \text{energia} = ATP$ ) da dove deriva?

L'origine può essere:

- aerobica (= con l'ossigeno),
- anaerobica alattacida (= senza ossigeno e senza formazione di acido lattico),
- anaerobica lattacida (= senza ossigeno e con formazione di acido lattico).

# IL MECCANISMO AEROBICO

Nella reazione  $ADP + P + \text{energia} = ATP$ ,  
l'energia si produce perché si “bruciano”  
(ossia si combinano con l'ossigeno)  
glucosio o acidi grassi liberi:

- glucosio + ossigeno = anidride carbonica + acqua + energia;
- acidi grassi liberi + ossigeno = anidride carbonica + acqua + energia.

Queste reazioni avvengono nei mitocondri.

# IL MECCANISMO ANAEROBICO ALATTACIDO

Nei primi metri di uno scatto (nei 100 m in atletica, in una partita di calcio o di basket) i muscoli dapprima usano il poco ATP di cui già dispongono (ATP preformato).

Poi si può produrre ATP perché l'energia deriva da una molecola che contiene già un legame altamente energetico, la fosfocreatina (CP):



# IL MECCANISMO ANAEROBICO LATTACIDO

Nella reazione  $ADP + P + \text{energia} = ATP$ , l'energia si produce perché il glucosio, in assenza di ossigeno, si scinde fino ad acido lattico:

- glucosio (in assenza di ossigeno) = acido lattico + energia

L'acido lattico si scinde in **ioni lattato** carichi negativamente (**LA-**) e **ioni idrogeno** carichi positivamente (**H+**). Gli uni e gli altri escono dalle fibre produttrici e vanno nelle fibre vicine o nel sangue.

# I DIVERSI MECCANISMI ENERGETICI

La successione dell'intervento dei diversi meccanismi energetici in uno scatto:

- nei primi centesimi l'ATP preformato;
- poi si aggiunge il CP;
- già dopo pochi decimi interviene il meccanismo lattacido (se serve).

Fin dal primo istante, però, c'è una piccola produzione di ATP aerobico che via via aumenta.

# COME MIGLIORARE L'AEROBICO

Si può migliorare l'aerobico se:

**arriva più ossigeno ai muscoli:** dipende da tanti fattori, fra cui dalla capacità del cuore di “pompare” molto sangue (“**centrale**”);

**i muscoli sanno utilizzare una maggiore quantità dell'ossigeno che arriva ad essi:** dipende dalla “densità mitocondriale”, vale a dire dal numero e dal volume dei mitocondri (“**periferico**”).

# COME MIGLIORARE L'AEROBICO

Per migliorare il “**centrale**”, nell'allenamento ci si deve avvicinare la frequenza cardiaca massima. Quella teorica è:

- formula di Karvonen:  $220 - \text{età (in anni)}$ ;
- formula di Tanaka:  $208 - (0,7 \times \text{età})$ .

A 20 anni la f.c. max è di 200 puls./min secondo Karvonen e 194 puls./min secondo Tanaka; a 30 è 190 puls./min (Karvonen) e 187 puls./min (T).

# COME MIGLIORARE L'AEROBICO

Per migliorare il “**centrale**”, dunque, si devono effettuare lavori che elevano molto la frequenza cardiaca. Ancora meglio se l'innalzamento è rapido, come per esempio nelle salite di 10-14 sec con il massimo impegno.

Il miglioramento del “centrale” è utile sia in molte discipline (a), sia in molte delle (b).



# COME MIGLIORARE L'AEROBICO

Per migliorare il “**periferico**” si deve indurre la fibra a fabbricare nuovi mitocondri. Lo stimolo più adatto è la produzione di poco acido lattico per decine di secondi o minuti. In pratica significa correre (o pedalare o nuotare...) ad una frequenza cardiaca di 10-15 puls./min sotto la massima o a velocità vicina a quelle della soglia anaerobica.

# LA VELOCITÀ DI SOGLIA ANAEROBICA

Si può dire – per semplificare – che è la massima velocità in cui c'è ancora un equilibrio fra il lattato che arriva nel sangue e quello che viene smaltito (si è attorno a 4 mmol/l). Può essere tenuta per alcune decine di minuti consecutivi.

Si può migliorare il “**periferico**” con ripetute di pochi minuti, oppure con un tratto unico di molti minuti o poche decine di minuti.

# A CHI SERVE MIGLIORARE L'AEROBICO

L'aerobico più efficiente serve nelle discipline (a) quando durano almeno varie decine di secondi. Più ossigeno è usato per ogni minuto, maggiore è la disponibilità di energia (ATP) prodotta con meccanismo aerobico nell'unità di tempo; a parità di tutto il resto, l'intensità (= velocità negli sport ciclici) dell'impegno può essere maggiore.

# A CHI SERVE MIGLIORARE L'AEROBICO

Nelle discipline di tipo (b), per esempio i giochi,  
l'aerobico più efficiente serve perché:

nelle fasi di maggiore impegno, si dispone di più  
energia aerobica e si creano minori debiti di ossigeno.

nelle fasi di minore impegno, si recupera più in fretta,  
ossia si pagano più velocemente i debiti di ossigeno.

Sostiene Thomas Reilly: “Al calciatore serve un aerobico  
molto efficiente, ma il calcio non allena l'aerobico”.

# L'AEROBICO E' UGUALE PER TUTTI?

Nell'allenamento dell'aerobico si deve tenere conto di alcune peculiarità; per esempio:

- l'aerobico di chi usa molte fibre veloci, per esempio di chi fa gli 800 m;
- l'aerobico di chi utilizza tanti grassi per minuto, per esempio il maratoneta o il marciatore (“potenza lipidica”).

# L'AEROBICO PER LE PROVE VELOCITÀ

Alle velocità vicine alla soglia anaerobica uso poche fibre veloci (FT): dunque non alleno quelle che servono per gli 800 m di corsa o per i 200 m sl del nuoto.

Se, invece, richiedo più forza (= aumento le resistenze), intervengono più fibre FT:

- le salite medie per gli 800 m;
- le nuotate con la maglietta per i 200 m sl;
- le SFR di Aldo Sassi per il ciclismo.

# LA POTENZA LIPIDICA

I muscoli possono consumare zuccheri o grassi, in proporzioni diverse:

- alle basse velocità, più della metà dell'energia deriva dai grassi;
- sopra la velocità di soglia anaerobica, quasi tutta (o tutta) l'energia deriva dagli zuccheri;
- dagli zuccheri ne deriva, alla velocità della maratona fra i due terzi e i tre quarti dell'energia; un po' di più nella 20 km di marcia.

# LA POTENZA LIPIDICA

Se già dall'inizio della maratona si consumano tanti carboidrati, si esaurisce presto il glicogeno dei muscoli e si va in crisi, anche se si è seguita la dieta iperglicidica.

E' importante, invece, che i muscoli – a pari velocità - consumino più grassi. La “potenza lipidica” è, appunto, la quantità di grassi consumata per ogni minuto. E' una caratteristica che l'allenamento migliora.



# LA POTENZA LIPIDICA

I muscoli consumano grassi:

- che si liberano dagli adipociti e che arrivano con il sangue;
- che sono già contenuti nelle fibre muscolari.

L'allenamento migliora entrambe le cose, ma soprattutto amplia i depositi nelle fibre, specie nelle fibre IIa.

# LA POTENZA LIPIDICA

Migliora se si corre ad intensità che determinano un buon consumo di grassi/min. Vanno bene il medio e le sedute lunghe (tanto da consumare tutti i grassi già nelle fibre), ma non troppo lente.

La potenza lipidica, per esempio, non migliora se la velocità del lavoro lungo o lunghissimo è più lenta del 15% di quella della maratona.

Le andature troppo lente servono a poco!

# IL MECCANISMO LATTACIDO

In molte discipline interviene il meccanismo energetico anaerobico lattacido per produrre tutta l'energia che necessita per lavorare.

L'acido lattico si scinde in **ioni lattato** carichi negativamente (**LA-**) e **ioni idrogeno** carichi positivamente (**H+**). Gli uni e gli altri escono dalle fibre produttrici e vanno nelle fibre vicine o nel sangue.

# IL MECCANISMO LATTACIDO

Interviene anche nelle prove di vari secondi o di poche decine di secondi (fino ai 200 m di corsa a nei 50 sl del nuoto).

Del tutto verosimilmente la quantità di acido lattico che si forma non è limitante.

Quello che conta è la “potenza lattacida”, cioè la capacità di produrre molta energia (molto ATP lattacido) per secondo.

# IL MECCANISMO LATTACIDO

Nelle prove molto brevi c'è un calo nel finale.

Secondo alcuni i muscoli non hanno una quantità sufficiente di ATP per minuto dal momento che si esaurisce la scorta di fosfocreatina e il meccanismo lattacido non può fornire un'uguale quantità energia per minuto (potenza inferiore).

Ma probabilmente ci sono altri tipi di fatica, sia “centrale” che “periferica”.

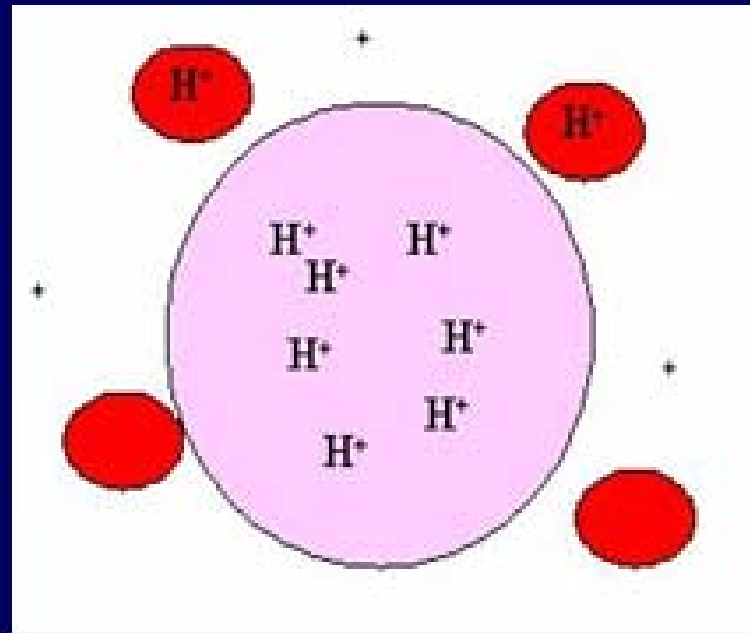
# IL MECCANISMO LATTACIDO

Nelle discipline che durano alcune decine di secondi o vari minuti (dai 400 m ai 5000 m di corsa; dai 100 m ai 1500 m del nuoto...), il meccanismo lattacido produce una grande quantità di energia in assoluto

Nelle fibre si produce una grande quantità di ioni lattato (**LA<sup>-</sup>**) e di ioni idrogeno (**H<sup>+</sup>**).

# IL MECCANISMO LATTACIDO

Gli  $H^+$  rendono le fibre muscolari più acide, ossia abbassano il pH; ad un certo punto ("pH critico") bloccano gli enzimi e non si produce più energia lattacida.

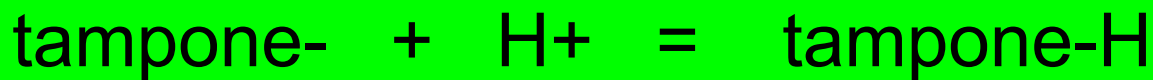


# IL MECCANISMO LATTACIDO

Nella fibra muscolare gli effetti negativi degli ioni  $H^+$  vengono ridotti da vari fattori, specie questi due:

- gli  $H^+$  escono dalla fibra;
- ci sono i tamponi.

Sono tamponi nella fibra: la carnosina, la creatina e altre proteine contenenti istidina. I tamponi, in pratica, agiscono così:



Ci sono tamponi anche nei liquidi extracellulari e nel sangue (specie bicarbonati).



# IL MECCANISMO LATTACIDO

L'uscita degli ioni  $H^+$  è tanto più veloce:

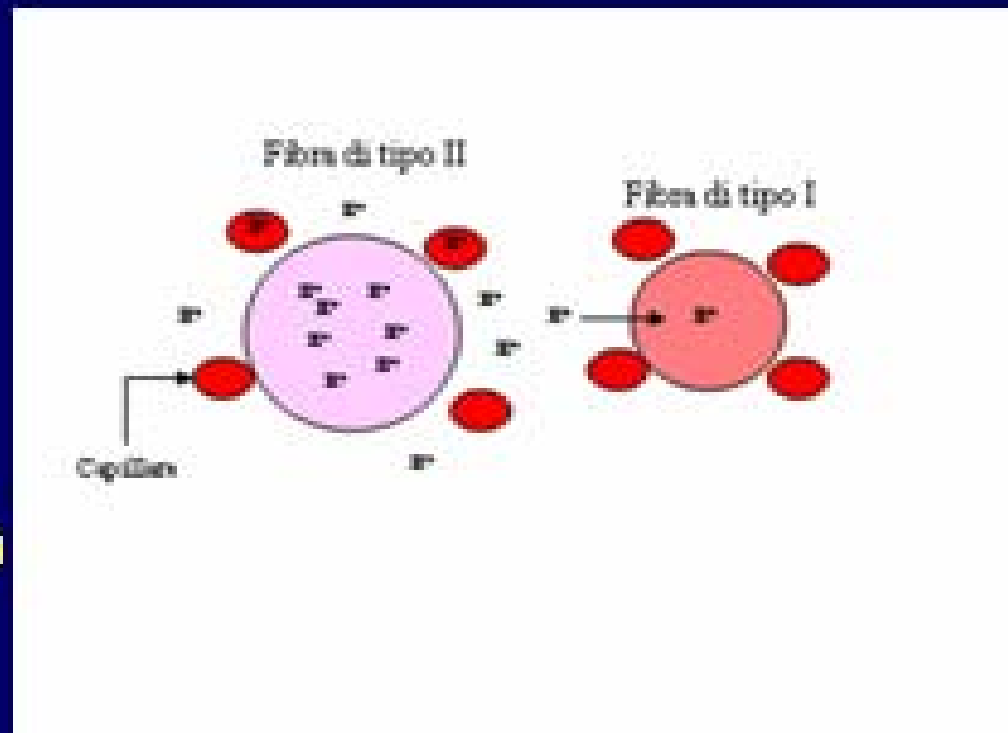
- se la concentrazione all'esterno è inferiore;
- se il trasporto attraverso la membrana è favorito da un carrier, una proteina che fa da navetta e la cui concentrazione aumenta con l'allenamento.

L'uscita degli ioni  $H^+$  non è immediata:  
richiede tempo.

# IL MECCANISMO LATTACIDO

Il destino di  $H^+$  (e  $LA^-$ ) è:

- escono dalla fibra e vanno nei liquidi extracellulari;
- vanno in un'altra fibra
- vanno nel sangue.



# IL MECCANISMO LATTACIDO

Gli ioni lattato che vanno nel sangue:

- sono trasformati in acido piruvico e “bruciati” dal cuore e da altri muscoli;
- sono ritrasformati in glucosio dal fegato e dai reni.

Gli ioni  $H^+$  che vanno nelle fibre di tipo I:

- sono ritrasformati in piruvato e “bruciati”.

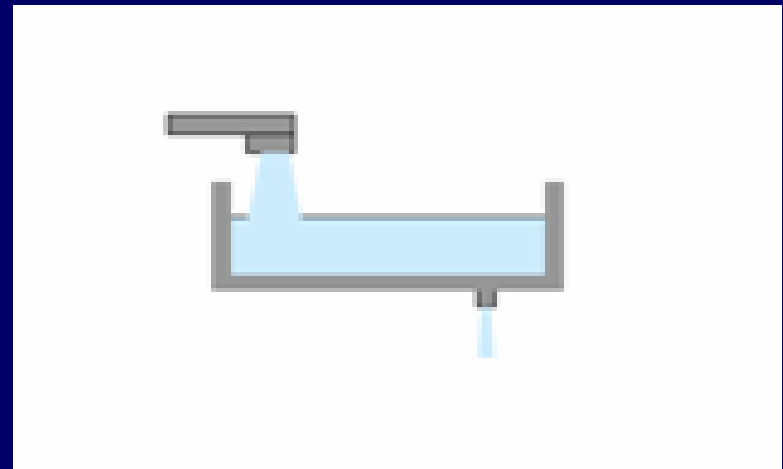
# IL MECCANISMO LATTACIDO

Quando in una certa fibra gli ioni  $H^+$  arrivano ad una certa concentrazione (un certo pH, il cosiddetto “**pH critico**”), vari enzimi non possono più lavorare, la fibra è “fuori uso” temporaneamente.

Il muscolo può continuare a lavorare se un'altra fibra prende il suo posto (“turn-over”). Se non ci sono più fibre altrettanto valide, la potenza espressa si riduce.

# IL MECCANISMO LATTACIDO

Vasca piena = pH critico  
Se la gara dura poche decine di secondi, pochi ioni  $H^+$  riescono ad uscire; se dura vari minuti, si può creare un certo equilibrio fra l'interno e l'esterno.



# IL MECCANISMO LATTACIDO

Quanto più la prova è breve (400 m di corsa, 100 m di nuoto..), tanto maggiormente importanti sono i tamponi interni alla fibra (anzi: a molte fibre).

In allenamento è importante che vengano raggiunti livelli elevati di acidità (bassi valori di pH) nei muscoli impegnati nella gara, per esempio con ripetute ad alta intensità e lunghi intervalli.

# IL MECCANISMO LATTACIDO

Quanto più la prova è lunga (5000 m di corsa, 1500 m di nuoto...) tanto più importante è che gli H<sup>+</sup> siano allontanati rapidamente dalla fibra: contano molto i carriers.

In allenamento è importante compiere lavori in cui si alternano momenti di produzione di lattato (non massima) a momenti di recupero, cioè ripetute a discreta intensità e intervalli brevi.

# IL MECCANISMO LATTACIDO

Quale allenamento, dunque, si deve fare per migliorare nelle prove dai 400 m ai 5000 m dell'atletica o in quelle di durata analoga?

E' tanto più importante aumentare i tamponi della fibra quanto più è breve la distanza.

E' tanto più importante favorire la produzione dei carriers (ossia l'allontanamento degli H<sup>+</sup>) quanto più lunga è la distanza.

Ma spesso anche l'aerobico è determinante.



# IL QUINTO SERBATOIO

Anche alle basse velocità di corsa, i muscoli producono acido lattico che poi va nel sangue e viene trasportato in tutto il corpo.

L'acido lattico non è una scoria inutile e dannosa. Il lattato viene “succhiato” dal cuore, dal fegato, dai reni e da altri muscoli. Viene utilizzato come fonte di energia, grazie alle M-LDH.

# IL QUINTO SERBATOIO

Del maratoneta l'energia deriva dagli zuccheri (depositi di glicogeno dei muscoli e del fegato) e dai grassi (già nei muscoli o che arrivano con il sangue).

In piccola parte i muscoli possono usare – come si è detto – anche il lattato che è un piccolo serbatoio supplementare di energia.

È bene che, durante la maratona, ne usufruiscano i muscoli in misura superiore.

# IL QUINTO SERBATOIO

Per migliorare l'utilizzo di lattato da parte dei muscoli, è bene alternare:

tratti un po' più veloci della soglia aerobica, durante i quali si produce un po' più di lattato del consueto;

a tratti più lenti, durante i quali i muscoli lavorano più blandamente e possono "mangiare" il lattato.

recupero fra le ripetute va fatto in attività!