

CORRELAZIONE FRA ASPETTI FISIOLGICI DELLO SFORZO MUSCOLARE E METABOLISMO DEI PRINCIPI NUTRITIVI NEL CANE DURANTE COMPETIZIONI SPORTIVE DI RESISTENZA

GIORGIA MEINER

Ricercatrice presso il Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia - Facoltà di Medicina Veterinaria di Torino

Riassunto

In questo lavoro vengono evidenziate le correlazioni esistenti fra alcuni parametri biochimico-ematologici (ematocrito, glicemia, acido lattico ematico, protidemia, acidi grassi liberi plasmatici, enzimi di origine muscolare...) e l'utilizzo metabolico dei principi nutritivi nel cane sportivo, durante gare di resistenza. È possibile, tramite la valutazione di questi dati, avere un quadro generale delle condizioni atletiche dei cani sportivi e dell'adeguatezza dell'apporto nutrizionale della loro dieta. Tutto ciò si rivela estremamente utile nella ricerca di nuove strategie per il miglioramento delle potenzialità atletiche dei soggetti che svolgono competizioni sportive di resistenza.

Summary

The connections among some biochemical and haematological parameters (haematocrit, glycaemia, lactic acid, blood serum proteins, free fatty acids, muscle related blood enzymes) and the metabolic pathways for the utilization of some nutrients in athlete dogs competing in long distance races are reviewed in this paper. By considering all the mentioned data, it is possible to state the athletic fitness and the adequacy of the nutritional supply of these sport dogs. This is of the utmost importance to maximize the athletic potentiality of dogs competing in long distance races.

INTRODUZIONE

I cani sportivi che compiono sforzi prolungati (gare di resistenza) attivano un metabolismo di tipo aerobico. L'analisi dei parametri ematologici e biochimici di questi soggetti al termine delle competizioni, evidenzia un quadro totalmente diverso da quello riscontrabile nei velocisti, che hanno un metabolismo di tipo anaerobico. La variazione del profilo ematico è infatti un indice dell'adattamento dell'organismo al tipo di sforzo muscolare e rispecchia l'utilizzo metabolico dei principi nutritivi forniti attraverso la dieta. In uno studio da noi precedentemente effettuato sull'analisi delle modificazioni fisiologiche dell'organismo in cani che svolgono competizioni sportive di velocità (corse dei levrieri) era stata rilevata, al termine dell'attività anaerobica, la comparsa di emoconcentrazione (diminu-

zione del volume plasmatico) per passaggio dei fluidi dallo spazio intravascolare al compartimento interstiziale. L'emoconcentrazione spesso si traduce in un incremento dell'ematocrito, del volume delle cellule ematiche, della proteinemia, della creatininemia e della concentrazione ionica ed elettrolitica del plasma.

Nei soggetti che effettuano gare di resistenza, la diminuzione del volume plasmatico (descritta negli esercizi anaerobici) è compensata da un aumento della secrezione dell'ormone antidiuretico che determina, a livello renale, vasocostrizione, minore filtrazione glomerulare e minor produzione di urine; questo meccanismo permette di evitare un'eccessiva disidratazione. Numerosi studi hanno evidenziato una notevole differenza fra i parametri ematochimici rilevati all'inizio e al termine delle competizioni di fondo.

Dall'analisi di questi dati si possono trarre spunti significativi per l'approfondimento delle conoscenze sulle modificazioni fisiologiche e metaboliche correlate all'utilizzo dei principi nutritivi della dieta nel cane sportivo durante il lavoro aerobico di resistenza.

MODIFICAZIONE DEI PARAMETRI EMATOLOGICI: EMATOCRITO, EMOGLOBINA, NUMERO E VOLUME DELLE CELLULE EMATICHE

Durante le gare di resistenza, nelle prime fasi dell'esercizio, si registra un aumento dell'ematocrito simile ai cani che svolgono esercizi di breve durata. Il fenomeno è attribuibile all'iniziale contrazione splenica (per stimolazione adrenergica) che libera globuli rossi nel torrente circolatorio ed alla diminuzione, iniziale, del volume plasmatico (per passaggio di liquidi dal torrente circolatorio al settore interstiziale). È interessante notare che, a differenza di quanto riscontrato nelle competizioni sportive dei cavalli e degli atleti umani, al termine delle gare sportive di resistenza i cani generalmente non presentano fenomeni di emoconcentrazione e di disidratazione. La perdita iniziale del volume plasmatico è infatti compensata dall'instaurarsi di una vasocostrizione periferica tendente a trattenere i liquidi all'interno del torrente circolatorio. Numerosi studi hanno addirittura evidenziato, al termine di prove di endurance, una diminuzione dell'ematocrito (-7% dopo una corsa di 12 km percorsa in 40 minuti da cani che trainavano un carico di 80 kg⁴; -14% dopo una corsa di 272 km⁵; -24% dopo una corsa di 480 km)⁶.

Altri studi hanno rilevato una concomitante diminuzione del numero di eritrociti (all'incirca del 10%) soprattutto nei soggetti sottoposti a gare di resistenza che non riescono a terminare le competizioni e una diminuzione (all'incirca del 5-10%) dell'emoglobinemia^{3,4,5,7,8,10}.

In questi casi può comparire una sindrome simile all'"anemia dello sportivo" descritta negli atleti umani che percorrono distanze superiori a quelle cui sono abituati durante il periodo dell'allenamento.

La diminuzione del numero dei globuli rossi può essere relazionata all'instaurarsi di carenze di ferro o carenze proteiche. Studi condotti su atleti umani durante gare di resistenza hanno evidenziato una notevole diminuzione della concentrazione di ferritina e di ferro sierico nel sangue ed una diminuzione dell'emosiderina⁹.

Le proteine fornite dalla dieta vengono utilizzate dall'organismo soprattutto a scopo strutturale e funzionale; esse svolgono anche un ruolo importante nell'eritropoiesi (direttamente correlata al valore dell'ematocrito), nella sintesi dei globuli rossi, nel mantenimento del bilancio osmotico fra plasma e tessuti interstiziali e del volume ematico (attraverso la sintesi delle proteine plasmatiche). Reynolds e collaboratori¹¹ hanno evidenziato che diete contenenti solo il 16% delle kcal della razione di derivazione proteica, possono determinare, in soggetti che effettuano gare di resistenza, dei danni notevoli al tessuto muscolare ed una significativa diminuzione dell'ematocrito, del numero di globuli rossi, delle sieralbumine plasmatiche.

Al contrario, diete contenenti il 40% del contenuto energetico delle razioni di derivazione proteica, sono in grado di potenziare le capacità di resistenza dei soggetti inducendo un aumento della massa totale dei globuli rossi e del volume del plasma. Nei cani che effettuano gare di resistenza è consigliabile utilizzare diete contenenti una quota proteica che apporti il 30-40% delle calorie della razione¹².

MODIFICAZIONE DEI PARAMETRI BIOCHIMICI

A) GLICEMIA

Durante le gare di resistenza (traino, caccia) i cani in genere presentano un aumento della glicemia, (in media del 10%) dovuta alla mobilitazione delle riserve di glicogeno muscolare^{2,10,13,14,15}. In uno studio sperimentale condotto su 28 cani da traino partecipanti ad una gara di resistenza è stato valutato il livello di glicemia durante tre tappe della competizione (Yukon Quest del 1991) (Tabella 1).

Sebbene durante le gare di resistenza la via metabolica privilegiata sia costituita dal metabolismo aerobico dei lipidi, l'utilizzo del glicogeno muscolare è attivato soprattutto al termine della competizione o nel caso in cui, durante il tragitto, i cani siano sottoposti a sforzi particolarmente intensi per le particolari asperità del terreno. L'esaurimento delle scorte di glicogeno muscolare durante prolungati periodi di esercizio è associata alla comparsa di fatica muscolare e ad un declino delle prestazioni¹⁶. Al contrario di quanto è consigliabile nei levrieri da corsa, per i cani da slitta è preferibile promuovere il risparmio di glicogeno utilizzando diete ad elevato tenore in grassi piuttosto che ripristinare le scorte di glicogeno utilizzando elevate quantità di carboidrati¹⁷. Una certa quota di carboidrati è però necessaria anche durante le gare di resistenza, infatti il metabolismo del glicogeno permette l'utilizzo degli acidi grassi liberi durante il lavoro aerobico. Si ritiene che il contenuto di carboidrati nelle diete dei cani sottoposti a gare di resistenza dovrebbe essere dell'ordine del 30% della materia secca della razione.

B) ACIDO LATTICO EMATICO

Nei cani da slitta non si registra un eccessivo aumento del contenuto sierico di acido lattico in quanto la maggiore sorgente di energia per questo tipo di esercizio è fornita dal metabolismo aerobio degli acidi grassi anziché dal glicogeno muscolare^{5,18,19,20}.

L'aumento della lactacidemia e della glicemia è molto grave nei cani adibiti a gare di resistenza perché, oltre a diminuire le performances e a generare sensazioni di fatica muscolare, può causare un'acidosi metabolica generalizzata che può condurre a morte l'animale^{2,5,10,22}. Nei soggetti ben allenati sono prodotte quindi solo piccole quantità di acido lattico che inoltre viene presto metabolizzato (entro la prima mezz'ora dal termine della competizione). Esistono stretti legami fra le performances sportive e i valori di acido lattico ematico misurati dopo sforzo. L'esame della lactacidemia al termine della competizione permette di controllare la correttezza delle tecniche di allenamento utilizzate e di ottimizzare la capacità aerobica dei soggetti: i cani adibiti a gare di resistenza devono correre a velocità tali da non superare la soglia aerobica (nei cani corrisponde ad una concentrazione in lattato pari a 4 mmol/l, la lactacidemia di riferimento a riposo è inferiore a 1,8 mmol/l)²³.

C) PROTEINE TOTALI

Durante le corse di lunga distanza si assiste ad una diminuzione della protidemia totale (in media del 15%)^{3,5,6,10,24,25}. Uno studio condotto su 21 cani da traino che percorrevano una distanza di 232 km ha evidenziato una diminuzione della protidemia totale media con passaggio da valori di 61,1 ± 16 g/l prima della corsa a valori

di $55,9 \pm 1,6$ g/l dopo la corsa (valori di riferimento nel cane sono compresi nel range di 55 – 71 g/l)⁵. Esiste una correlazione negativa fra distanza percorsa e protidemia totale²⁵. La diminuzione della protidemia può essere correlata a eccessivo catabolismo proteico durante gli sforzi di lunga durata (riparazione del tessuto muscolare, sintesi enzimatiche) e/o a perdite proteiche urinarie⁶. Le proteine fornite dalla dieta contribuiscono al metabolismo energetico totale dell'organismo in misura del 3-15% nel corso di uno sforzo di endurance^{10,26}. L'ossidazione degli aminoacidi a fini energetici avviene quando, durante sforzi muscolari particolarmente intensi, le scorte di glicogeno diminuiscono e la gluconeogenesi diventa la via predominante per il mantenimento dei valori minimi di glicemia. Gli aminoacidi maggiormente utilizzati dal cane sportivo sono quelli ramificati (leucina, isoleucina, valina) che sono essenziali in quanto non possono essere sintetizzati nell'organismo ex novo in quantità sufficiente ai fabbisogni. L'entità del catabolismo proteico può essere misurata mediante la valutazione dell'aminoacidemia, dell'ammoniemia, dell'uremia, e tramite il dosaggio di urea e di proteine urinarie.

D) AZOTEMIA

Nel corso di gare di fondo i cani presentano frequentemente un aumento dell'uremia^{3,5,10,15,24,25,27}. Uno studio condotto durante una prova sportiva di lunga durata (Yukon Quest del 1991) ha permesso di valutare l'incremento di urea durante le diverse tappe della competizione (Tabella 2).

L'aumento dell'uremia al termine della competizione (i valori a volte vengono triplicati) è dovuto all'aumento del catabolismo proteico (aumento dell'utilizzo di aminoacidi) durante lo sforzo prolungato e ad una diminuzione della filtrazione glomerulare (per l'instaurarsi di danni renali)^{3,5,15,24,25,27,28,29,30}.

E) ACIDI GRASSI LIBERI PLASMATICI (AGPL) CIRCOLANTI

I lipidi costituiscono il substrato energetico di elezione utilizzato dal cane durante le attività sportive di resistenza^{21,30,31}. La misura della concentrazione ematica di acidi grassi liberi è indice della capacità di utilizzo degli acidi grassi da parte del tessuto muscolare ed è un parametro valido per valutare il metabolismo degli acidi grassi.

Uno studio condotto su soggetti ben allenati che correvano per 35 minuti ha rilevato, al termine dell'esercizio, valori di AGPL quasi triplicati rispetto alle condizioni di riposo; il picco della concentrazione di AGLP è raggiunto entro 15-30 minuti dal termine dell'esercizio². È stata notata una correlazione positiva fra alimentazione e concentrazioni di AGPL.

Dati di letteratura indicano che le diete ad elevato contenuto in grassi e proteine (ad esempio 39% di proteine, 61% di lipidi, 0% di glucidi) somministrate prima e/o durante le competizioni, aumentano le capacità dell'organismo di mobilitare i grassi ed utilizzarli come combustibile per il lavoro muscolare prolungato². Si assiste quindi ad un adattamento dell'organismo al nuovo regime alimentare che si traduce in un miglioramento della capacità di lavoro aerobico nei cani che svolgono gare di resistenza^{34,35,36,37}.

L'alimentazione ad alto contenuto in grassi determina modifiche strutturali delle fibre muscolari che si adattano

al metabolismo ossidativo. L'incremento dei grassi della dieta determina infatti un aumento del 50% del volume mitocondriale. Il tessuto adiposo fornisce inoltre al cane la maggior fonte energetica per lottare contro il freddo. In presenza di temperature rigide, anche in condizioni di riposo, la concentrazione di AGPL può raddoppiare^{2,10,33,34,38,39,40,41}.

F) VARIAZIONE DEGLI ENZIMI DI ORIGINE MUSCOLARE DURANTE LE GARE DI RESISTENZA

Nelle gare di resistenza si assiste ad un aumento dell'attività sierica di certi enzimi, in particolare della creatinichinasi, dell'aspartatoaminotrasferasi, della latticodeidrogenasi, della fosfatasi alcalina; tali aumenti sono maggiori di quelli riscontrati nelle gare di velocità^{30,42,43}. Sui cani da traino sono stati condotti numerosi studi per quantificare le variazioni di questi enzimi durante le attività fisiche di resistenza; tutte le esperienze svolte hanno confermato l'aumento dell'attività plasmatica della creatinichinasi (CK), della latticodeidrogenasi (LDH) e dell'aspartatoaminotrasferasi (AST) al termine delle competizioni (Tabella 3)^{3,5,10,13,15,19,20,25,44}.

Tabella 1
Variazione della glicemia durante una gara di resistenza (Yukon Quest del 1991, tra Canada ed Alaska, 1600 Km)³⁰

Glicemia (g/l) valori di riferimento	1ª tappa	2ª tappa	Arrivo
0,72-1,2	0,74 ± 0,1	0,95 ± 0,08	1,03 ± 0,09

Tabella 2
Variazione media dell'azotemia riscontrata durante una gara di resistenza (Yukon Quest del 1991, tra Canada ed Alaska)³⁰

Urea (mmol/l)			
Valori di riferimento	1ª tappa	2ª tappa	Fine gara
2,1-7,8	10,3 ± 1,8 (5,0-12,8)*	13,9 ± 3,2 (6,8-22,5)*	11,8 ± 2,1 (8,2-15,7)*

* valore minimo e valore massimo riscontrati.

Tabella 3
Variazioni enzimatiche registrate in media su 21 cani da traino durante una prova della lunghezza di di 272 km³⁰

	Valori di riferimento	Prima della corsa	Dopo la corsa
CK (U/l)	31-217	97 (55-265)	3732 (121-47920)
AST (U/l)	17-43	27 (10-37)	263 (32-2877)
LDH (U/l)	20-194	65 (22-134)	170 (75-1113)

Questi fenomeni sono attribuibili all'aumento transitorio della permeabilità membranaria e/o all'instaurarsi di lesioni muscolari in seguito allo sforzo⁵. Per stabilire una correlazione fra l'aumento dell'attività plasmatica degli enzimi muscolari e la diminuzione delle performances è stato condotto uno studio su 17 cani da traino partecipanti alla competizione Iditarod del 1991 (svolta in Alaska, 1800 km).

Lo studio si proponeva di comparare i parametri biochimici ed ematologici misurati su 9 cani finalisti rispetto ai soggetti (8 cani) che si erano ritirati prima della fine della competizione⁵ (Tabella 4).

Come si può rilevare dalla tabella, i valori medi di attività di CK e AST sono risultati superiori nei gruppi dei cani che sono stati ritirati dalla competizione^{25,45}. Su 8 cani ritirati, 6 manifestavano un'attività di CK maggiore del limite superiore di riferimento e tre di questi avevano attività superiore a 2000 U/l (10 volte superiore ai valori considerati normali per cani in buona salute). Nel gruppo di nove cani finalisti, otto soggetti presentavano valori maggiori dei limiti di riferimento, ma nessun valore era superiore a 1000 U/l⁵.

Numerosi studi hanno dimostrato un aumento dell'attività degli enzimi Fosfatasi alcalina e Alanina amino transferasi al termine di uno sforzo di resistenza^{5,13,27,44}, con valori superiori nei cani ritirati dalla corsa rispetto a quelli che hanno terminato la prova (Tabella 5).

La valutazione delle attività plasmatiche o sieriche di questi enzimi durante e dopo uno sforzo di resistenza consente di diagnosticare la comparsa di danni muscolari o fenomeni di rhabdomiolisi da esercizio prima della loro manifestazione clinica e dell'instaurarsi di danni spesso irreparabili.

G) VARIAZIONI DEGLI ELETTROLITI E DEGLI ELEMENTI MINERALI PLASMATICI DURANTE LE GARE DI RESISTENZA

A differenza del lavoro muscolare di tipo anaerobico, l'esercizio fisico di resistenza induce una diminuzione della concentrazione plasmatica degli ioni Na, K, Mg, Ca e Mg (Tabella 6).

1. Sodio

Nel cane le modificazioni del sodio sono meno vistose rispetto a quelle di altri mammiferi (ad esempio nei cavalli) perché la regolazione della temperatura corporea non si effettua tramite sudorazione^{56,57}. Per quanto riguarda la concentrazione di sodio ematico, la maggior parte degli studi condotti su cani da traino indica, durante le gare di resistenza, una certa stabilità della natremia^{1,2,15,27,40}. Una diminuzione della natremia in cani che svolgono attività di resistenza può essere dovuta all'incremento della diuresi e all'eliminazione eccessiva di sodio tramite le urine. L'aumento del volume urinario è conseguente alla notevole quantità di acqua di bevanda assunta da questi soggetti. L'apporto idrico è necessario per la corretta eliminazione renale dei metaboliti e dell'urea derivanti da regimi alimentari particolarmente energetici. Alcuni autori inoltre associano la diminuzione della natremia a regimi alimentari carenti in proteine (meno del 16% della materia secca della razione).

2. Potassio

Il potassio è un elemento minerale fondamentale per lo svolgimento del processo di contrazione muscolare, processo caratterizzato dalla trasformazione dell'energia chimica in energia meccanica e termica. Il gradiente ionico ed

Tabella 4
Comparazione tra i valori di CK e di AST di cani ritirati o finalisti in una gara di fondo (Iditarod - 1800 Km)³⁰

Valori di Riferimento	Canine che hanno finito la prova		Canine che si sono ritirati	
	Prima della corsa	Dopo la corsa	Prima della corsa	Dopo la corsa
CK (U/l) 31-217	143 (85-245)	473 (157-1001)	156 (69-237)	1565 (82-4000)
AST (U/l) 17-43	40 (25-62)	94 (51-157)	55 (18-94)	206 (48-575)

Tabella 5
Valori registrati durante una competizione di 232 km³⁰

Valori di Riferimento	Prima della corsa	Dopo la corsa
ALT (U/l) 17-73	56 (22-113)	145 (41-586)
PAL (U/l) 5-53	36 (9-74)	91 (42-152)

Tabella 6
Variazione dell'omeostasi ionica - elettrolitica nel cane sportivo dopo gare di resistenza

Na ⁺	Valori invariati (a volte diminuzione del 5%)
K ⁺	Su grandi distanze diminuzione significativa (-20%)
Cl ⁻	Valori invariati
Fosfati	Diminuzione del 15-45%
Ca ⁺⁺	Diminuzione significativa (da -2 a -14% a seconda degli studi)
Mg ⁺⁺	Diminuzione significativa (da -10 a -20% a seconda degli studi)

elettrochimico delle membrane cellulari è mantenuto costante mediante il complesso molecolare denominato “Pompa sodio-potassio”. La “Pompa sodio-potassio” garantisce l’eccitabilità muscolare ed è fondamentale per lo stadio di rilassamento muscolare (depolarizzazione delle membrane). Durante le competizioni sportive di resistenza si può riscontrare una diminuzione della kalemia, fino al 20%, in cani Husky impegnati su lunghe distanze^{3,5,6,14,15,24}; tuttavia raramente si registrano evidenti segni clinici di ipokalemia^{15,24} (Tabella 7).

3. Magnesio

Il magnesio è un elemento minerale d’interesse emergente in medicina sportiva per il ruolo svolto in molte reazioni metaboliche connesse all’utilizzo dell’energia da parte delle cellule muscolari. Il magnesio preserva l’integrità strutturale delle membrane cellulari; quando la sua presenza diminuisce, la permeabilità delle membrane risulta più o meno alterata con la fuoriuscita dalle cellule di alcuni enzimi (CK, LDH, transaminasi...) che si possono riscontrare in quantità elevate nel sangue circolante. Mentre durante gli esercizi brevi ed intensi si assiste ad un aumento del tasso di magnesio sierico (collegato all’aumento dell’ematocrito e all’ipovolemia), durante gli esercizi prolungati in genere si assiste ad un abbassamento del magnesio sierico (in particolare della frazione libera) stimato intorno al 9-18%.

Negli sforzi di aerobiosi il fenomeno di captazione del magnesio plasmatico da parte degli adipociti può determinare la comparsa di una ipomagnesiemia clinicamente manifesta¹⁰. Ricordiamo inoltre che i grassi introdotti con la dieta possono causare una diminuzione della digeribilità del magnesio. La concentrazione del magnesio nella dieta dei cani adibiti a gare di resistenza deve essere incrementata soprattutto se l’alimento è molto ricco di lipidi³⁸. La diminuzione del magnesio plasmatico osservata nel corso di gare di resistenza può anche essere dovuta allo stress cui sono sottoposti gli animali o ad una eventuale cattura del magnesio da parte degli eritrociti durante la prestazione atletica.

4. Calcio

Durante le competizioni di lunga durata i cani presentano generalmente una diminuzione significativa della calcemia, senza che si manifestino eclatanti manifestazioni cliniche^{2,3,5,6,10,13,15,24,25,60}. Numerosi fattori nutrizionali contribuiscono alla deplezione di calcio durante le prestazioni fisiche di resistenza:

- i grassi alimentari di cui sono ricche le razioni impiegate durante le gare di resistenza rendono il calcio ingerito indisponibile per formazione di saponi;
- le carni rosse somministrate spesso ai cani che praticano attività di resistenza sono notoriamente ricche in fosfo-

ro ma povere di calcio. È necessario quindi stabilire una relazione fra il tenore lipidico e quello in calcio della razione. L’integrazione con calcio però deve essere accorta poiché può predisporre a deficienze di zinco, inibendone l’assorbimento.

Fosfati

Nel corso delle prove di endurance si evidenzia in genere una diminuzione della fosfatemia di entità compresa fra il 15 ed il 45%^{2,3,5,10,13,15,61}. Questa diminuzione inizia in genere 15 minuti dopo l’inizio dell’esercizio, aumenta dopo la fine dell’esercizio ed è in relazione all’aumento dell’escrezione urinaria di fosforo^{1,2,10}.

La diminuzione della fosfatemia è correlata alla diminuzione della calcemia per attivazione di meccanismi neuroendocrini. La diminuzione della calcemia determina infatti la liberazione di paratormone che induce l’escrezione renale di fosfati¹.

CONCLUSIONI

Le gare di resistenza dei cani sportivi sono svolte da soggetti che presentano un’elevata percentuale di fibre muscolari aerobiche di tipo I (o “Slow Twitch” o fibre c.d. rosse).

Queste fibre hanno elevata capacità ossidativa, elevato numero di mitocondri e notevole irrorazione capillare. I valori dei parametri ematologici e biochimici rilevati al termine delle competizioni forniscono una stima dell’utilizzo metabolico dei principi nutritivi della dieta da parte dell’animale e sono ad essi correlati. La valutazione dei parametri ematologici e biochimici (ematocrito, numero dei globuli rossi, acidi grassi liberi plasmatici (AGPL), glicemia, lattacidemia, protidemia, elettroliti ed elementi minerali) può quindi orientare i nutrizionisti sull’adozione di strategie dietetiche in grado di migliorare le prestazioni atletiche.

Il dato ematologico più significativo è il riscontro, al termine di competizioni di resistenza, di un incremento degli acidi grassi liberi plasmatici.

L’esercizio fisico prolungato è infatti sostenuto in misura predominante dall’energia derivante dall’ossidazione degli acidi grassi. Gli acidi grassi a catena lunga derivanti sia dalle riserve lipidiche intracellulari, sia dal circolo ematico, vengono trasportati all’interno della cellula (dove avviene l’ossidazione) tramite la molecola della carnitina, che funge da carrier. La carnitina svolge quindi un ruolo fondamentale nell’utilizzo metabolico dei lipidi ed è in grado di migliorare le prestazioni dei soggetti che effettuano gare di resistenza. L’utilizzo degli AGPL da parte dell’organismo è influenzato positivamente, per un fenomeno metabolico adattativo, da razioni ricche in materie grasse. Il metabolismo dei grassi permette un risparmio del glicogene muscolare e rende disponibile questo substrato per le fasi più impegnative della competizione; inoltre impedisce l’eccessiva produzione di acido lattico ed i rischi che questo comporta nelle gare di resistenza. Infatti il riscontro di valori elevati di glicemia in associazione all’aumento della lattacidemia è un campanello d’allarme che può preannunciare la comparsa di fenomeni di acidosi muscolare e metabolica e di rabdomiolisi. La diminuzione dei valori ematici dell’ematocrito, dell’emoglobinemica, del numero dei globuli rossi, della protidemia riscontrati al termine delle competizioni di resistenza possono

Tabella 7
Modificazione dei livelli di potassio sierico registrati su 14 Alaskan Huskies che percorrevano 480 km³⁰

Prima della corsa	Metà della corsa	Dopo la corsa
4,8 ± 0,1 meq/l	4,6 ± 0,1 meq/l	3,8 ± 0,1 meq/l

essere relazionate all'instaurarsi di carenze di ferro e/o proteine. Nei cani adibiti a gare di resistenza infatti non è raro riscontrare sindromi simili all'"anemia dello sportivo" descritta negli atleti umani.

Il riscontro di un aumento dell'attività degli enzimi muscolari (creatinfosfochinasi, lattico deidrogenasi, aspartatoamminotrasferasi), causate da un aumento transitorio della permeabilità delle membrane muscolari e/o dall'accumulo di acido lattico nel muscolo, è indice di danno muscolare anche grave (rabbdomiolisi).

Al termine delle gare di resistenza nei cani sportivi è possibile riscontrare una diminuzione degli elettroliti (Na e K) e degli elementi minerali presenti nel plasma (calcio, magnesio, fosfati, cloruri).

Occorre prestare notevole attenzione al mantenimento delle condizioni di omeostasi di questi elementi, fondamentali per il corretto svolgimento dei fenomeni di contrazione muscolare.

In generale le diete per cani adibiti a gare di resistenza dovrebbero contenere elevate quantità di grassi e proteine, quote moderate di carboidrati, un apporto minerale e vitaminico idoneo alle loro esigenze (Tabella 8). Non vanno dimenticati infine l'apporto idrico ed energetico, particolarmente elevati in questi soggetti.

Parole chiave

Cani, sport, resistenza, parametri ematologici, nutrizione.

Key words

Dogs, sport, endurance race, haematological parameters, nutrition.

Bibliografia

1. Beltran W: Contribution à l'étude des modifications des concentrations en électrolytes plasmatiques chez les chiens de sport. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Alfort, 1997.
2. Hammel EP, Kronfeld DS, Ganjam VK & al: Metabolic responses to exhaustive in racing sled dogs fed diets containing medium, low or zero carbohydrate. Am. J. Clin. Nutr. 30: 409-18, 1977.
3. Burr J, Reinhart G, Swenson R: Physiological alterations occurring during a long sledding race (Abstract). J. Vet. Int. Med. 2: 132, 1992.
4. Hellemann M: On blood parameters of sport dogs with special reference to nutrition, training and performance. These de Doctorat Vétérinaire, Helsinki, 1993.
5. Burr JR, Reinhart GA, Swenson RA & al: Serum biochemical values in sled dogs before and after competing in long-distance races. J. Am. Vet. Med. Ass. 211: 175-9, 1997.

Tabella 8
Raccomandazioni nutrizionali per cani sportivi¹⁰

	Mantenimento	Breve Esercizio	Esercizio prolungato	Endurance
Energia (kcal EM/kg pv ^{0.75*})	132	150-190	200-400	400-800
Proteine (g/1000 kcal EM)	50	70-80	80-90	80-90
Proteine (% EM)	20	30	35	35-40
Proteine (% DM)	20-27	30-35	35-40	35-40
Grassi (%D M)	5-10	12-20	20-30	35-40
FA (n-6) (%DM)	1	2	3	3
FA (n-3) (%DM)	0.2	0.4	0.6	0.6
Acidi grassi a catena corta (%DM)	---	2.5-5	5-7	8-10
Fibra (%DM)	2-5	3	2.5	2
Calcio (mg/kg pv)	200	250-300	300-400	400-500
Calcio (%DM)	0.9-1.1	1.25-1.5	1.4-1.5	1.8-3
Fosforo (mg/kg pv)	170	190-240	200-250	200-300
Fosforo (%DM)	0.7-0.9	1.0-1.2	1.0-1.3	1.0-1.5
Potassio (mg/kg pv)	130	130-150	150	150
NaCl (mg/kg pv)	240	240	240	240
Magnesio (mg/kg pv)	8	25-30	25-30	25-30
Magnesio (%DM)	0.04	0.10	0.15	0.5

*pv^{0.75} = peso metabolico dell'animale.

6. Hinchcliff KW, Reinhart GA, Burr JR & al: Effect of racing on serum sodium and potassium concentrations and acid-base status of Alaskan sled dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 210: 1615-8, 1997.
7. Adkins TO, Kronfeld DS: Diet of racing sled dogs affects erythrocyte depression by stress. *Can. Vet. J.* 23: 260-3, 1982.
8. Laroye D: Etude des méthodes actuelles d'entraînement des chiens de traîneau. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Alfort, 1994.
9. Dufaux B, Hoederath A, Streitberger I & al: Serum ferritin, transferrin, haptoglobin and iron in middle and long distance runners, elite rowers and professional racing cyclist. *Int. J. Sports Med.* 2: 43-6, 1981.
10. Grandjean D, Paragon BM: Alimentation du chien de traîneau. 1- Bases physiologiques et métaboliques. *Rec. Med. Vet.* 162: 1167-80, 1986.
11. Reynolds AJ, Reinhart GA, Carey DP: Effect of protein intake during training on biochemical and performance variables in sled dog. *Am. J. Vet. Res.* 60: 789-95, 1999.
12. Hand, Thatcher, Remill, Roudebush: Small animal clinical nutrition. 4th edition, chapter 10, 2000.
13. Feldman BF, Lessard P: Hematologic and biochemical analytes in sporting breed. *Comp. Cont. Ed. Pract. Vet.* 14: 1574-81, 1992.
14. George C: Contribution à l'étude des paramètres biologiques chez le chien de grande vénerie: variations pendant l'effort et au cours d'une saison de chasse. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Alfort, 1987.
15. Hinchcliff KW, Olson J, Crusberg C & al: Serum biochemical changes in dogs competing in a long-distance sled race. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 202: 401-5, 1993.
16. Miller GD, Massaro EJ: Carbohydrate in ultra-endurance performance. In Hickson JF, Wolinsky J (eds.). *Nutrition in Exercise and Sport*. 1st ed. CRC Press, Boca Raton, FL, 1989: 51-62.
17. Reynolds AJ, Fuhrer L, Dunlap HL & al: Effect of diet and training on muscle glycogen storage and utilization in sled dogs. *Journal of Applied Physiology*. 79: 1601-7, 1995.
18. Kronfeld DS: Diet and the performance of racing sled dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 162: 470-3, 1973.
19. Ready AE, Morgan G: The Physiological response of Siberian Husky dogs to exercise: effect of interval training. *Can. Vet. J.* 25: 86-91, 1984.
20. Sanders TM, Bloor CM: Effects of endurance exercise on serum enzyme activities in the dog, pig and man. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 148: 823-8, 1975.
21. Brzezinska Z, Kaciuba-Uscilko H, Nazar K: Physiological responses to prolonged physical exercise in dogs. *Arch. Int. Physiol. Bioch.* 88: 285-91, 1980.
22. Wolter R, Grandjean D, Valette JP: Nutrition lipidique et aptitudes sportives en effort d'endurance. *Sci. Vet. Med. Comp.* 85: 183-93, 1983.
23. Le Draoulec T: Le dosage de la lactatémie dans le suivi médico-sportif du cheval trotteur. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Nantes, 1992.
24. Hinchcliff KW, Reinhart GA, Burr JR & al: Exercise-associated hyponatremia in Alaskan sled dogs: urinary and hormonal responses. *J. Appl. Physiol.* 83: 824-9, 1997.
25. Hinchcliff KW, Shaw LC, Vukich NS & al: Effect of distance traveled and speed of racing on body weight and serum enzyme activity of sled dogs competing in long-distance race. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 213: 639-44, 1998.
26. Reynolds AJ, Taylor CR, Hoppeler H & al: The effect of diet on sled dog performance, oxidative capacity, skeletal muscle microstructure, and muscle glycogen metabolism. In recent advances in canine and feline nutritional research: Proceedings of the 1996 Iams International Nutrition Symposium. Orange Frazer Press, Wilmington, Ohio, 1996: 181-98.
27. Hinchcliff KW: Performance failure in Alaskan sled dogs: biochemical correlates. *Res. Vet. Sci.* 61: 271-2, 1996.
28. Kronfeld DS, Hammel EP, Ramberg CF Jr & al: Hematological and metabolic responses to training in racing sled dogs fed diets containing medium, low or zero carbohydrates. *Am. J. Clin. Nutr.* 30: 419-30, 1977.
29. Lefebvre HP, Watson ADJ, Toutain PL & al: Absence of validation technique et biologique de la créatininémie du chien: une des difficultés de l'interprétation. *Revue de Méd. Vét.* 149: 7-14, 1998.
30. Vaysset-Orcel K: Contribution à l'étude des effets d'un effort musculaire sur la disposition des enzymes d'origine musculaire chez le chien. Thèse Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. 1-170, 2000.
31. Issekutz B: Energy mobilization in exercising dogs. *Diabetes* 28, Suppl. 1: 39-44, 1979.
32. Downey RL, Kronfeld DS, Banta CA: Diet of beagles affects stamina. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 6: 273-7, 1980.
33. Issekutz B, Miller HI, Paul P & al: Aerobic work capacity and the plasma FFA turnover. *J. Appl. Physiol.* 20: 293-6, 1965.
34. Reynolds AJ, Fuhrer L, Dunlap HL & al: Lipid metabolites responses to diet and training in sled dogs. *J. Nutr.* 124: 2754S-2759S, 1994.
35. Reynolds AJ, Fubrer L, Dunlap HL: Effect of diet and training on muscle glycogen storage and utilization in sled dogs. *J. Appl. Physiol.* 79: 1601-7, 1997.
36. Reynolds AJ: Nutritional considerations for racing sled dogs. In: Proceedings. Fourth Annual International Sled Dog Veterinary Medical Association Symposium, Nashua, NH, September 19-21, 1997: 33-51.
37. Reynolds AJ, Hoppeler H, Reinhart GA & al: Sled dog endurance: A result of high fat diet on selective breeding. *Federation of American Societies for Experimental Biology Journal*. 9: A996, 1995.
38. Grandjean D: Nutrition of racing sled dogs. *Wien. Tierärztl. Mschr.* 81: 329-43, 1994.
39. Hannon JP, Durrer JJ: Seasonal variations in blood volume and circulating metabolite levels of the Husky dog. *Am. J. Physiol.* 204: 517-9, 1963.
40. Letreguilly L: Les courses de traîneaux à chiens. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Nantes, 1987.
41. Gazzola A, Valette JP, Grandjean D: Les acides gras libres plasmatiques chez le poney et le chien en effort prolongé. *Rec. Med. Vet.* 160: 69-77, 1984.
42. Bolter CP, Critz JB: Changes in plasma enzyme activity elicited by running exercise in the dog. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 145: 1359-62, 1974.
43. Lindena J, Küpper W, Trautschold I: Enzyme activities in blood cells of anesthetized, conscious and exercising dogs. *Eur. J. Appl. Physiol.* 52: 188-95, 1984.
44. Quengaesser A, Iben C, Leibetseder J: Blood changes during training and race in sled dogs. *J. Nutr.* 124: 2760S-2764S, 1994.
45. Reece WO: Serum activity for GOT and LDH and Hematologic values for treadmill exercised Beagles. *Am. J. Vet. Res.* 33: 357-9, 1972.
46. Scott-Moncrieff JC, Hawkins EC, Cook JR: Canine muscle disorders. *Comp. Cont. Ed. Pract. Vet.* 12: 31-9, 1990.
47. Gannon JR: Exertional rhabdomyolysis (myoglobinuria) in the racing greyhound. In: Kirk RW, Saunders WB (eds.): *Current Veterinary Therapy*, Edition VII, Philadelphia, 1980: 783-7.
48. Cairns JA, Missirlis E, Fallen EL: Myocardial infarction size from serial CPK: variability of CPK serum entry ratio with size and model of infarction. *Circulation* 58: 1143-53, 1978.
49. Clark GL, Robison AK, Gnepp DR & al: Effects of lymphatic transport of enzyme on plasma creatine kinase time-activity curves after myocardial infarction in dogs. *Circ. Res.* 43: 162-9, 1978.
50. DiBartola SP, Tasker JB: Elevated serum creatine phosphokinase: a study of 53 cases and a review of its diagnostic usefulness in clinical veterinary medicine. *J. Am. An. Hosp. Assoc.* 13: 744-53, 1977.
51. Shell WE, Kjekshus JK, Sobel BE: Quantitative assessment of the extent of myocardial infarction in the conscious dog by mean analysis of serial changes in serum creatine phosphokinase activity. *J. Clin. Invest.* 50: 2614-25, 1971.
52. Magazanik A, Shapiro Y, Meytes D & al: Enzyme blood levels and water balance during a marathon race. *J. Appl. Physiol.* 36: 214-7, 1974.
53. Nosaka K, Clarkson PM: Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27: 1263-9, 1995.
54. Schole J, Sallmann HP, Brass W & al: Experimentelle Untersuchungen zum Bindegewebstoffwechsel des Hundes bei unterschiedlichem Haltungs- und Fütterungsbedingungen, unter besonderer Berücksichtigung der Endokardiose. *Zbl. Vet. Med.* 29: 253-70, 1982.
55. Sneddon JC, Minnaar PP, Grosskopf JFW: Physiological and blood biochemical responses to submaximal treadmill exercise in Caneaan dogs before, during and after training. *J. South. Afr. Vet. Ass.* 60: 87-91, 1989.
56. Costill DL, Cote R, Fink W: Muscle water and electrolytes following varied levels of dehydration in man. *J. App. Physiol.* 40: 6-11, 1976.
57. Frizzell RT, Lang GH, Lowance DC & al: Hyponatremia and ultramarathon running. *J. Am. Med. Assoc.* 255: 772-4, 1986.
58. Haralambie G, Berg A: Veränderungen physiologischer und biochemischer Grosser nach Ausdauerbelastung bei Frauen mit und ohne Kalziumsubstitution. *Med. Welt.* 30: 1233-38, 1979.
59. Dyckner T, Wester PO: Ventricular extrasystoles and intracellular electrolytes in hypokalaemic patients before and after correction of the hypokalaemia. *Acta Medica Scandinavica*. 204: 375-379, 1978.
60. Pieschl RL, Toll PW, Leith DE & al: Acid-base changes in the running Greyhound: contributing variables. *J. Appl. Physiol.* 73: 2297-304, 1992.
61. Philip J: Le programme d'entraînement du chien de traîneau. *Rec. Med. Vet.* 167: 693-8, 1991.
62. Hartley LH, Mason JW, Hogan RP & al: Multiple hormonal responses to graded exercise in relation to physical training. *J. Appl. Physiol.* 33: 602-6, 1972.

CORRELAZIONE FRA ASPETTI FISIOLGICI DELLO SFORZO MUSCOLARE E METABOLISMO DEI PRINCIPI NUTRITIVI NEL CANE DURANTE COMPETIZIONI SPORTIVE DI VELOCITÀ

GIORGIA MEINER

Ricercatrice presso il Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia, Facoltà di Medicina Veterinaria di Torino

Riassunto

In questo lavoro sono descritte le esperienze svolte da numerosi gruppi di ricerca, indirizzate allo studio delle modificazioni dei parametri biochimici ed ematologici durante le gare di velocità dei cani sportivi.

Osservando attentamente i dati riportati possiamo notare una significativa correlazione fra la variazione del profilo ematico, lo stato fisiologico dell'animale (stato di idratazione) e l'utilizzo metabolico dei principi nutritivi forniti con la dieta. L'analisi dei parametri ematochimici durante le competizioni sportive si rivela quindi estremamente importante nel prevenire alcune patologie metaboliche, nel correggere eventuali errori nutrizionali e nell'adottare strategie dietetiche in grado di migliorare le performances dei soggetti che compiono gare di velocità.

Summary

The findings of some research groups about the modifications of some haematological and biochemical parameters during fast speed races in athlete dogs are reported in this paper.

The reported data show a significant connection among the variations of haematological parameters, the physiological state of the animal (in particular for hydration), and the metabolic pathways of the nutrients supplied by the diet.

The blood testing during competitions is then a very useful tool to prevent the occurrence of some effort related metabolic pathologies, to balance rations effectively and to study effective dietetic strategies that can led to an improvement of the performances of the athlete dogs competing in fast speed races.

INTRODUZIONE

Lo sviluppo delle competizioni sportive verificatosi negli ultimi anni ha incrementato l'interesse verso l'approfondimento delle conoscenze scientifiche al fine di migliorare le performances fisiche e le capacità di recupero dei cani atleti. Le più recenti ricerche sono indirizzate alla conoscenza delle modificazioni dei parametri biochimici ed ematologici dell'organismo durante i diversi tipi di sforzo muscolare. La valutazione e lo studio delle analisi ematologiche, unitamente alla verifica delle condizioni cliniche dei soggetti, permette di controllare le condizioni dei cani durante le prestazioni atletiche e di diagnosticare o prevenire eventuali affezioni e/o patologie ad esse connesse.

Le modificazioni fisiologiche che avvengono durante l'attività fisica riflettono l'adattamento dell'organismo all'incremento del metabolismo muscolare finalizzato a garantire un efficiente apporto di ossigeno e nutrienti ai muscoli che lavorano (Tab. 1).

Le prime e più eclatanti modificazioni connesse ad una prestazione sportiva di velocità sono le seguenti:

- **aumento del ritmo e della gittata cardiaca** (la frequenza cardiaca nei levrieri, durante la corsa, passa da 60 battiti/minuto, a riposo, a 310 a 340 battiti/minuto al culmine dell'attività fisica; il ritorno alla frequenza normale avviene in circa dieci minuti);
- **aumento del volume cardiaco**: in particolare si assiste all'ipertrofia ventricolare e all'aumento della forza di contrazione sistolica;
- **aumento del volume ematico**: la vasodilatazione a livello muscolare è caratterizzata dall'aumento del letto capillare ed è attuata da meccanismi di natura neuro-ormonale;

- **aumento delle funzioni del sistema respiratorio;**
- **aumento della temperatura corporea.**

Ad esse se ne accompagnano altre, meno conosciute e più complesse.

MODIFICAZIONE DEI PARAMETRI EMATOLOGICI E BIOCHIMICI AL TERMINE DELLE GARE DI VELOCITÀ

Al termine di attività anaerobiche (es. gare di sprint dei levrieri), in molti casi è riscontrabile una diminuzione del volume plasmatico con concomitante comparsa di emoconcentrazione. L'aumento della pressione del sangue durante l'esercizio breve e intenso determina infatti il passaggio di fluidi dallo spazio intravascolare al compartimento interstiziale. L'emoconcentrazione determina un aumento di alcuni parametri ematologici e biochimici.

Modificazione dei parametri ematologici: ematocrito, emoglobina, numero e volume cellule ematiche

Nei levrieri da corsa si registra un aumento (all'incirca del 15-20%) dell'ematocrito, del numero dei globuli rossi e dell'emoglobinemia. L'aumento di questi parametri ematologici è indice del grado di disidratazione dei soggetti¹.

In uno studio effettuato su cani, dopo una corsa di 722 metri si è registrata una variazione dell'ematocrito con passaggio da valori di 0,58 l/l ($\pm 0,03$) a riposo, a valori di 0,64 l/l ($\pm 0,03$). In media l'aumento dell'ematocrito persiste per circa 20 minuti dalla fine dell'esercizio, con ritorno a valori normali dopo 30 minuti di riposo².

Le modificazioni dei parametri ematologici menzionati possono essere dovute a diversi fenomeni:

- 1) contrazione splenica^{3,4,5,6};

- 2) diminuzione del volume plasmatico per stravasamento di liquidi verso il settore muscolare;
- 3) aumento delle perdite idriche principalmente tramite la polipnea⁷.

Le perdite idriche, se non sufficientemente compensate, possono determinare preoccupanti fenomeni di disidratazione.

La disidratazione infatti può costituire un serio pericolo per i cani sportivi, tale da compromettere l'omeostasi elettrolitica ed il bilancio acido-basico dell'organismo e determinare la comparsa di ipertermia. Ricordiamo a tale proposito che solo il 20-30% dell'energia prodotta dai muscoli produce lavoro, il rimanente è convertita in calore⁸. L'aumento dell'ematocrito può determinare un aumento della viscosità del sangue, quindi una diminuzione dell'apporto ematico nei capillari con comparsa di disturbi cardiocircolatori e di ischemie renali⁹. L'apporto idrico nei carnivori è assicurato dall'acqua di bevanda, dall'acqua contenuta negli alimenti, dal recupero di acqua derivante da reazioni metaboliche dell'organismo. Nei cani sportivi è indispensabile un incremento dell'approvvigionamento idrico che può avvenire attraverso l'aumento del contenuto di acqua del cibo o mediante la distribuzione di acqua di bevanda (almeno 3 volte al giorno o il più sovente possibile) che deve essere potabile e con una temperatura di 10-25° C.

Modificazione dei parametri biochimici

A) Glicemia

Nelle gare di sprint, immediatamente dopo l'esercizio muscolare, si assiste ad un aumento della glicemia indotto da meccanismi fisiologici neuroendocrini².

L'aumento dell'attività del sistema nervoso ortosimpatico, associato alla diminuzione della secrezione di insulina, determina infatti un aumento della glicogenolisi epatica avente come effetto la liberazione di glucosio nel sangue. Inizialmente la disponibilità del glucosio è maggiore del suo utilizzo da parte del tessuto muscolare e ciò determina un aumento transitorio della glicemia⁵.

In una prova sperimentale, i valori medi di glicemia, rilevati su levrieri che percorrevano distanze di 722 metri, sono passati da $6 \pm 1,1$ mmol/l prima della corsa a $9,5 \pm 2$ mmol/l subito dopo la corsa⁹. L'utilizzo dei carboidrati è importante nel cane sportivo che effettua esercizi intensi per un breve periodo di tempo (circa 30 secondi). Queste attività fisiche infatti attivano un metabolismo muscolare di tipo anaerobico, che presuppone il rapido utilizzo del glicogeno muscolare a fini energetici. È stato rilevato che levrieri che percorrono 800 metri in 48 secondi mobilitano dal 50 al 70% delle scorte di glicogeno presenti in alcuni gruppi di fibre muscolari. La percentuale di glicogeno utilizzato e la relativa energia prodotta dipendono dalla concentrazione di glicogeno presente nel muscolo che, a sua volta, è correlata al tipo di dieta adottata. Numerosi studi dimostrano l'influenza positiva della somministrazione di diete differenziate (isocaloriche ma contenenti diverse percentuali di grassi e carboidrati) sui tempi di corsa di levrieri allenati^{10,11}.

Tabella 1
Meccanismi messi in atto nella risposta cardiovascolare all'esercizio

	Contrazione dei muscoli scheletrici
	Ø
	Aumento della concentrazione ematica dei metaboliti
	Diminuzione della concentrazione ematica di ossigeno
	Ø
	Dilatazione delle arteriole muscolari
	Ø
	Aumento del flusso sanguigno nei muscoli
	Ø
COMANDO DEL SNC Æ Æ Æ Æ	Aumento attività ortosimpatica
	Diminuzione attività parasimpatica
	Ø
	Aumento frequenza cardiaca
	Aumento contrattilità cardiaca

Si ritiene quindi che la somministrazione dietetica di alti livelli di carboidrati (circa il 50-70% delle kcalorie totali della razione) possa aumentare le scorte di glicogeno muscolare potenziando le prestazioni dei cani da corsa.

B) Concentrazione di acido lattico ematico

La principale via metabolica utilizzata nelle gare di velocità (tipo sprint) è la glicolisi anaerobica. Il significativo incremento del metabolismo anaerobico dei carboidrati è dimostrato dall'aumento della concentrazione di acido lattico, prodotto a partire dal glicogeno muscolare e, in minor misura, dal glucosio ematico. L'acido lattico prodotto nelle cellule muscolari si diffonde in parte nel sangue, determinando un aumento della lattacidemia.

In media dopo gare tipo sprint si assiste ad un aumento da 5 a 20 volte della concentrazione di acido lattico ematico, con ritorno a valori di base in 30-60 minuti¹.

La concentrazione sierica di acido lattico può aumentare già poco prima della corsa per l'eccitazione dei soggetti che affrontano la competizione. L'adattamento dell'organismo al metabolismo anaerobico è evidenziato dal ripristino fisiologico dei valori normali di lattato e di pH ematici nelle ore che seguono la competizione. I valori normali sono infatti raggiunti entro 30-50 minuti dal termine dell'esercizio, per intervento di meccanismi regolatori (sistema tampone del mezzo extracellulare) e per processi fisiologici:

- ossidazione dell'acido lattico nel muscolo e produzione di anidride carbonica;
- conversione dell'acido lattico in glucosio e glicogeno nel fegato.

Sforzi intensi con potenza superiore a quella sostenibile dai sistemi ossidativi possono determinare un ipercatabolismo anaerobico del glicogeno muscolare. In questi casi la concentrazione di acido lattico ematico può superare le 14-30 mmol/l (valori normali 1-2 mol/l) ed il pH del sangue può scendere da valori normali di 7,2 a valori di 6,95¹².

C) Proteine totali

In genere, nel corso delle competizioni anaerobiche, si registra un aumento della protidemia per fuoriuscita dei fluidi dal settore intravascolare (emoconcentrazione). In media, subito dopo la competizione, si può rilevare un aumento del 20% della protidemia totale¹.

Una prova condotta su 16 levrieri che percorrevano distanze di 722 metri ha permesso di rilevare i seguenti parametri²:

- Protidemia prima della prova 61 ± 5 g/l;
- subito dopo la prova 73 ± 6 g/l;
- dopo 3 ore dal termine della prova 58 ± 4 g/l.

Come si può notare, a distanza di qualche ora dal termine della competizione, i valori della protidemia tendono a diminuire rispetto alle condizioni di partenza¹³. Le proteine perse durante l'esercizio possono essere compensate attraverso un'appropriata assunzione dietetica.

Le razioni dei cani che lavorano infatti devono contenere un minimo del 24% delle kcalorie globali, fornite da proteine.

D) Creatinina sierica

La creatinina è il prodotto finale del metabolismo del creatin fosfato nel muscolo scheletrico.

Aumenti della creatininemia sono osservati dopo sforzi molto intensi e sono legati a fenomeni di emoconcentrazione. L'ipercreatininemia è un indice biochimico di disidratazione che conduce ad una diminuzione della funzionalità renale (in particolare della filtrazione glomerulare) e della capacità renale di escrezione dei metaboliti.

Uno studio su levrieri durante corse di 400 metri ha rilevato l'instaurarsi di uno stato di ipercreatininemia, con un passaggio da valori di 100 µmol/l prima dell'inizio dell'esercizio a valori di 120 µmol/l immediatamente dopo la sua fine; i valori sono tornati normali entro un'ora dal termine della gara¹⁴.

E) Acidi grassi liberi plasmatici

Nei primi istanti della corsa si può registrare una diminuzione degli acidi grassi liberi plasmatici (AGPL) per aumento temporaneo del loro utilizzo metabolico da parte delle cellule muscolari.

La concentrazione di AGPL aumenta poi progressivamente perché la lipolisi è più rapida dell'utilizzo⁵. Uno studio condotto da Snow e collaboratori nel 1988 ha dimostrato un aumento della concentrazione di AGPL al termine di una gara di sprint con passaggio da 258 ± 226 mEq/l prima della prova a 722 ± 215 mEq/l in media dopo la corsa⁵. È stata osservata una correlazione inversa fra concentrazione di acido lattico plasmatico e concentrazione di AGPL¹⁵, l'aumento della lattacidemia sembra infatti limitare la presenza di AGPL¹⁵. In realtà, a differenza del lavoro muscolare di resistenza, l'esercizio fisico intenso (sprint) è quasi totalmente dipendente dall'utilizzo dei carboidrati e non presuppone un apporto dietetico elevato in grassi, ma fabbisogni lipidici simili a quelli di mantenimento.

F) Variazione dell'attività degli enzimi plasmatici di origine muscolare durante le prove anaerobiche

L'esercizio fisico anaerobico comporta un aumento della concentrazione plasmatica e dell'attività di enzimi presenti nelle cellule muscolari: creatinichinasi (CK), latticodeidrogenasi (LDH) aspartatoaminotrasferasi (AST).

Questi enzimi vengono liberati nello spazio interstiziale in seguito ad un aumento della permeabilità delle membrane cellulari, quindi raggiungono il torrente circolatorio.

L'alterazione transitoria delle membrane cellulari durante gli esercizi fisici troppo intensi può essere dovuta a^{16,17}:

- ipossia locale transitoria;
- aumento dell'ossidazione dei lipidi di membrana durante l'esercizio;
- aumento delle catecolamine e degli androgeni circolanti;
- modificazione del pH cellulare, della concentrazione degli elettroliti e dell'ATP disponibile per la cellula;
- accumulo di lattato nel muscolo.

Alcuni autori hanno ipotizzato di utilizzare la concentrazione ematica di questi enzimi (CK, AST, LDH) come

markers biochimici per stimare le capacità atletiche dei soggetti o l'adeguatezza dei programmi di allenamento. Vengono di seguito riportati i valori degli enzimi plasmatici rilevati nel corso di una prova sperimentale¹ (Tab. 2).

Il tempo di ritorno a valori di base (in media da 3 minuti ad alcune ore) dopo la fine della competizione dipende dalla distanza percorsa.

Aumenti dell'attività della cretinchinasi plasmatica (superiori a 200 U/l) e dell'aspartato amino transferasi (superiori a 48 U/l) che persistano per più giorni dopo la corsa, malgrado l'assenza di mioglobinuria o di dolori muscolari, possono essere sintomatici di una forma sub acuta di rhabdmiolisi in animali sottoposti troppo di frequente a competizioni^{4,9}.

Per evitare la comparsa di rhabdmiolisi è fondamentale un idoneo adattamento dell'organismo al metabolismo anaerobico^{18,19}. La deplezione di glicogeno muscolare gioca infatti un ruolo fondamentale nello sviluppo della fatica muscolare nei cani atleti che lavorano in condizioni di anaerobiosi. Le scorte di glicogeno muscolare infatti nel cane sono inferiori a quelle dell'uomo e vengono esaurite rapidamente²⁰. Le raccomandazioni dietetiche per cani che effettuano competizioni di velocità suggeriscono un apporto di carboidrati compreso fra il 50 - 70% delle kcal totali della razione, per massimizzare le scorte di glicogeno muscolare. I carboidrati somministrati devono essere altamente digeribili per limitare:

- la produzione di massa fecale (che costituisce una zavorra);
- la perdita di acqua attraverso le feci (che contribuisce alla disidratazione);
- la produzione di gas a livello del colon.

I cani atleti presentano frequentemente fenomeni di ipermotilità intestinale e sono quindi particolarmente predisposti allo sviluppo di diarrea da stress e/o all'emissione di feci sanguinolente.

G) Variazioni degli elettroliti plasmatici

Lo sforzo muscolare tipo sprint induce un aumento della concentrazione plasmatica degli elettroliti Na^+ , K^+ , Cl^- , dei fosfati e degli ioni Ca^{++} e Mg^{++} (Tab. 3)¹.

L'aumento dei parametri ionici ed elettrolitici dell'ematocrito e della creatinemia è indice di una condizione di ipovolemia dei soggetti.

CONCLUSIONI

La valutazione dei parametri ematologici e biochimici (lactacidemia, glicemia, ematocrito, emoglobinemina, ...) permette di prevenire eventuali affezioni e/o patologie dei cani sottoposti a sforzi muscolari di breve durata (sprint) e di adottare strategie nutrizionali che permettono di migliorare le prestazioni sportive. Attività ad intensità elevata dipendono soprattutto dal metabolismo del glucosio e del glicogeno, quindi presuppongono una alimentazione ad alto contenuto in carboidrati. Durante le gare di velocità si registra un aumento della glicemia ed un aumento dell'acidemia per accumulo di acido lattico (metabolita del glucosio) a livello muscolare. Un aumento esasperato della gli-

cemia e l'elevata produzione di acido lattico sono indice di un metabolismo anaerobico del glucosio troppo spinto che può determinare una sensazione di fatica muscolare tale da compromettere le prestazioni. L'elevata produzione di acido lattico può inoltre determinare la liberazione di enzimi muscolari (CK, LDH, AST) nel circolo sanguigno con comparsa di una miosite da sforzo, inoltre può indurre lo sviluppo di acidosi muscolare e, nei casi più gravi, di acidosi metabolica (Tab. 4). Mentre negli atleti umani la somministrazione di carboidrati poco prima della competizione risulta particolarmente vantaggiosa (overload di glucosio), nel cane questo è da evitare assolutamente. La somministrazione di un'elevata quantità di zuccheri semplici un'ora prima della competizione induce un picco ematico di insulina; quindi un brusco incremento della glicemia seguito da una sua rapida diminuzione in corrispondenza dell'inizio dell'attività fisica. Questo predispone alla comparsa di manifestazioni cliniche di ipoglicemia (debolezza, tremori, collasso). Occorre quindi somministrare dei carboidrati a lento assorbimento che, a differenza degli zuccheri semplici, non inducono un brusco aumento della glicemia e dei lattati ematici.

I carboidrati, presenti in notevole quantità nelle diete dei cani velocisti, devono essere somministrati almeno quattro ore prima della competizione ed entro poco tempo dal termine della corsa (per consentire il ripristino delle scorte di glicogeno muscolare). Nei cani che effettuano gare di sprint, sovente si riscontrano aumenti della concentrazione ematica dell'ematocrito, del volume delle cellule ematiche, della creatinina sierica, delle proteine plasmatiche, delle concentrazioni ioniche ed elettrolitiche plasmatiche (Tabb. 3, 5, 6). Queste variazioni sono indice di uno stato di disidratazione dei soggetti che può deter-

Tabella 2
Variazioni degli enzimi CK e AST e LDH registrati su 7 levrieri che percorrevano una distanza di 503 metri

U/l Enzima	A riposo	Subito dopo lo sforzo
CK	59,9 ± 11,6	229,3 ± 55,5
AST	46 ± 7,8	85,7 ± 9
LDH	32,9 ± 0,8	329,7 ± 85

Tabella 3
Variazione dell'omeostasi ionica-elettrolitica nel cane sportivo dopo gare di velocità

Na^+	Aumento del 10% (ritorno a valori di base in 2-3 ore)
K^+	Aumento significativo (ritorno a valori di base dopo 5 minuti)
Cl^-	Aumento non significativo o invariato
Fosfati	Aumenti (valori raddoppiati)
Ca^{++}	Aumento significativo (ritorno valori di base in 3 ore)
Mg^{++}	Aumento del 15% (ritorno dopo 5 ore a valori di base)

minare la comparsa di emoconcentrazione, compromettere l'omeostasi elettrolitica e sbilanciare l'equilibrio acido-basico dell'organismo.

Quando si riscontrano variazioni ematologiche correlabili ad un possibile rischio di comparsa di emoconcentrazione è indispensabile un incremento dell'approvvigionamento idrico che può avvenire attraverso l'aumento del

contenuto di acqua del cibo o mediante la distribuzione di acqua di bevanda. Il riscontro a livello ematico della presenza di enzimi di origine muscolare: creatinfosfochinasi (CK), aspartatoaminotrasferasi (AST), latticodeidrogenasi (LDH), causato da un aumento della permeabilità delle membrane delle cellule muscolari, è indice dell'instaurarsi di lesioni muscolari (Tab. 7). L'analisi dei parametri ema-

Tabella 4
Variazioni medie fisiologiche e patologiche della glicemia e dell'acido lattico ematico in seguito all'esercizio fisico¹

<i>Parametri ematologici</i>	<i>Parametri fisiologici rilevati prima della gara</i>	<i>Parametri fisiologici rilevati subito dopo la gara (picco ematico)</i>	<i>Valori soglia dello stato patologico</i>	<i>Tipo di patologia</i>	<i>Causa di patologia</i>
Glicemia (mmol/l)	6,0 ± 1,1	9,5 ± 2,0	Permanenza del picco ematico nelle ore che seguono l'esercizio	Ipoglicemia	Esaurimento scorte di glicogeno muscolare
Lattati ematici (mmol/l)	0,5 - 1,6 possibile incremento (2-4 mmol/l) prima della gara	Incremento del 13-25% picco ematico persistente per 3-4' Ritorno a valori base in 30'	Incremento > del 30% del valore massimo di base	Acidosi muscolare e metabolica rhabdmiolisi	Mancanza di allenamento Insufficiente metabolismo dell'acido lattico

Tabella 5
Variazioni medie fisiologiche e patologiche dell'ematokrito e dell'emoglobinemica in seguito all'esercizio fisico¹

<i>Parametri ematologici*</i>	<i>Parametri fisiologici rilevati prima della gara</i>	<i>Parametri fisiologici rilevati subito dopo la gara (picco ematico)</i>	<i>Valori soglia dello stato patologico</i>	<i>Tipo di patologia</i>	<i>Causa di patologia</i>
Ematokrito (Ht) (l/l)	0,5 - 0,7 possibile incremento del 25-30% prima della gara per stress e per contrazione della milza	Incremento del 15% Ritorno a valori base in 30'	Incremento del 50% dei valori base Permanenza del picco ematico nelle ore che seguono l'esercizio	Ipovolemia, disidratazione Collasso, infarto	Insufficiente apporto idrico Deficit allenamento
Emoglobinemica (Hb) (g/l)	172 - 240 possibile incremento del 15% prima della gara per stress e per contrazione della milza	Incremento del 15% Ritorno a valori base in 30'	Incremento del 30% dei valori base Permanenza del picco ematico nelle ore che seguono l'esercizio	Ipovolemia, disidratazione Ischemia renale Collasso, infarto	Insufficiente apporto idrico Deficit allenamento

* Nei levrieri a riposo i valori di riferimento sono superiori alla media riscontrata nei cani in generale. Ad esempio i valori dell'ematokrito nei cani sono di 0,37 - 0,55 (l/l); i valori medi dell'emoglobinemica nei cani sono di 120-180 (g/l).

Tabella 6
Variazioni medie fisiologiche e patologiche della proteinemia e della creatininemia in seguito all'esercizio fisico¹

<i>Parametri ematologici</i>	<i>Parametri fisiologici rilevati prima della gara</i>	<i>Parametri fisiologici rilevati subito dopo la gara (picco ematico)</i>	<i>Valori soglia dello stato patologico</i>	<i>Tipo di patologia</i>	<i>Causa di patologia</i>
Proteine ematiche (g/l)	61 ± 5	73 ± 6	Incremento > del 20% del valore massimo di base e permanenza nelle ore che seguono l'esercizio	Patologie correlate all'ipovolemia e alla disidratazione	Insufficiente apporto idrico
Creatininemia µmol/l	100	120	Incremento > di 4 volte il valore massimo di base e permanenza nelle ore che seguono l'esercizio	Patologie correlate all'ipovolemia e alla disidratazione	Insufficiente apporto idrico

Tabella 7
Variazioni medie fisiologiche e patologiche degli enzimi muscolari (CK, AST, LDH) in seguito all'esercizio fisico¹

Parametri ematologici	Parametri fisiologici rilevati prima della gara	Parametri fisiologici rilevati subito dopo la gara (picco ematico)	Valori soglia dello stato patologico	Tipo di patologia	Causa di patologia
CK (U/l)	60	300	Incremento > di 4 volte (fino a 20 volte) del valore massimo di base	Acidosi muscolare Rabdomiolisi	Lesioni muscolari Aumento della permeabilità membrane cellulari Aumento Lattati intracellulari
AST (U/l)	47	86	Incremento > di 2 volte (fino a 12 volte) del valore massimo di base	Acidosi muscolare Rabdomiolisi	Lesioni muscolari Aumento della permeabilità membrane cellulari Aumento Lattati intracellulari
LDH (U/l)	33	330	≠ > di 3 volte (fino a 80 volte) del valore massimo di base	Acidosi muscolare Rabdomiolisi	Lesioni muscolari Aumento della permeabilità membrane cellulari Aumento Lattati intracellulari

tochimici durante le competizioni sportive si rivela quindi estremamente importante nel prevenire alcune patologie metaboliche, nel correggere eventuali errori nutrizionali e nell'adottare strategie dietetiche in grado di migliorare le performances dei soggetti che compiono gare di velocità.

Parole chiave

Cani, sport, gare di velocità, parametri ematologici, nutrizione.

Key words

Dogs, sport, fast speed races, haematological parameters, nutrition.

Bibliografia

- Vaysses-Orcel K.: Contribution à l'étude des effets d'un effort musculaire sur la disposition des enzymes d'origine musculaire chez le chien. E. N. V. T. These de doctorat: 1-154, 2000.
- Ilkiw J.E., Davis P.E., Church D.B.: Hematologic, biochemical, blood-gas and acid base values in Greyhounds before and after exercise. Am. J. Vet. Res., 50: 583-586, 1989.
- Groom A.C., Song S. H.: Effects of norepinephrine on washout of red cells from the spleen. Am. J. Physiol., 221: 255-258, 1971.
- Lassen E.D., Craig A.M., Blythe L.L.: Effects of racing on hematologic and serum biochemical values in Greyhounds. J. Am. Vet. Med. Assoc., 188:1299-1303, 1986.
- Snow D.H., Harris R.C., Stuttard E.: Changes in haematology and plasma biochemistry during maximal exercise in Greyhounds. Vet. Rec., 123:487-489, 1988.
- Grandjean D., Mateo R., Lefol J.F. et al.: Controles alimentaires physiologiques, biochimiques et hematologiques chez le Greyhound de course en situation. Rec. Med. Vet., 159: 735-746, 1983.
- Pivarnik J.M. Water and electrolyte balance during rest and exercise. In: Wolinsky I, Hickson JE eds. Nutrition in Exercise and Sport, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press: 245-283, 1994.
- Kozłowski S, Brzezinska Z, Kruk B, et. al. Exercise hyperthermia as a factor limiting performance; Temperature effect on muscle metabolism. Journal of Applied Physiology. 59: 766-773, 1985.
- Hellemann M.: On blood parameters of sport dogs with special reference to nutrition, training and performance. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Helsinki, 1993.
- Toll PW, Pieschl RL, Hand MS.: The effect of dietary fat and carbohydrate on sprint performance in racing greyhound dogs. In: Proceedings. The Eight International Racing Greyhound Symposium, Orlando, FL: 1-3, 1992.
- Hill RC, Bloomberg MS, Legrand-Defretin V, et. al.: Energy, dietary fat and performance in greyhounds (abstract). Journal of Veterinary Internal Medicine. 10: 170, 1996.
- Hollman W.: Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. International Journal of Sports Medicine. 6: 109-116, 1985.
- Zackin MJ. Protein requirements for athletes. Sports Medicine Digest 1990; 12: 1-3.
- Rose R J., Bloomberg M.S.: Response to sprint exercise in the Greyhound: effects on heamatology, serum biochemistry and muscle metabolites. Res. In Vet. Sci., 47: 212-218, 1989.
- Issekutz B., Miller H.I., Paul P. et al.: Aerobic work capacity and the plasma FFA turnover. J. Appl. Physiol., 20:293-296, 1965.
- Kanter M.M., Lesmes G.R., Kaminsky L.A. et al.: Serum creatine Kinase and lactate dehydrogenase changes following an eighty kilometer race. Eur. J. Appl. Physiol., 57: 60-63, 1988.
- Harris K., Walker P.M., Mickle D.A.G et al.: Metabolic response of skeletal muscle to ischemia. Am. J. Physiol., 250: H213-H220, 1986.
- Bjotvedt G., Hendricks G.M, Weems C.W.: Exertional rhabdomyolysis in racing Greyhound. A Case report. Vet. Med.: Small Anim. Clin., 78: 1215-1220, 1983.
- Davis P.E., Paris R.: Azoturia in a Greyhound: clinical pathology aids to diagnosis. J. Small Anim. Pract., 15: 43-54, 1974.
- Bergstrom J, Hermansen L, Hultman E, et. al.: Diet muscle glycogen and physical performance. Acta Physiologica Scandinavica. 71: 140-150, 1967.