

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, vasoconstrizione, 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.

“Articolo ricevuto dal Comitato di Redazione il 18/9/2001 ed accettato per pubblicazione dopo revisione il 2/10/2001”.

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'emossiderina⁹.

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 sieroalbumine 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 kcalorie 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 aerobico 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

Valori di riferimento	Urea (mmol/l)		
	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	Cani che hanno finito la prova		Cani 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'ematokrito 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 rhabdomiolisi. La diminuzione dei valori ematici dell'ematokrito, 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 (rabdomiolisi).

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 sleddong 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

	<i>Mantenimento</i>	<i>Breve Esercizio</i>	<i>Esercizio prolungato</i>	<i>Endurance</i>
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 (%DM)	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 i (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 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. Querengaesser 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 Haltung- 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 Canaan 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.