



Università degli Studi di Cagliari

DOTTORATO DI RICERCA

BIOLOGIA E BIOCHIMICA DELL’UOMO E DELL’AMBIENTE

Ciclo XXVII

“La valutazione della risposta cardiometabolica durante l’attività di equitazione”

Settore scientifico disciplinare di afferenza

M-EDF/02 METODI E DIDATTICHE DELLE ATTIVITÀ SPORTIVE

Presentata da: DOTT. SALVATORE MELIS

Coordinatore Dottorato PROF. EMANUELE SANNA

Tutor/Relatore PROF. ALBERTO CONCU

Esame finale anno accademico 2013 – 2014

Indice

Introduzione:

1) Generalità sull'equitazione

2) Campi di applicazione

3) Scopo del lavoro

4) Materiale e metodi

41) Soggetti

42) Materiali

43) Procedura

44) Test cardiopolmonare da sforzo

5) Risultati

6) Discussione

7) Conclusioni

8) Bibliografia

Totale pagine n°41

INTRODUZIONE STORICA

Il termine equitazione indica l'utilizzo sportivo (agonistico o meno) del cavallo da parte dell'uomo.

L'equitazione presenta diverse discipline, alcune delle quali rientrano nel programma olimpico; può essere praticata sia singolarmente che in gare organizzate per squadra, in strutture coperte, in maneggi all'aperto, in ippodromi (è il caso dell'ippica) o in campagna a seconda della disciplina.

L'equitazione è una delle attività più antiche a cui si è dedicato l'uomo. Il primo manuale a noi pervenuto fu redatto dal mitanno Kikkuli, nell'anno 1.350 a.C.: *La cura e l'alimentazione del cavallo da carro*. Invece, il più antico e più noto manuale in cui è trattato anche il modo di montare a cavallo è *Sull'equitazione* di Senofonte.

Nella storia greca e romana chi sapeva equitare acquistava un "valore aggiunto" nelle società. Da allora in poi il titolo di cavaliere divenne espressione di nobiltà, ma anche, per contro, nei secoli successivi, i nobili furono costretti ad imparare l'arte di equitare" per partecipare alla vita politica e militare.

L'approfondimento tecnico dell'arte di montare a cavallo fu ovviamente sempre appannaggio della cavalleria e per questo motivo chi ha scritto libri di tecnica equestre (Grisone, Fiaschi, Pignatelli, Mazzuchelli, Caprilli, ecc.) è spesso collegato all'ambiente militare. Non vi è altra attività dell'uomo in cui, nel corso dei secoli, siano stati scritti tanti testi di approfondimento. Ma il rapporto che si stabilì nei secoli tra uomo e cavallo, si modificò gradualmente nell'ultimo periodo storico, da quando cioè il motore a scoppio trasformò il modo di viaggiare e il modo di fare la guerra. Dal novecento in poi l'equitazione perse la propria importanza utilitaristica e si trasformò in attività solamente ludico-sportiva. Nell'Italia della prima metà del

Novecento, si segnalò l'opera del conte Paolo Orsi Mangelli, con la sua celeberrima scuderia.

GENERALITA' SULL' EQUITAZIONE

E' falsa la convinzione che il cavaliere non svolge un significativo lavoro fisico. Si è constatato che il cavaliere passando da uno stato di quiete al galoppo aumenta la sua Frequenza cardiaca fino a triplicarla. Inoltre, la percentuale di lattato e CO₂ presente nel sangue, aumenta notevolmente durante l'andatura al galoppo. (1)

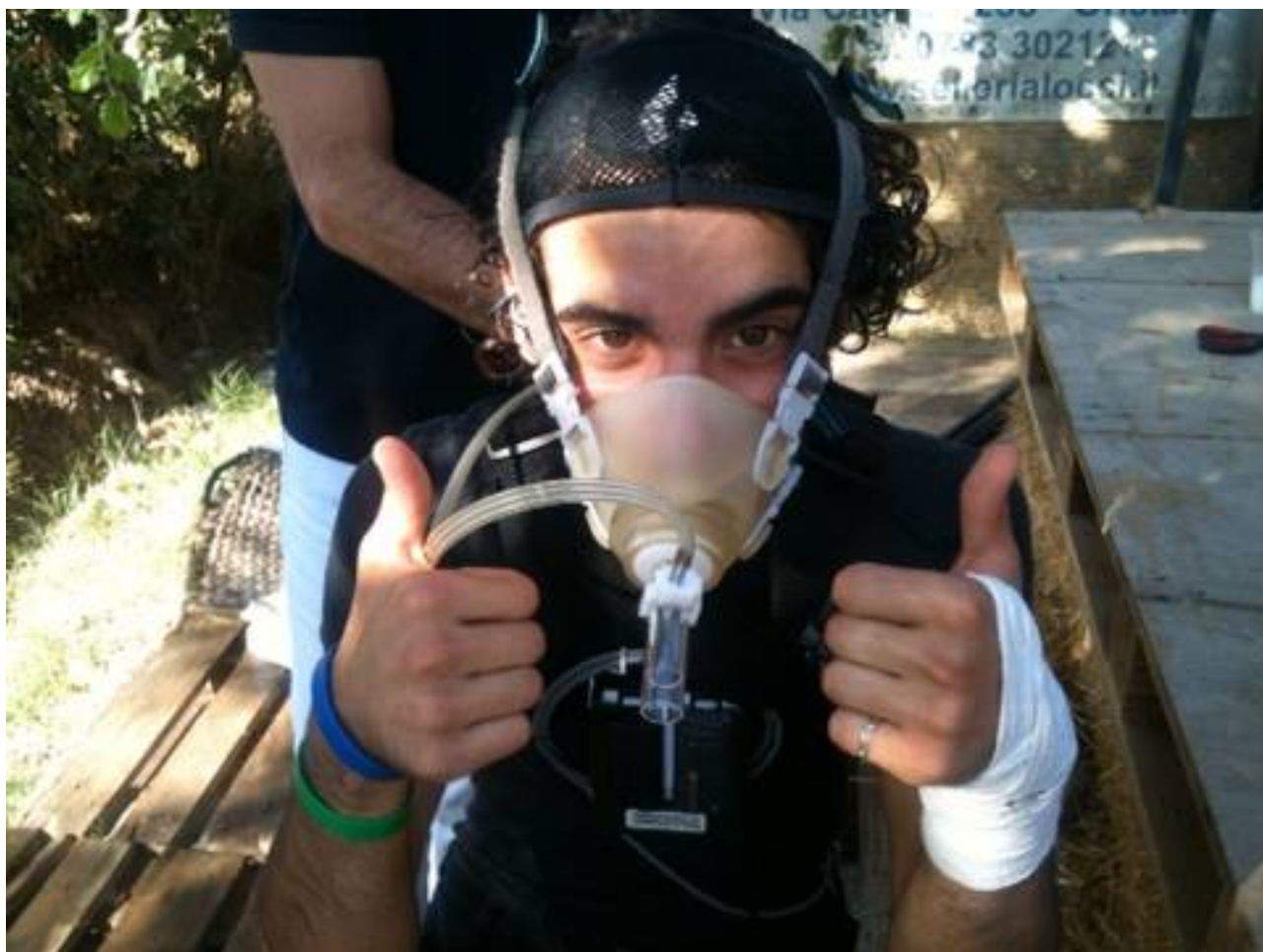
Questi aggiustamenti cardio-metabolici sono sicuramente in relazione al notevole coinvolgimento delle capacità condizionali del cavaliere, sia in termini qualitativi che quantitativi, quali: forza, resistenza, velocità, mobilità articolare, nonché alle capacità coordinative intese come l'insieme delle capacità utilizzate per apprendere, controllare e organizzare (adattare e trasformare) un movimento. Queste costituiscono la base per l'apprendimento ed il miglioramento delle capacità tecniche, con specificità relativa ad una particolare sequenza di gesti motori (nel caso quelle speciali dell'equitazione) e, ovviamente, sono in stretta interazione con le capacità condizionali e variano in continuazione.

Da ciò si può dedurre che per ottenere dei risultati con valenza competitiva (sportivi) ma anche riabilitativi è indispensabile allenarsi con criteri scientifici.

CLASIFICAZIONE DEGLI SPORT EQUESTRI

Gli sport equestri e le attività motorie equestri si dividono in quattro categorie:

- 1) Discipline olimpiche e paraolimpiche
- 2) Discipline non olimpiche
- 3) Attività riabilitative
- 4) Altre attività



Per queste ragioni l'attività equestre sempre più sta attirando l'attenzione dei ricercatori che sono interessati allo studio degli adattamenti cardiometabolici e al dispendio energetico durante l'allenamento, e durante le competizioni agonistiche, con l'obiettivo di migliorare le performance sportive degli atleti.

BREVI CENNI SULLE TECNICHE DI BASE DELL'EQUITAZIONE

Nell'equitazione la postura e l'efficacia tecnica del cavaliere sono strettamente legate fra loro. La posizione sulla sella del cavaliere professionista è influenzata da:

- a) la capacità di mantenere un buon equilibrio,
- b) l'armonia con il cavallo,
- c) la correttezza del profilo in fase di salto o galoppo,
- d) il mantenimento della sicurezza in sella.

Più riuscirà il cavaliere a sviluppare queste coordinate, maggiore sarà il rendimento durante la competizione.

Infatti, se il cavaliere mantiene un assetto posturale costante agevola i movimenti del cavallo poiché un carico stabile, sul piano della posizione del centro di pressione (2) del suo corpo sul dorso del cavallo, risulterà meno impegnativo da equilibrare da parte dell'animale.

E' ben noto che il cavallo percepisce i cambiamenti di peso del cavaliere causati dalla perdita di equilibrio e da questi viene influenzato. La priorità del cavaliere deve essere proprio quella di aggiustare in modo dinamico le posizioni del centro di pressione del proprio peso sulla sella per non disturbare l'animale. Con il peso staticamente centrato sulla sella, il cavaliere non riesce ad essere in armonia con i movimenti del cavallo e questo non può saltare o galoppare con efficacia.

In particolare in fase di salto dell'ostacolo il baricentro umano e quello equino devono essere sulla stessa verticale.

L'equitazione pone anche problemi di sicurezza sia per il cavaliere che per il cavallo (3). La sicurezza dipende in gran parte dalla preparazione atletica del cavaliere.

Per montare corto, ad esempio, i muscoli delle gambe e della schiena devono essere particolarmente forti.

La stanchezza compromette il controllo neuromuscolare del cavaliere, e quindi la sicurezza.

Una volta apprese le basi (come salire e scendere da cavallo, la partenza, l'arresto e la guida), si passerà ad apprendere le diverse andature al passo, al

trotto e al galoppo e in breve si riuscirà anche a saltare e ad apprendere ed eseguire le tecniche specifiche di ogni disciplina equestre.



L' IMPORTANZA DELLA DESTREZZA NEGLI SPORT EQUESTRI

Vengono definite di destrezza quelle attività che implicano la prevalente sollecitazione degli apparati sensoriali e che richiedono atti motori estremamente precisi.

La destrezza può essere definita come la capacità di compiere determinati movimenti nel modo preciso, rapido e armonico.

Nell'equitazione, la dote principale per eccellenza è l'efficienza psico-neuro sensoriale. (3a)

Si possono distinguere due differenti tipi di impegno muscolare:

1) Il primo è costituito dalla necessità di dover agire sugli organi di comando dell'animale-cavallo (redini, pressione con il piede e con le ginocchia). L'impiego della forza muscolare richiesta in queste operazioni è, per lo più, relativamente modesto, anche se occorre particolare precisione nell'esecuzione motoria.

2) Il secondo tipo di impegno, è quello che l'atleta deve mettere in atto per mantenere la propria postura sul cavallo. I sobbalzi e le sollecitazioni in senso testa-piede, o petto-schiena oppure laterali, impongono infatti, un lavoro muscolare di tipo isometrico con contrazioni di varia intensità che interessano di volta in volta, differenti distretti della muscolatura corporea.

AMBITI DI APPLICAZIONE DELL'EQUITAZIONE

Gli ambiti di applicazione di questa disciplina motoria riguardano:

- a) attività di tipo sportivo/agonistico,
- b) attività di tipo ricreativo,
- c) Attività di tipo terapeutico/riabilitativo.

A proposito degli ambiti di applicazione di tipo terapeutico/riabilitativo dell'equitazione, è stato rilevato come l'ippoterapia sia in grado di migliorare il controllo posturale di testa e tronco (e più in generale l'equilibrio nel suo

complesso), diminuendo nel contempo la rigidità muscolare attraverso lo stimolo della regione pelvica, della colonna vertebrale e delle anche a seguito del movimento sussultorio del cavallo. (3b)

Da almeno un decennio, gli studiosi del settore sono stati impegnati nella valutazione dell'efficacia del trattamento ippoterapico (4) in alcune patologie neurologiche (paralisi cerebrale, lesioni spinali, lesioni vascolari cerebrali, traumi cranici, ecc.) soprattutto in termini di rieducazione ad attività motorie di base quali sedersi, camminare, stare eretti, ecc.

Risulta particolarmente interessante da investigare a fondo l'efficacia di questa tecnica quale coadiuvante nel trattamento dei disturbi dell'equilibrio causati dalla sclerosi multipla (5, 6). Gli studi sono abbastanza concordi, pur se con qualche differenza, nell'attribuire all'ippoterapia un ruolo statisticamente significativo nel miglioramento dell'equilibrio, nei pazienti affetti da questa patologia.



SCOPO DELLA RICERCA

Lo scopo di questa ricerca è stato quello di valutare la risposta cardiometabolica durante l'attività di equitazione e come questa possa condizionare la prestazione sportiva del cavaliere durante la sua performance.

Va tenuto presente che questi fattori, che verranno analizzati su base sperimentale, sono una parte dei fattori che intervengono nella gara sportiva in maniera quantitativamente diversa. Infatti, non meno importanti risultano essere i fattori di tipo antropometrico (genere, età, statura, peso del cavaliere), comportamentale (attitudine, motivazione, tratto di personalità del cavaliere) e dipendenti da condizioni esterne al binomio cavaliere cavallo quali: temperatura e umidità ambiente, altitudine e visibilità).

L'intervento di questi diversi fattori e il ruolo da essi svolto, condizioneranno il buon risultato dell'atleta durante la gara sportiva, e cioè, maggiore sarà la loro sinergia, maggiore sarà la potenza espressa.

Tuttavia, non vi è dubbio che le potenzialità cardiometaboliche del cavaliere ne condizionino significativamente anche le capacità coordinative con particolare riferimento alla capacità di espressione di forza e di potenza meccanica da parte dei gruppi muscolari interessati, alla quale, in fine, è massimamente legata la performance di gara.

Quindi, la prestazione dell'atleta sarà migliore se egli riuscirà ad aumentare la sua potenza meccanica (la potenza della macchina umana!).

Tuttavia, come per tutti gli altri sport, anche per l'equitazione alla fine ciò che farà il risultato di gara dipenderà dal costo energetico della stessa.

Il costo energetico di una performance fisica è dato dal rapporto tra l'energia spesa per compere un determinato lavoro e l'energia prodotta durante lo stesso lavoro.

Il costo energetico rappresenta quindi l'elemento che condiziona la prestazione in modo più o meno negativo, nel senso che tanto maggiore è il suo valore, tanto peggiore sarà il risultato.

Semplificando, si può dire che il costo energetico è, infatti, l'espressione di tutti quei fattori che si oppongono alla prestazione, condizionandone il rendimento (percentuale dell'energia sviluppata che viene realmente utilizzata per la produzione di un lavoro meccanico) sia della macchina umana che del mezzo di trasporto, (cavallo).

Questi fattori, oltre che da quelli ambientali, sono essenzialmente rappresentati:

- A. Dalle capacità coordinative che si esprimono nell'acquisizione di una perfetta tecnica nell'esecuzione del gesto specifico,
- B. Dall'utilizzazione del mezzo di gara più vantaggioso (qualità del cavallo).

Da quanto esposto, si evince che il miglioramento della prestazione si può ottenere sia con un aumento di potenza, sia con una riduzione del costo energetico.

La massima performance del cavaliere dipende dal rapporto tra la massima potenza erogabile e il minimo costo energetico ottenibile.

Sarà quindi, molto importante la valutazione dei diversi fattori predisponenti alla buona performance della gara sportiva.

Comunque, il ruolo e l'importanza che una corretta programmazione dell'allenamento ha nello sviluppo delle capacità funzionali, rimane immutato.

Il livellamento delle prestazioni, infatti, ha determinato un miglioramento e una trasformazione delle tecniche di allenamento che, in generale, hanno riguardato il volume di esercizio fisico (V_{ex}) erogato dal cavaliere, inteso come prodotto dei seguenti tre fattori condizionanti:

- a) Energia meccanica sviluppata,
- b) Durata del gesto/i motorio/i attuato/i.
- c) Frequenza dei gesti motori ripetuti in una data seduta di training.

Poiché nel sistema di misura internazionale (SI) l'energia si misura in Joules (J), la durata si misura in minuti secondi (s), la frequenza si misura in numero di cicli per ogni secondo ($1/s$); si avrà (7):

$$[V_{ex} = J \times s \times 1/s = J]$$

ovvero il volume di esercizio fisico prodotto ha la dimensione di una forza (N) applicata ad un corpo al quale fa compiere uno spostamento (m):

$$[N \times m = J].$$

A ciò si aggiunga il costante tentativo, da parte degli allenatori, di ottimizzare ulteriormente l'allenamento, attraverso l'individuazione del carico, adeguando questo alle caratteristiche funzionali dell'atleta (in particolare per ciò che concerne la capacità di risposta di quest'ultimo sia in termini di recupero che di adattamento organico).

Pertanto, l'allenamento rappresenta il fattore fondamentale per ottenere elevate prestazioni.

Questa esasperata ricerca dei limiti prestazionali, ha evidenziato la pressante esigenza di chiarire, con ridotti margini di errore, i presupposti basilari dell'allenamento e cioè "cosa" allenare e come allenare (in altri termini il modello funzionale della prestazione verso cui orientarsi nella scelta dei metodi e mezzi di allenamento), nonché le risposte che derivano dal loro uso, per ottenere l'obiettivo prefissato, cioè lo sviluppo delle capacità funzionali per la disciplina scelta).

Tuttavia pochi studi hanno descritto la risposta cardio-metabolica durante la guida del cavallo. Westerling (8) ha osservato che il VO_2 varia in base alle diverse andature equine purché queste siano comprese tra il 40% e il 80% della massima potenza aerobica del cavaliere. Questo autore ha inoltre osservato che la domanda di energia su base aerobica nel corso della prova di guida era alta e corrispondeva al consumo di ossigeno richiesto con un carico di 120 W durante un test incrementale al cicloergometro.

Un altro studio condotto da Devienne and Guezennec (9) mostra che il dispendio energetico medio del cavaliere durante la guida si colloca tra il 25% e il 70% del VO_2max .

Da quanto sopra esposto si deduce che le diverse andature tipiche dell'equitazione richiedono al cavaliere una spesa energetica su base ossidativa via via crescente a seconda della potenza meccanica espressa da cavallo, e questo verosimilmente perché è necessario, dal parte del cavaliere, un progressivo incremento della spesa d'energia finalizzata a intensificare il lavoro dei muscoli interessati per il mantenimento della posizione efficace del centro di pressione in risposta al gesto tecnico richiesto.

E' quindi verosimile che durante la performance di gara il cavaliere recluti, per le sue esigenze di ATP, non solo sorgenti di tipo aerobico ma anche sorgenti di tipo anaerobico lattacido.

Gli obiettivi dell'indagine che è stata oggetto di questa tesi, ovvero *la valutazione funzionale del cavaliere effettuata sul campo e in laboratorio*, risultano essere uno dei presupposti fondamentali per l'ottimizzazione delle prestazioni sportive, in quanto mirano a chiarire le relazioni tra il livello di potenza meccanica erogata dal cavaliere e l'entità del rispettivo reclutamento di fonti aerobiche e anaerobiche per sostenerla.

MATERIALI E METODI

Soggetti Coinvolti

Diciannove atleti-cavalieri di età compresa tra i diciassette e i quarantadue anni (praticanti prevalentemente attività sportivo-agonistica), dopo aver dato il proprio consenso informato, sono stati coinvolti nella sperimentazione e si sono sottoposti a due test differenti: uno in laboratorio e l'altro sul campo di equitazione.

Table 1. Anthropometric data of riders enrolled in the study population.

Riders	Age	Weight	Height	BMI
<i>1</i>	38	49	163	18.44
<i>2</i>	41	51	163	19.19
<i>3</i>	17	63	180	19.44
<i>4</i>	18	50	157	20.28
<i>5</i>	70	72	168	25.51
<i>6</i>	17	53	162	20.19
<i>7</i>	17	60	183	17.91
<i>8</i>	16	45	151	19.73
<i>9</i>	42	59	168	20.90
<i>10</i>	30	45	158	18.02
<i>11</i>	34	7443	168	15.23
<i>12</i>	37	8469	158	24.74
<i>13</i>	34	6074	168	24.44
<i>14</i>	37	6584	167	29.06
<i>15</i>	17	4860	174	21.77
<i>16</i>	31	7465	170	21.22
<i>17</i>	31	6248	160	18.75
<i>18</i>	26	74	174	24.44
<i>19</i>	25	62	160	24.21
Mean ± SD	30.42 ± 13.15	59.26 ± 11.68	166.68 ± 8.13	21.24 ± 2.37



PROTOCOLLO SPERIMENTALE

Test da sforzo cardio-polmonare

Il test da sforzo cardio-polmonare (CPET) oggi è il test più affidabile al fine di fornire i dati cardiometabolici e la funzionalità ventilatoria durante l'esercizio fisico.

I dati derivano dalle analisi di:

- VO_2 : consumo di ossigeno (ml / min);
- VCO_2 : produzione anidride carbonica (ml / min);
- VE: ventilazione polmonare (L / min);
- HR: frequenza cardiaca (bpm);

Questo test è diventato fondamentale per ottenere ottime prestazioni sportive e per la comprensione delle capacità fisiologiche di base.

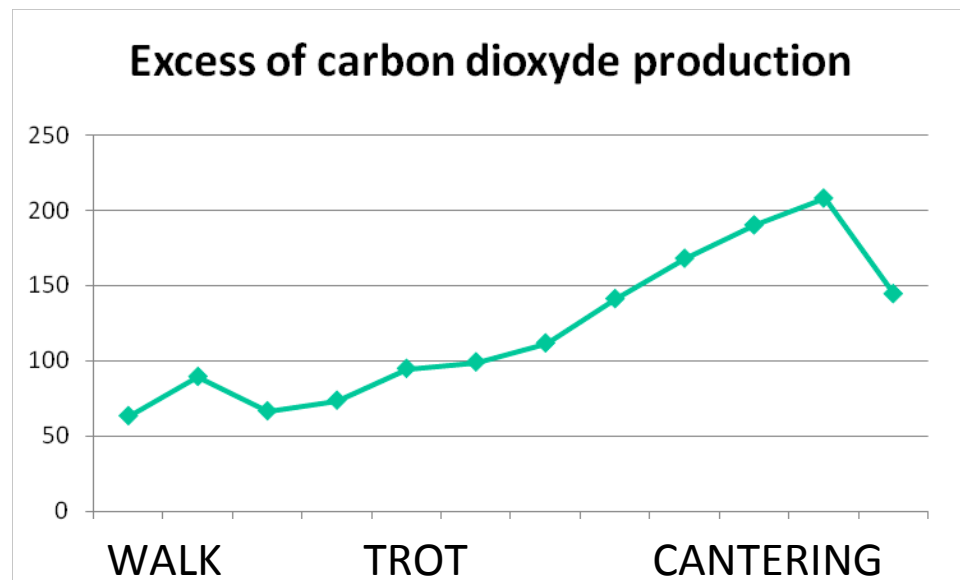
Dai valori dei gas respiratori, misurati durante il CPET, si ottiene anche un utile indice della capacità anaerobica-lattacida dell'atleta.

Per ottenere un indice di utilizzo del metabolismo anaerobico si misura l'eccesso di produzione di anidride carbonica (CO_2 in eccesso) tramite la seguente equazione:

Eccesso di $\text{CO}_2 = \text{VCO}_2 - (\text{RER riposo} \cdot \text{VO}_2)$, dove RER sta per respiratory ratio ottenuto come rapporto VCO_2/CO_2 :

$$[\text{CO}_2 \text{ excess} = \text{VCO}_2 - (\text{RER}_{\text{rest}} \cdot \text{VO}_2)]$$

Il grafico della figura sotto mostra l'andamento dell'eccesso di CO₂ in funzione delle diverse condizioni di moto del cavallo nell'equitazione (dati di laboratorio).



Esperimenti precedenti hanno dimostrato che il CO₂ excess correla bene con il tasso di accumulo di lattato nel sangue (10, 11). Inoltre, questo parametro permette la misurazione continua del reclutamento del metabolismo lattacido durante l'esercizio, senza la necessità di fermarsi per poter effettuare i prelievi ematici necessari per tale valutazione (12).

Strumentazione



Metabolimetro da laboratorio (CPX, Medgraphics, USA) per la misura respiro per respiro di: VO_2 , VCO_2 , V_e .



Metabolimetro portatile e indossabile (VO2000, CPX, Medgraphics, USA) per la misura respiro per respiro di: VO_2 , VCO_2 , V_e e della frequenza cardiaca (HR).

Sessione sperimentale condotta in laboratorio

Ciascun atleta reclutato eseguiva un test da sforzo cardiopolmonare al cicloergometro (CS), con carico incrementale fino ad esaurimento (13).

Durante il test venivano rilevati i valori respiro per respiro di:

VO_2 ,

VCO_2 ,

VE,

HR,

tramite l'uso del metabolimetro CPX, Medgraphics, USA.



Sessione sperimentale condotta sul campo

A distanza di una settimana dal test di laboratorio, ciascun atleta reclutato eseguiva un test di guida del cavallo (RS) con il seguente protocollo:

- 1) Esecuzione del test di controllo consistente in 3 minuti di riposo, per raccogliere dati di base,
- 2) Esecuzione di 5 minuti di cammino,
- 3) Esecuzione di 10 minuti di trotto,
- 4) Esecuzione di 5 minuti di galoppo.

Durante il test RS venivano acquisiti i valori di:

VO_2 ,

VCO_2 ,

VE ,

HR,

tramite il metabolimetro indossabile VO2000 - Medgraphics 2000, che li inviava via radiofrequenza all'unità fissa (14).



Elaborazione dei dati

Per ciascuna fase sperimentale, all'interno delle due sessioni di test eseguite, veniva calcolato il valore medio \pm l'errore standard (ES) di ciascuna variabile considerata in ciascun soggetto esaminato.

I valori medi venivano quindi comparati tra loro tramite il test statistico dell'analisi della varianza (ANOVA) e le differenze venivano considerate statisticamente significative per $P < 0,05$.

Table 2. Values (mean \pm SD) of each parameter: oxygen uptake (VO_2), carbon dioxide production (VCO_2), respiratory exchange ratio (RER), pulmonary ventilation (VE), heart rate (HR), oxygen pulse (OP) and carbon dioxide excess (CO_2 excess) reached during the CPT on cycloergometer, at the baseline level (REST), at the anaerobic threshold (AT) and at the peak of exercise (PEAK).

<i>Parameters</i>	<i>REST</i>	<i>AT</i>	<i>PEAK</i>
VO_2/Kg ($ml \cdot kg \cdot min^{-1}$)	5.04 ± 0.91	27.98 ± 5.32	34.73 ± 7.09
VO_2 ($ml \cdot min^{-1}$)	300.63 ± 67.48	1670.28 ± 388.40	2074.74 ± 522.64
VCO_2 ($ml \cdot min^{-1}$)	285.27 ± 65.32	1952.86 ± 382.75	2719.41 ± 668.89
RER	0.95 ± 0.10	1.18 ± 0.13	1.32 ± 0.15
VE ($L \cdot min^{-1}$)	8.69 ± 2.05	45.19 ± 9.79	70.44 ± 20.20
HR (bpm)	83.88 ± 16.06	159.23 ± 18.51	169.11 ± 19.10
OP ($ml \cdot bpm^{-1}$)	3.64 ± 1.08	10.07 ± 2.4	12.06 ± 2.73
CO_2 excess ($ml \cdot min^{-1}$)	N.D.	499.52 ± 149.47	955.88 ± 330.72

Table 2. Values (mean \pm SD) of each parameter: oxygen uptake (VO_2), carbon dioxide production (VCO_2), respiratory exchange ratio (RER), pulmonary ventilation (VE), heart rate (HR), oxygen pulse (OP) and carbon dioxide excess (CO_2 excess) reached during the riding session, at the baseline level (REST), during walk, during trot and during cantering.

<i>Parameters</i>	<i>REST</i>	<i>WALK</i>	<i>TROT</i>	<i>CANTER</i>
VO_2/Kg ($ml \cdot kg \cdot min^{-1}$)	4.96 \pm 1.10	9.50 \pm 2.53	17.59 \pm 3.98	22.78 \pm 4.89
VO_2 ($ml \cdot min^{-1}$)	290.95 \pm 77.62	550.13 \pm 145.56	982.57 \pm 224.47	1322.15 \pm 329.46
VCO_2 ($ml \cdot min^{-1}$)	282.21 \pm 85.13	511.68 \pm 139.74	990.22 \pm 227.93	1345.88 \pm 269.97
RER	0.96 \pm 0.10	0.94 \pm 0.07	0.96 \pm 0.09	1.03 \pm 0.11
VE ($L \cdot min^{-1}$)	9.87 \pm 2.27	16.19 \pm 3.83	27.75 \pm 6.83	40.40 \pm 9.74
HR (bpm)	85.59 \pm 10.46	106.78 \pm 15.64	129.51 \pm 20.70	158.35 \pm 22.38
OP ($ml \cdot bpm^{-1}$)	3.54 \pm 1.29	4.85 \pm 1.39	7.36 \pm 1.33	7.88 \pm 1.68
CO_2 excess ($ml \cdot min^{-1}$)	N.D.	47.97 \pm 39.08	113.57 \pm 102.11	215.89 \pm 119.72



RISULTATI SPERIMENTALI

Nella figura N° 1 le colonne verticali rappresentano i valori medi \pm ES del consumo di ossigeno (VO_2 sull'asse delle ordinate) durante le varie fasi in cui si articolava il test di equitazione sul campo, mentre la linea orizzontale punteggiata in rosso rappresenta il valore medio del massimo consumo di ossigeno (VO_2 -max) raggiunto dagli atleti durante il test da sforzo incrementale al cicloergometro, attuato in laboratorio. La linea orizzontale punteggiata in nero rappresenta invece il valore del consumo di ossigeno corrispondente alla soglia anaerobica (VO_2 -AT) ottenuto durante il test incrementale.

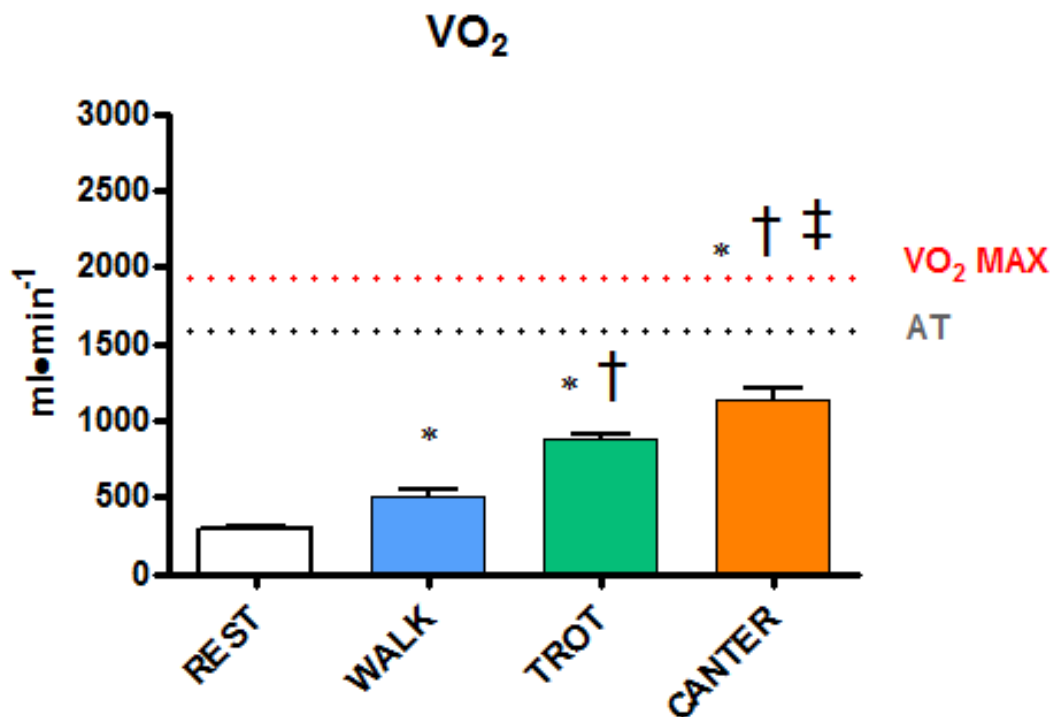


Figura N° 1

(*) $P < 0,05$ rispetto a Rest; (†) $P < 0,05$ rispetto a Walk; (‡) $P < 0,05$ rispetto a Trot.

Nella figura N° 2 le colonne verticali rappresentano i valori medi \pm ES della produzione di anidride carbonica (VCO_2 sull'asse delle ordinate) durante le varie fasi in cui si articolava il test di equitazione sul campo, mentre la linea orizzontale punteggiata in rosso rappresenta il valore medio della massima produzione di anidride carbonica (VCO_2 -max) raggiunto dagli atleti durante il test da sforzo incrementale al cicloergometro, attuato in laboratorio. La linea orizzontale punteggiata in nero rappresenta invece il valore della produzione di anidride carbonica corrispondente alla soglia anaerobica (VCO_2 -AT) ottenuto durante il test incrementale.

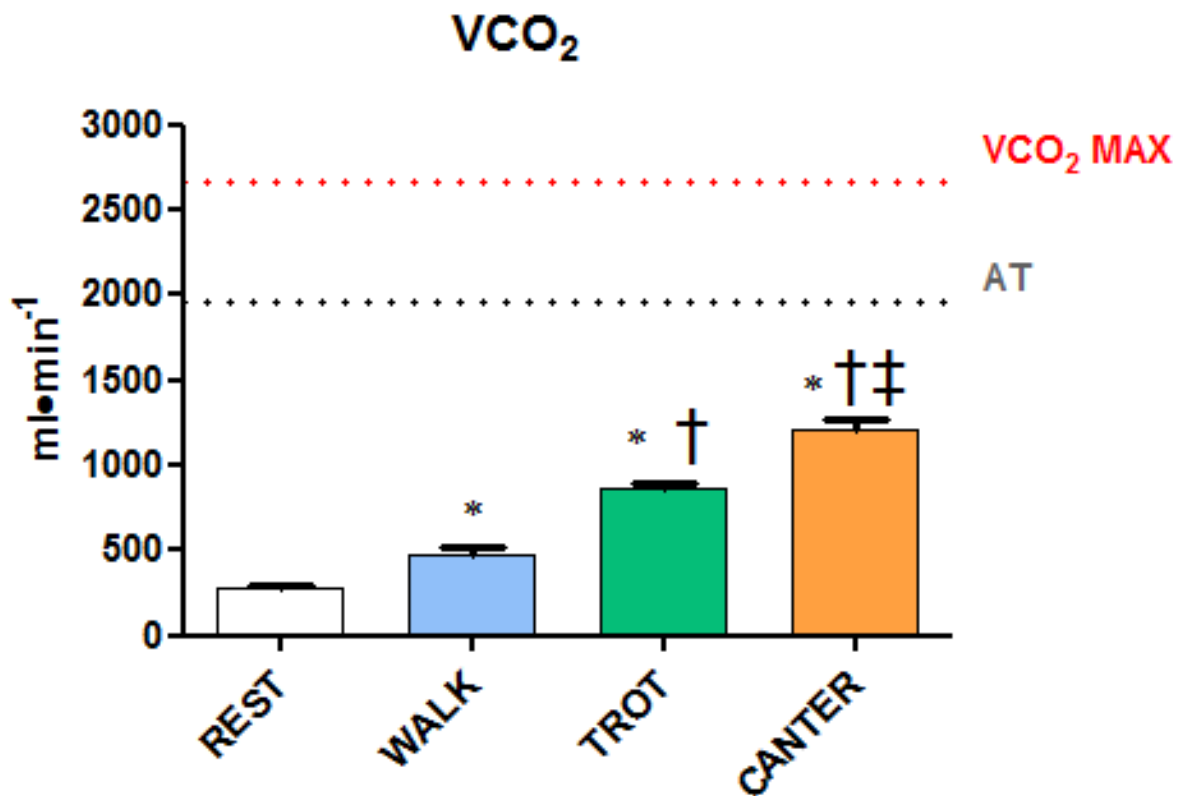


Figura N° 2

(*) $P < 0,05$ rispetto a Rest; (†) $P < 0,05$ rispetto a Walk; (‡) $P < 0,05$ rispetto a Trot.

Nella figura N° 3 le colonne verticali rappresentano i valori medi \pm ES dell'eccesso di CO₂ (VCO₂excess, sull'asse delle ordinate) successivamente all'attuazione delle fasi di Walk, Trotto e Canter in cui si articolava il test di equitazione sul campo.

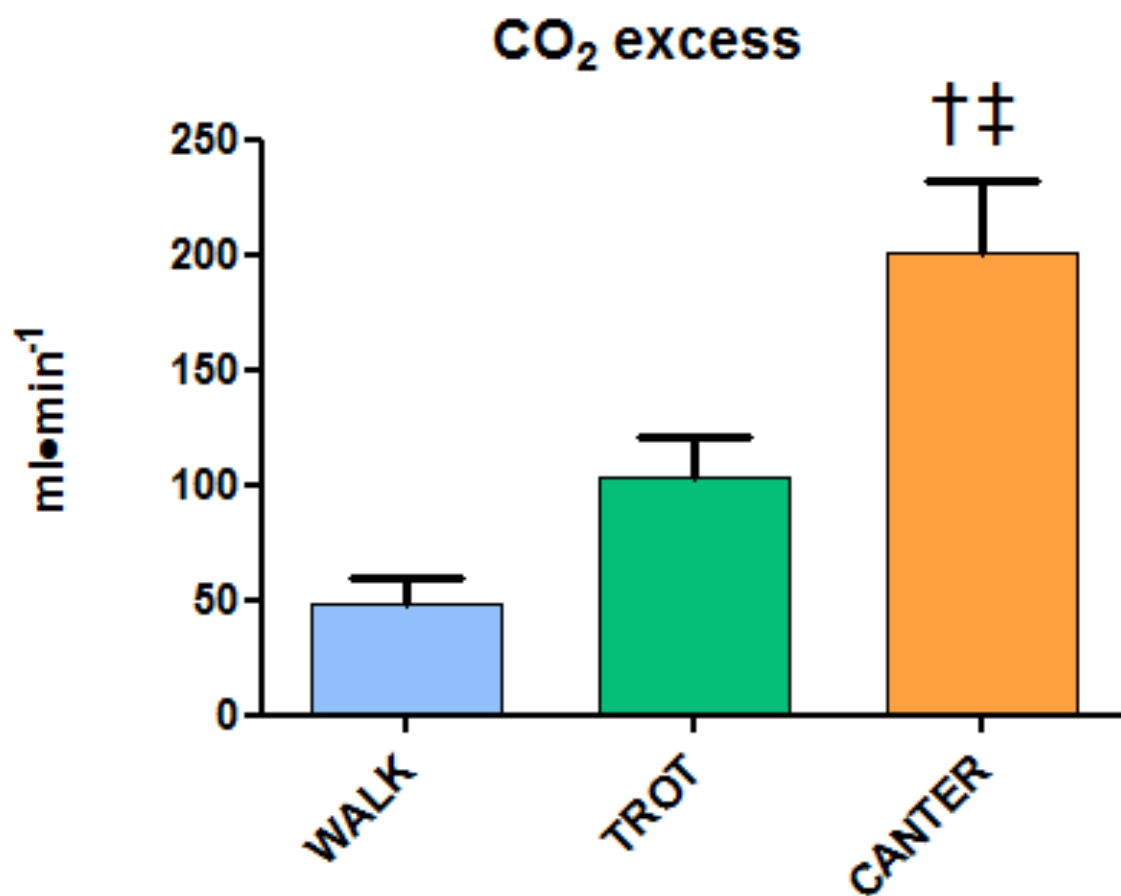


Figura N° 3

(†) $P < 0,05$ rispetto a Walk; (‡) $P < 0,05$ rispetto a Trot.

DISCUSSIONE

I risultati di questi esperimenti mostrano che, durante i test di equitazione, l'impegno metabolico aerobico del cavaliere per soddisfare la crescente domanda di ATP da parte dei gruppi muscolari reclutati, via via sempre più impegnati man mano che si passa dal cammino (walk) al trotto (trot) e da questo al canter (una particolare andatura compresa tra il galoppo da lavoro e quello medio), risultava essere progressivamente crescente.

Infatti, durante il cammino il consumo di ossigeno per minuto (VO_2) risultava essere aumentato di circa il 60% rispetto alla condizione di riposo, saliva a circa il 300% della condizione di riposo durante il trotto per poi portarsi a oltre il 400% durante il canter. Un consumo di ossigeno, quest'ultimo, che si avvicinava al 50% del VO_2 -max rilevato durante il test da sforzo incrementale al cicloergometro.

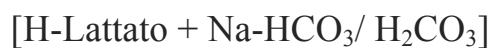
Durante queste andature, la produzione di anidride carbonica (VCO_2) da parte del cavaliere risultava quantitativamente simile al corrispondente VO_2 , per cui il relativo quoziente respiratorio (VCO_2/VO_2) ruotava intorno al valore di 1, il che indicava un prevalente utilizzo di glucidi quale substrato energetico utilizzato per la produzione di ATP.

Tuttavia, il grafico della Figura N° 3 mostra che solo nella fase di recupero dagli esercizi di canter si verificava un significativo aumento, rispetto alla condizione di riposo, dell'eccezione di anidride carbonica espirata dal cavaliere.

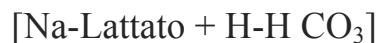
Questo implicava che, in questa specifica andatura del cavallo, il cavaliere, al fine di reclutare la necessaria quantità di ATP per soddisfare la potenza muscolare richiesta, aumentava consistentemente la fase glicolitica-

anaerobica della degradazione del glucosio. Ma questo comportava un accumulo di acido piruvico nelle cellule muscolari in quanto la potenza metabolica del ciclo degli acidi tricarbossilici (il ben noto ciclo di Krebs) non era evidentemente sufficiente a smaltirlo.

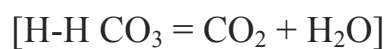
Una simile condizione porterebbe all'inibizione delle reazioni glicolitiche a causa dell'accumulo del loro prodotto finale: l'acido piruvico, per l'appunto. Tuttavia questo blocco energetico veniva evitato grazie alla reazione di riduzione dell'acido piruvico in acido lattico. Quest'ultimo, traboccando dalla cellula muscolare verso il liquido extracellulare, e quindi diffondendosi nel sangue, veniva in parte ossidato dalle piccole cellule muscolari (le cellule rosse con forte vocazione aerobica) ma anche rapidamente tamponato da sistema tampone bicarbonato di sodio – acido carbonico:



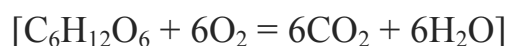
Per cui si otteneva:



L'acido carbonico così costituito, per via della sua instabilità in soluzione acquosa, dava luogo alla seguente reazione:



L'anidride carbonica così prodotta si scioglie fisicamente nel sangue e va ad aggiungersi, in eccesso, a quella risultante dalla combustione ossidativa del glucosio:



Nella quale il quoziente respiratorio:



A causa dell'eccesso di CO₂ causato dal tamponamento dell'acido lattico prodotto durante il canter, nel cavaliere il rapporto tra i gas espirati superava l'unità:

$$[\text{RER} = \text{CO}_2/\text{O}_2 > 1]$$

Quindi l'evidenza di un RER > 1 consente di affermare che, durante il canter, il cavaliere aumentava la potenza metabolica della fase glicolitica del catabolismo cellulare del glucosio da cui un corrispondente accumulo di acido lattico nel sangue.

L'aumento di concentrazione dello ione lattato nel sangue indicava che durante il canter il cavaliere aveva reclutato unità motorie costituite da motoneuroni spinali con corpi cellulari di grosse dimensioni, e quindi con elevata soglia di eccitazione, a ciascuno dei quali si connettono grosse fibre muscolari caratterizzate da elevata produzione di potenza e dal prediligere, per produrla, il metabolismo anaerobico lattacido: le cosiddette cellule muscolari bianche.

Questa strategia neuro-muscolar-metabolica, adatta a sviluppare rapidamente la potenza meccanica richiesta dall'esercizio in atto, nel presente esperimento veniva inequivocabilmente rivelata dall'eccesso di CO₂ nell'aria espirata rilevato tramite il metabolometro portatile durante il recupero dall'esercizio.

Infatti, con la cessazione dell'attività fisica l'attività metabolica di tutte le cellule muscolari precedentemente attivate si riduceva drasticamente. Le cellule muscolari grosse e pallide cessavano la loro attività di produzione di forza ma continuavano a riversare al loro esterno, verso il sangue, l'acido lattico precedentemente prodotto e accumulato al loro interno, le cellule muscolari sottili e rosse ritornavano al loro livello di attivazione pre-gara caratterizzato da mere funzioni posturali di riposo e quindi con bassa

domanda di ATP per cui si riduceva drasticamente l'ossidazione da parte loro dell'acido lattico ematico.

Il risultato di questa nuova condizione funzionale era l'instaurarsi di un accumulo ematico di acido lattico nel sangue che raggiungeva il suo massimo picco dopo qualche minuto dalla cessazione dell'esercizio. Ovviamente, questa condizione di rischio di acidosi metabolica veniva istantaneamente tamponata dal bicarbonato di sodio presente nel sangue, ma il risultato di ciò era un incremento stechiometrico della CO₂ in esso fisicamente disciolta che veniva poi rivelato, tramite il metodo della metabolimetria qui applicato, dall'incremento dell'eccesso di CO₂ espirata.

I risultati di questo esperimento mettono quindi in evidenza due condizioni metaboliche funzionali che, a seconda del carico lavorativo sviluppato dal cavaliere (della potenza meccanica richiesta), si caratterizzavano nei modi seguenti:

A. Produzione di potenza meccanica, da parte dei gruppi muscolari coinvolti nel gesto tecnico-motorio in atto, caratterizzata, sul piano metabolico, dal reclutamento di fonti energetiche adatte a produrre l'ATP richiesto su base essenzialmente ossidativa. Questo è il caso delle modalità di cammino e trotto del cavallo per le quali il consumo di ossigeno aumentava significativamente rispetto alla condizione di riposo ma non vi era un aumento significativo dell'eccesso di anidride carbonica espirata durante il recupero da queste fasi di attività. Anche durante la fase di canter il cavaliere aumentava il suo consumo di ossigeno e, anzi, in quest'ultima condizione tale consumo raggiungeva il massimo picco relativo rispetto alla sua massima potenzialità espressa durante il test incrementale ad esaurimento sul

cicloergometro.



B. Importante produzione di potenza meccanica, da parte dei gruppi muscolari coinvolti nel gesto tecnico-motorio in atto, caratterizzata, sul piano metabolico, dal reclutamento di fonti energetiche adatte a produrre l'ATP richiesto su base essenzialmente anaerobico-lattacida. Quest'ultima caratterizzata quindi dal reclutamento di unità motorie capaci di produrre grandi quantità di forza in brevissimo tempo: ovvero di produrre potenza meccanica esplosiva. Questo è il caso delle

modalità di canter per la quale oltre ad un elevato consumo di ossigeno rispetto alla condizione di riposo vi era anche un significativo aumento dell'eccesso di anidride carbonica espirata durante il recupero da tale attività.



A questo punto sono necessarie alcune precisazioni sull'andatura equestre cosiddetta "Canter".

il *canter* è un'andatura in tre tempi la cui velocità è maggiore del trotto e minore del galoppo; il cavallo "guida" con l'anteriore destro quando percorre una circonferenza in senso orario e viceversa. Quando il cavallo "guida" con l'anteriore sinistro mentre procede in senso orario produce una cosiddetta *andatura falsa* poiché utilizzando la gamba sbagliata non riesce ad avere un equilibrio stabile ed è quindi più facile che cada a causa

dell'inclinazione durante la curva. La sequenza dei tre tempi ritmici, se ci si muove a destra è: posteriore sinistro, diagonale sinistra, con l'anteriore sinistro e il posteriore destro che toccano terra simultaneamente, e quindi l'anteriore destro.

Il termine deve la propria etimologia all'andatura utilizzata dalla cavalleria inglese che da Londra si metteva in viaggio per Canterbury. Essendo il viaggio in un tratto pianeggiante, il cavallo poteva sfruttare il "pendolo viscerale" cioè durante il movimento le viscere del cavallo vanno a comprimere ritmicamente i polmoni favorendo così una respirazione regolare (al galoppo invece la respirazione è affannosa). La cavalleria prediligeva quest'andatura perché era il giusto compromesso tra velocità di marcia e affaticamento.



CONCLUSIONI

Le diverse andature a cavallo e in particolare il canter che comprende anche il galoppo, impongono al cavaliere una componente di lavoro muscolare di tipo isometrico con un impegno metabolico di tipo anaerobico.

Tra l'impegno muscolare richiesto dai sistemi di comando e di controllo dell'animale e l'impegno muscolare di tipo posturale, è quest'ultimo quello che risulta in molti casi assolutamente prevalente.

Nell'allenamento statico (forza isometrica), si ottengono ottimi risultati se si conoscono bene i parametri del carico e del recupero da applicare durante il programma di allenamento. Pause di recupero troppo lunghe o troppo brevi non portano agli effetti di allenamento previsti.

Come è noto sia il lavoro muscolare dinamico (auxotonico) che statico (isometrico), producono affaticamento con la relativa perdita di forza. E' stato osservato che nel lavoro muscolare isometrico la perdita di forza non solo è più rapida, ma molto più accentuata che in quello dinamico .

Anche nella fase di recupero si hanno andamenti diversi tra lavoro isometrico e lavoro auxotonico. Infatti, le curve di recupero, mostrano una fase molto rapida e una fase lenta di ritorno della forza a un valore di riposo, ma i processi di recupero del lavoro dinamico si svolgono molto più rapidamente rispetto a quello statico.

Nel corso di carichi brevi, con produzione di potenza meccanica esplosiva o di forza massima, l'ATP, che serve da fonte immediata di energia, diminuisce.

La sua resintesi avviene prevalentemente attraverso le riserve di creatinfosfato. E' stato osservato che il tempo necessario alla rigenerazione va da circa uno a tre minuti .

Ai fini di un'ottimizzazione del recupero da attività di equitazione risultano validi i tempi riportati nella tabella sotto riportata :

Livello prestazione	Tempo rigen. tra le serie	Tempo rigen. tra le unità di allenamento
Principianti	2 – 3 min	12 – 18 ore
Atleti alto livello	1 – 2 min	3 – 6 ore

In conclusione, i risultati di questa ricerca dimostrano che ciascuna delle diverse andature di movimento del cavallo, tipiche dell'equitazione, richiede una risposta metabolica specifica da parte del cavaliere.

I dati sperimentali qui riportati mostrano che nelle andature "Walk" e "Trot", viene coinvolto principalmente il metabolismo aerobico mentre durante il "Canter" viene reclutato anche il metabolismo anaerobico lattacido.

Questo fatto riflette probabilmente il modello diversificato di contrazione muscolare dei cavalieri durante ciascuno degli specifici movimenti/andature del cavallo.

Va tenuto conto che il tipo di contrazione prevalente durante un'andatura al canter/galoppo è quella isometrica.

Le contrazioni isometriche prolungate sviluppate dal cavaliere durante la sua prestazione incidono sul precoce affaticamento delle fibre muscolari. Ne consegue che l'affaticamento precoce inciderà notevolmente (in negativo) sulle azioni di destrezza e ne conseguiranno degli errori tecnici nell'esecuzione dei comandi da impartire al cavallo e le relative posture del cavaliere non saranno adeguate all'obiettivo tecnico da raggiungere. Si avrà, in questo caso, come risultato una performance sportiva non ottimale.

Per questo motivo, visti i dati ottenuti in questa sperimentazione, sarà opportuno intervenire attraverso i programmi di allenamento specifici sull'incremento della capacità anaerobica lattacida, oltre sulla capacità aerobica, e migliorare quindi l'attività cardiometabolica di tipo anaerobico.



BIBLIOGRAFIA

1. Gutiérrez Rincón JA, Vives Turcó J, Muro Martínez I, Casas Vaqué I (1992). *A comparative study of the metabolic effort expended by horse riders during a jumping competition*. Br J Sports Med. 26:33-5.
2. Pau M, Corona F, Leban B, Pau M (2011). *Effects of backpack carriage on foot-ground relationship in children during upright stance*. Gait Posture. 33:195-9.
3. Meyers MC (2006). *Effect of equitation training on health and physical fitness of college females*. Eur J Appl Physiol. 98:177-84.
 - 3a. Dal Monte A., Faina M., Valutazione dell'atleta, Utet, Italy, 2003, Pag.55
 - 3b. Dal Monte A., Faina M., Valutazione dell'atleta, Utet, Italy, 2003
4. Bronson C, Brewerton K, Ong J, Palanca C, Sullivan SJ (2010). *Does hippotherapy improve balance in persons with multiple sclerosis: a systematic review*. Eur J Physical and Rehab Med. 46:347-53.
5. Mackay-Lyons M, Conway C, Roberts W (1998). *Effects of therapeutic riding on patients with multiple sclerosis: A preliminary trial*. Physiother Can. 40:104–09.
6. Silkwood-Sherer D, Warmbier H (2007). *Effects of hippotherapy on postural stability, in persons with multiple sclerosis: a pilot study*. J Neurologic Physical Therapy. 31:77-84.
7. Ciuti C, Marcello C, Macis A, Onnis E, Solinas R, Lai C, Concu A (1996). *Improved aerobic work capacity by detraining in basketball players mainly trained for strenght*. Sports Med Train and Rehab. 6:325-335.
8. Westerling (1983).....
9. Devienne and Guezennec (2000).....
10. Hirakoba et al., 2006.....
11. Yano et al. 2002.....
12. Crisafulli A, Vitelli S, Cappai I, Milia R, Tocco F, Melis F, Concu A (2009). *Physiological responses and energy cost during a simulation of a Muay Thai boxing match*. Appl Physiol Nutr Metab. 34:143-50.

13. Caria MA, Tangianu F, Concu A, Crisafulli A, Mameli O (2007). *Quantification of Spinning bike performance during a standard 50-minute class*. J Sports Sci. 25:421-9.
14. Laconi P, Melis F, Crisafulli A, Sollai R, Lai C, Concu A (1998). *Field test for mechanical efficiency evaluation in matching volleyball players*. Int J Sports Med. 19:52-5.

RINGRAZIAMENTI:

Ringrazio l'Università di Cagliari, in particolare il Prof. Alberto Concu, il Prof. Antonio Crisafulli e i colleghi dottorandi per la grande collaborazione avuta in questi 3 anni di corso.

Ringrazio la mia famiglia: mia moglie Lorella, mie figlie Laura e Camilla per la pazienza e l'affetto avuto nei miei confronti.

Ringrazio gli amici che mi hanno sostenuto e aiutato per la stesura di questa tesi.

Un pensiero particolare a mia madre Berta e mio padre Francesco.