



# Adattamenti biochimici alla speleologia alpina

ELISABETTA STENNER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Medicina di Laboratorio. A.O.U. Ospedali Riuniti di Trieste.  
elisabetta.stenner@aots.sanita.fvg.it

## Abstract

Caving is a form of physical exercise, alternating between aerobic and anaerobic, with a very long duration (10-30 hours) and an extremely intense and varied motor load. The activity requires an in-depth knowledge of postural and dynamic motor patterns, sensory-perceptual skills that can easily adapt to the environment and highly developed specialized and conditional coordination skills. Aim of the study: explore the possible biochemical adaptations induced by this activity.

## Keywords

Speleology, Biochemistry

## Riassunto

La speleologia è un esercizio fisico di tipo aerobico anaerobico alternato di lunghissima durata (10-30 ore) con carico motorio molto intenso e vario. Questa attività richiede un'elevata conoscenza degli schemi motori posturali e dinamici, adattabilità delle capacità senso-percettive all'ambiente, sviluppo delle capacità coordinative speciali e condizionali. Scopo della ricerca: indagare quali fossero gli eventuali adattamenti biochimici indotti da questa attività.

## Parole Chiave

Speleologia, Biochimica

La speleologia è un esercizio fisico di tipo aerobico anaerobico alternato di lunghissima durata (10-30 ore) con carico motorio molto intenso e vario. Questa attività richiede un'elevata conoscenza degli schemi motori posturali e dinamici, adattabilità delle capacità senso-percettive all'ambiente, sviluppo delle capacità coordinative speciali e condizionali. Il movimento in grotta può essere a grandi linee suddiviso in:

- 1 salire e scendere le corde, attività soprattutto di tipo aerobico durante la quale contrazioni concentriche ed eccentriche si susseguono migliaia di volte anche per decine di ore (impegna soprattutto i muscoli dei distretti anteriore e posteriore della coscia, gli anteriori brachiali, il gran dorsale, il grande e piccolo rotondo e i muscoli del collo),
- 2 progressione in meandro, attività aerobica/anaerobica alternata (a seconda della geomorfologia dell'ambiente ed alle capacità tecniche dell'atleta) per la quale è prevista una tecnica ad incastro con cosce e avambracci pressati contro le pareti. Questa progressione richiede una sequenza di contrazioni isometriche molto faticose, specie in presenza di pareti viscidie e bagnate, e può diventare traumatica quando l'atleta cerca di fermare, ad incastro, una caduta. La progressione in cunicolo assomiglia un po' al "gattinare" dei bambini o allo strisciare sotto una panca,
- 3 Superamento delle strettoie. Tutto il corpo è impegnato in micromovimenti controllati (metabolismo prevalentemente anaerobico) adatti alla progressione.

## Scopo della ricerca

Viste le caratteristiche tecniche della speleologia, l'ambiente in cui si svolge (buio, freddo e umido) e la possibile pressione psicologica (lontananza dall'uscita e quindi dal soccorso anche di decine di ore, difficoltà tecniche di progressione in arrampicata con possibili conseguenze in caso di caduta, possibili piene a causa di repentini cambi del tempo esterno, ecc.) a cui questi atleti vengono sottoposti, la Commissione Grotte Eugenio Boegan, in collaborazione con l'Università degli studi di Trieste e il Dipartimento di Medicina di Laboratorio – Ospedali Riuniti di Trieste, ha promosso una sperimentazione sul campo con lo scopo di indagare quali fossero gli eventuali adattamenti biochimici indotti da questa attività. Tali informazioni si ritiene siano di fondamentale importanza nell'ambito dell'attività esplorativa comune e/o di soccorso (frequenza ottimale, alimentazione suggerita, modalità di idratazione per ottenere il massimo rendimento muscolare).

## Disegno sperimentale

Quattro giorni prima della sperimentazione sono stati effettuati degli esami ematochimici di controllo (C0 controllo 7.30 am, C1 controllo 7.30 pm) per avere indicazioni di eventuali fluttuazione degli stessi dovute al ritmo circadiano e per avere lo stato "basale" del soggetto. Il giorno della sperimentazione, i soggetti si sono sottoposti a dei prelievi di sangue seriali (la mattina, prima di entrare, sul fondo della cavità, Abisso Gortani a -700 m, in uscita e 24 ore dopo) alla medesima ora dei controlli.

## Risultati e discussione

- 1 Evidenziata una marcata risposta del GH (ormone della crescita: stimola la sintesi proteica, favorisce la scelta dei grassi come substrato al posto degli zuccheri, svolge sostanzialmente il ruolo di ormone iperglicemizzante) dovuta verosimilmente all'intensità, durata, frequenza e presenza di occlusione vascolare parziale a livello degli arti inferiori (imbrago). Altre possibili cause sono, l'esercizio svolto la notte, lo stato di idratazione (quasi sempre disidratati), le temperature rigide, come descritto in letteratura per altre attività di lunga durata, svolte però in superficie. Non si è osservata alcuna reazione anticipatoria allo stress.
- 2 Abbiamo misurato un aumento significativo ma tutto sommato moderato degli enzimi sarcoplasmatici in discesa là dove in salita è risultato marcato, in particolare modo nel soggetto meno esperto, evidenziando un impegno muscolare maggiore (risalita in corda, eventuali arrampicate e superamento strettoie verticali, ecc.). Sebbene è noto dalla letteratura che non vi sia una relazione lineare tra aumento degli enzimi sarcoplasmatici ed entità del danno muscolare, i marcati aumenti di tali enzimi evidenziano le caratteristiche di elevata intensità e durata di tale attività fisica. Tutti i soggetti hanno riportato dolori muscolari alla maggior parte dei distretti muscolari il giorno seguente.
- 3 Calo significativo dell'aptoglobina con picco negativo in uscita dalla cavità, ad evidenziare una marcata emolisi intravascolare, ed un aumento repentino il giorno seguente, fino a valori sovrapponibili a quelli basali, ad evidenziare un possibile aumento della sintesi di aptoglobina in seguito a risposta infiammatoria indotta dal pesante esercizio fisico ed eventuali lesioni alle fibre muscolari. L'emolisi intravascolare è giustificata dal fatto che la speleologia è una attività, specie nelle grotte alpine, ad alto impatto (pressione continua degli arti sulle pareti in mean-



dro, cadute e scivolamenti vari con frenata con ulteriore pressione, progressione strisciando nei cunicoli, strettoie) in particolare per coloro che stanno appena imparando la tecnica per cui, come altre attività (boxe, karate, maratona) c'è presenza di emolisi intravascolare.

4 **Asse ipotalamo-ipofisi-tiroide:** sebbene fosse attesa una risposta di questo asse, considerato che dati della letteratura dimostrano che vi è aumento degli ormoni FT3 e FT4, in relazione all'intensità dell'esercizio fisico, alla presenza di temperature rigide, all'elevata altitudine come pure alla mancanza di ore di sonno, tutte condizioni tra l'altro presenti in speleologia contemporaneamente, noi abbiamo rilevato una scarsa significatività dei cambiamenti nelle concentrazioni di TSH ed FT3, ed un aumento significativo solo del FT4 (fondo e uscita cavità). Tale risultato ci fa pensare che l'aumento di FT4 sia relativo, ovvero dovuto all'aumento degli acidi grassi che usualmente si verifica durante sport di lunga durata piuttosto che all'attivazione di questo asse. Questi, infatti, legandosi alla tireoglobulina, occupano i siti del T4 favorendone quindi il rilascio.

5 **Temperatura interna:** in linea con quanto conosciuto, ovvero che durante una attività fisica vi è un aumento del calore metabolico proporzionale all'intensità dell'esercizio muscolare, abbiamo misurato un elevato aumento della temperatura interna. Interessante però il fatto che la temperatura interna rilevata in questi atleti è più simile a quella riportata per atleti che svolgono attività fisica in ambiente caldo piuttosto che freddo. Questo verosimilmente potrebbe essere spiegato dal fatto che in grotta l'umidità è elevata per cui la traspirazione diventa difficile, complicata anche dall'abbigliamento nonché dalla presenza di uno stato di disidratazione continuo. Un limite di questa misurazione sta nel fatto che è stata effettuata immediatamente dopo la sosta prevista e non ad esempio dopo 10-15 minuti, quando cominciano già ad apparire i primi brividi. È noto che gli speleo esperti si muovono in modo fluido, lento e continuo così da limitare la necessità di fermarsi, nota causa di freddo e crampi. È anche noto che, in caso di incidente o sosta forzata da una piena, l'ipotermia è una delle complicanze maggiori.

6 **Asse ipotalamo-ipofisi-surrene:** il cortisolo, conosciuto anche come "ormone dello stress" è noto risponda marcatamente alla durata dell'esercizio fisico, alla mancanza di luce, allo stress ma, inaspettatamente, abbiamo misurato un calo significativo dei valori dello stesso (puliti dal disturbo del ritmo circadiano), durante la performance. Si è evidenziata, invece, una marcata risposta anticipatoria alla performance, prima di entrare, quando è stato eseguito il controllo di tutto il materiale, specie quello dello speleo-subacqueo e si sono organizzate le attività sotter-

ranee. Poi, evidentemente per questi atleti di élite, il sottosuolo rappresenta un ambiente che li porta ad uno stato psicologico di benessere associato ad un calo del cortisolo. Diversa, probabilmente, potrebbe essere la risposta di speleo non esperti.

7 **Speleosubacquea:** La speleosubacquea viene unanimemente considerata lo sport più pericoloso nell'ambito degli sport estremi di montagna per le sue caratteristiche di altitudine, basse temperature, limitata visibilità ed assoluto isolamento. Nel soggetto da noi monitorato, effettivamente si è osservata una marcata risposta dell'ormone della crescita con picco massimo post sifone, piuttosto che in uscita dalla cavità, a sottolineare probabilmente che l'intensità dell'esercizio durante l'immersione era superiore a quella dell'intera performance. Lo stesso vale per il cortisolo, con picco massimo all'uscita dal sifone e con dei valori elevati anche pre-sifone, ad evidenziare che per questo atleta la performance e quindi la concentrazione era tutta proiettata all'esplorazione subacquea in solitaria, più che alla discesa e risalita in grotta. I livelli di cortisolo, infatti, aumentano difficilmente durante esercizi di breve durata, per cui il picco in uscita dal sifone è da riferirsi soprattutto allo stress psicologico. A testimonianza di questo, si è poi osservato un marcato calo del cortisolo in uscita, sebbene dopo un totale di 18 ore di esercizio fisico, ben al di sotto dei valori basali, forse ad indicare lo stato di rilassamento seguito alla "sua" performance. Concludendo, l'attività speleologica in questi atleti di élite risulta essere una attività molto impegnativa in termini di impegno muscolare e per l'ambiente nel quale viene svolta, sebbene non si evidenzia una condizione di stress (cortisolo) durante la stessa, forse proprio perché coloro che svolgono questa attività, ad alto livello, trovano il loro stato di benessere "là sotto".

## Limiti dello studio

Essendo uno studio pilota, grande attenzione è stata riservata al disegno sperimentale, alla fase pre-analitica e all'analisi statistica corretta per piccoli campioni (test non parametrici) per ottenere risultati quanto più vicini alla realtà; ma vi sono alcune limitazioni.

1 L'ormone della crescita e il cortisolo sono ormoni soggetti al ritmo circadiano e sebbene abbiamo limitato tale disturbo alla misura durante la sperimentazione eseguendo sui medesimi soggetti i controlli, vi può essere stato un bias.

2 La grandezza del campione era limitata (anche perché è difficile trovare dei volontari che permettano un rilevante numero di prelievi durante una performance in profondità).

3 La popolazione monitorata è costituita da una élite dell'ambiente e non rappresenta quindi lo speleologo medio, amatoriale, per il quale le risposte, soprattutto allo stress, potrebbero essere molto diverse.

Lo studio sperimentale è stato approvato dal Comitato etico dell'Università degli Studi di Trieste. La sperimentazione si è svolta secondo gli standard dettati dalla Dichiarazione di Helsinki (1964) e tutti gli speleo coinvolti hanno firmato un Consenso Informato.

## BIBLIOGRAFIA

**Ringraziamenti**

*Ringrazio la Commissione Grotte Eugenio Boegan per aver finanziato e quindi reso possibile questa sperimentazione. Ringrazio tutti gli speleo della CGEB che hanno partecipato alla sperimentazione sotterranea e alla logistica esterna, per averci creduto, per aver dato il proprio tempo ed esperienza, per aver dimostrato la propria disponibilità ed amicizia. Un particolare ringraziamento a Davide Crevatin, Spartaco Savio e Giuliano Grillo, i primi a donare "il braccio".*

STENNER E., GIANOLI E., BIASIOLI B., PICCININI C., DELBELLO G. AND BUSSANI A., 2006: *Muscular damage and intravascular haemolysis during an 18 hours subterranean exploration in a cave of 700 m of depth*. Br. Journal of Sports Med., 40: 235-238; DOI:10.1136/bjism.2005.021402.

STENNER E., GIANOLI E., PICCININI C., BIASIOLI B., BUSSANI A. AND DELBELLO G., 2007: *Hormonal responses to a long duration exploration in a cave of 700 m depth*. Eur J Appl Physiol. 2007; 100 (1): 71-78; DOI:10.1007/s00421-007-0408-9.

STENNER E., PICCININI C., B. BIASIOLI, GIANOLI E., BUSSANI A., DELBELLO G., 2007: *Red cell and core temperature in spelunking*. Int. J. Sport Med. 2007; 28: 1-5., DOI:10.1055/s-2007-964978.

STENNER E., BUSSANI A., PICCININI C., BIASIOLI B., 2008: *Immune and hormonal stress responses to an immersion in a siphon placed on the bottom of an alpine cave of 700m depth: case report. Chapter XIV* in: Sport and Exercise psychology research advances. Editors: M Simmons, LA Foster, 2008: 307-327; Nova Science Publisher, Inc.

E. STENNER, C. PICCININI, A. BUSSANI, B. BIASIOLI, G. DELBELLO, 2009: *Lymphocytes and lymphocyte subpopulations responses to potholing performer in an alpine subterranean environment*. Medicina dello Sport, 2009, 62: 157-68.