

**Zeitschrift:** Gioventù e sport : rivista d'educazione sportiva della Scuola federale di ginnastica e sport Macolin  
**Herausgeber:** Scuola federale di ginnastica e sport Macolin  
**Band:** 35 (1978)  
**Heft:** 10

**Artikel:** L'atleta e l'altitudine  
**Autor:** Gobelet, C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1000651>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

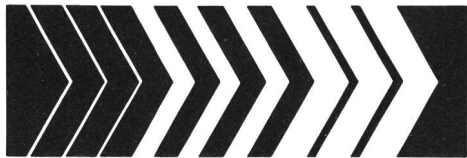
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 22.01.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



## L'atleta e l'altitudine

Dr. Ch. Gobelet

Se v'è un settore dove i pareri divergono, ebbene è quello di sapere se l'altitudine ha un effetto favorevole sulla preparazione dell'atleta. Abbiamo tentato, basandoci su diversi studi, di riassumere lo stato attuale delle conoscenze in materia. Molti lavori sono stati realizzati nel quadro dei Giochi olimpici di Messico, da cui il frequente riferimento a questo luogo. Prevediamo successivamente e in modo succinto:

- alcuni dati tecnici sull'altitudine
- il mal di montagna
- il trasporto dell'ossigeno in altitudine
- le diverse patologie cardiache e respiratorie legate all'altitudine
- l'effetto dell'altitudine sulla prestazione
- l'acclimatazione con questi diversi elementi:
  - equilibrio acido-basico
  - emoglobina
  - volume circolante
  - adattamento dei tessuti
- allenamento in altitudine
- raccomandazioni generali

### Alcuni dati tecnici sull'altitudine

#### Pressione atmosferica

100 per cento a livello del mare, 50 per cento a 5500 m e 33 per cento a 8500 m. La pressione parziale d'ossigeno (dunque l'ossigeno contenuto nell'aria respirata) diminuisce nella stessa proporzione.

#### Temperatura

Si abbassa con l'altitudine di 0,56° per 100 m (differenza fra Chamonix e Monte Bianco N: 22,4°). Il grado igrometrico (umidità dell'aria) si abbassa rapidamente per raggiungere la metà del suo valore a 2000 m (100 per cento al livello del mare) e il quarto a 4000 m. La conseguenza è un aumento dell'irradiazione ultravioletta con le lesioni alla pelle, alle labbra e delle congiuntive.

#### Tolleranza in funzione dell'età

Lo stress provocato dall'altitudine implica una certa prudenza nella pratica degli sport.

#### Per i bambini

Sicuramente ci sono delle eccezioni, ma per i soggetti che vivono sotto i 1000 m si dovrebbe essere intransigenti e fissare i seguenti limiti d'altitudine:

10 anni	2000 m
14 anni	2500 m
16 anni	3000 m
18 anni	4000 m

Questi dati si applicano, beninteso, a soggetti non acclimatati.

#### Soggetti a disturbi cardio-circolatori

Di rigore una certa prudenza.

#### Resistenza dell'aria

Senza entrare nei particolari, al livello del mare l'energia necessaria a vincere la resistenza dell'aria sulle 3 miglia (1 miglio=1609 m) è dell'11 per cento della spesa totale d'energia durante la corsa. All'altitudine di Messico questa cifra cade a 8 per cento. Per gli scattisti e i ciclisti il guadagno è ancor più grande.

#### Mal di montagna

Si è parlato molto dei rischi incorsi dall'atleta in altitudine. Infatti questa malattia di montagna è un'entità ben particolare che così si può suddividere:

#### Mal di montagna proprio

Questo male è caratterizzato da cefalea, nausea, disturbi del sonno, dispnea, debolezza. Raro al di sotto dei 2000 m. Soprattutto fra le persone che superano i 3000 m senza acclimatazione. Particolare sensibilità di ogni soggetto.

#### Edema acuto del polmone

Il meccanismo fisiopatologico è sconosciuto. Raro sotto i 2500 m. Sopraggiunge 24-60 ore dopo l'arrivo in altitudine: tosse secca, debolezza, cefalea, tachicardia, dispnea.

#### Edema cerebrale

Meno corrente ma più pericoloso. Può già manifestarsi a 2500 m, benché raro sotto i 3500 m. Cefalea molto grave, confusione, labilità emotiva, allucinazioni, atassia, talvolta amblopia, disartria, asimmetria facciale. Evoluzione verso il coma, poi verso la morte se non c'è trattamento.

Questa malattia di montagna è accompagnata da un'emorragia della retina nel 20-30 per cento delle persone che superano i 4500 m e che recuperano in qualche mese. L'edema del polmone è presente nel 6 per cento dei meno di 20 anni che vanno da 0 a 2500 m e nello 0,4 per cento degli oltre 21enni.

In uno studio sui soldati indù trasportati rapidamente da 0 a 4000 m, Singh ha mostrato una frequenza dell'edema polmonare di 0,1 per cento a 8,3 per cento. Da notare che il rischio di farne un secondo non è aumentato in rapporto alla popolazione normale.

Infatti i sintomi più frequenti registrati dagli atleti allenati in altitudine sono stati cefalee, disturbi digestivi e del sonno.

#### Eziologia:

- per alcuni autori è l'alcalosi respiratoria non compensata che influisce in modo sfavorevole il lavoro mitocondriale
- per altri essa è più complessa facendo intervenire un meccanismo di bloccaggio della pompa del sodio con accumulazione di Na intracellulare e susseguente edema. Il bloccaggio sarebbe provocato dall'ipossiemia
- un'ultima teoria infine, che sembra attualmente prevalere, ed è quella che preconizza l'aumento della pressione polmonare e della permeabilità capillare con trasudamento secondario di liquido negli alveoli. Questo meccanismo è tuttora inspiegato.

#### Debito d'ossigeno in altitudine

In una corsa di 400-800 m, il 50 per cento dell'energia spesa è fornita per la via anaerobica. Questa percentuale è invariata in altitudine all'inizio del soggiorno. Ma con l'acclimatazione avviene una perdita di bicarbonati coporali con conseguente diminuzione della tolleranza all'aumento dell'acido lattico (bicarbonati = effetto tampone sulla produzione d'acido lattico durante un lavoro muscolare).

Da ciò si possono fare tre deduzioni:

- a) partenza più lenta dato che l'«asfissia muscolare» si presenta più facilmente in altitudine
- b) ristudiare un nuovo equilibrio respiratorio - falcata in funzione dell'altitudine (poiché aumento di ventilazione)
- c) ricupero fra serie di scatti che sono 80-90

per cento più lenti che in pianura. Dunque: aumento della pausa e diminuzione del volume totale dell'allenamento.

### Trasporto di ossigeno in altitudine

Il principale fattore di risultati nelle corse fino a 60 minuti è il consumo massimale di ossigeno al minuto ( $VO_2$  max). Nel 1967 questo parametro è stato studiato da *Buskirk*<sup>3</sup> e coll. a diverse altitudini. Hanno così calcolato una perdita del  $VO_2$  max di 3,2 per cento per ogni frazione di 330 m di dislivello al di sopra dei 1650 m. Secondo *Faulkner*<sup>6</sup> nel 1971, questa perdita del  $VO_2$  max sarebbe del 7 per cento per ogni trancia di 1000 m sopra il livello del mare. Sembra infatti che i primi risultati menzionati siano più vicini alla realtà, mentre altri fattori annessi sembrano intervenire nei risultati di *Faulkner*. La ventilazione massimale in altitudine è aumentata e può raggiungere valori superiori a 200 l/min (diminuzione della densità dell'aria e diminuzione delle resistenze).

### Patologia cardiaca e respiratoria

Qual è il rischio di un infarto o di un edema acuto del polmone in altitudine?  
Minimo per un atleta allenato. Occorre comun-

que segnalare che a causa della rarefazione dell'ossigeno con l'altitudine, per uno sforzo violento l'ischemia miocardica è più pronunciata che in pianura. *Pugh*<sup>9</sup> nel 1967 ha potuto mettere in evidenza dei disturbi del ritmo cardiaco nei  $\frac{2}{6}$  dei corridori inglesi impegnati in un campo d'allenamento in altitudine.

### Prestazione in altitudine

Alcuni autori avevano fatto delle previsioni sui risultati che si sarebbero ottenuti a Messico sulla base delle conoscenze fisiologiche che si avevano allora. Infatti questi risultati furono nettamente migliori di quelli previsti come lo mostrano *Faulkner*<sup>5</sup> nel 1971 e *Craig*<sup>4</sup> nel 1969. Nel nuoto si attendevano risultati medi inferiori del 2,9 al primato mondiale. Essi furono dello 0,9 per cento. Si erano previsti tempi superiori di 6,7 per cento sui 5000 e 10000 e di 17-20 per cento nella maratona. Infatti queste perdite di tempo non superarono il 6-8 per cento, anche negli sforzi di tenacia pura. Si constatò l'atteso miglioramento sulle piccole distanze. La perdita di tempo media fu del 3 per cento su 4 minuti di corsa e di 8 per cento circa su un'ora. Certi atleti residenti in altitudine sembrarono comunque meglio sopportare lo sforzo (Keino: residente in permanenza sugli altipiani kenyan).

### Acclimatazione

Periodo vitale per ogni atleta; comporta infatti parecchi fattori.

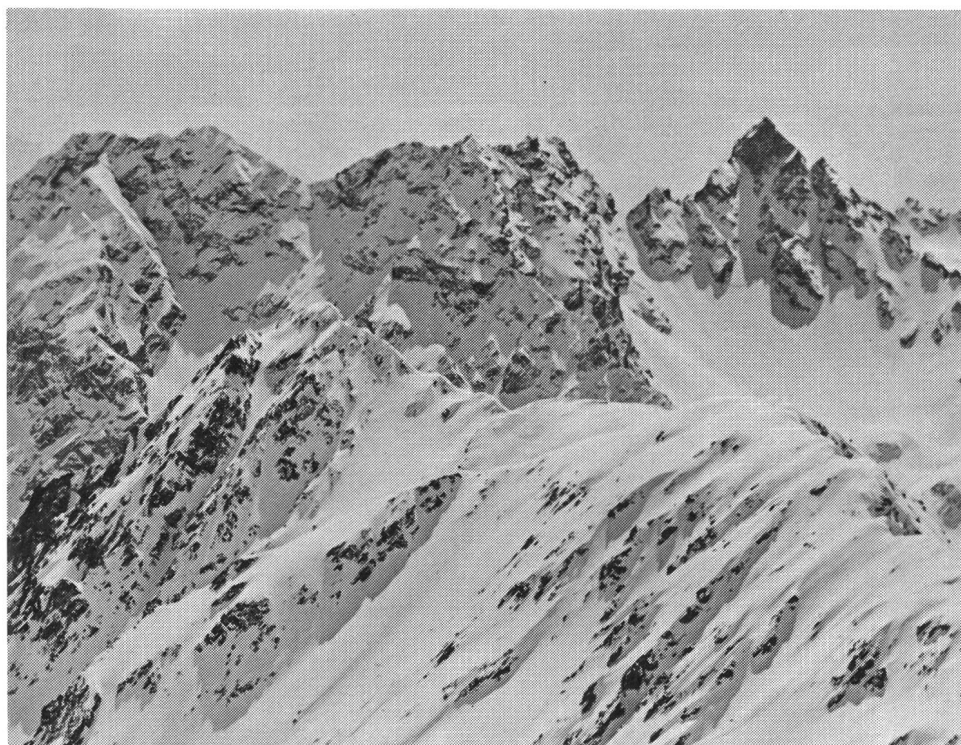
#### *Equilibrio acido-basico*

L'arrivo in altitudine è accompagnato, a causa della diminuzione d'ossigeno nell'aria respirata, da una iperventilazione e di conseguenza da una diminuzione del tenore sanguigno in gas carbonico. Sparisce così uno degli stimoli essenziali della respirazione. Ma l'altitudine provoca anche un aumento della pressione arteriosa con maggior lavoro cardiaco come pure una diminuzione del debito sanguigno cerebrale. Questo stato sanguigno cerebrale è accompagnato da un'acidosi del liquido cerebrospinale in alcune ore. Questa acidosi tende a compensare il deficit respiratorio creato dall'iperventilazione, in quanto la diminuzione di pH agisce come fattore stimolante sul centro respiratorio: questa acidosi provoca d'altro canto una diminuzione dei bicarbonati, essendo questi utilizzati per compensare l'acidosi. L'iperventilazione dovuta all'altitudine che crea un'alcalosi, è pure accompagnata da una ritenzione reazionale in cloruro e soprattutto in lattato compensatorio, che aumenta così la lactacidemia di base e provoca di conseguenza una diminuzione della tolleranza allo sforzo. Lo stimolo respiratorio in altitudine è infatti costituito da una diminuzione della  $PO_2$  dell'aria e dall'acidosi del LCR, essendo lo stato ideale la realizzazione di un compromesso fisiologico fra la necessità di assicurare un apporto di  $O_2$  sufficiente e quella di modificare il meno possibile l'equilibrio acido-basico.

Durante i primi giorni dell'esposizione a una diminuzione di  $PO_2$ , la ventilazione polmonare per un determinato esercizio aumenta ancor più che in caso di un'esposizione acuta. L'alcalosi provocata dalla diminuzione della  $PO_2$  dell'aria con iperventilazione e acapnia, e che interviene in modo centrale per ridurre l'azione dello stimolo anossico, è a poco a poco compensata dalla diminuzione di concentrazione di bicarbonato sanguigno, e il pH ridiventa normale nella persona acclimatata (risposta renale alla modificazione di  $PCO_2$ ).

Ma la risposta renale è lenta e durante i primi giorni la correzione avviene tramite il LCR per cui la diminuzione dei bicarbonati provoca un'acidosi e di conseguenza uno stimolo del centro respiratorio.

La diminuzione della riserva alcalina che caratterizza il soggetto adattato all'alta altitudine diminuisce la sua capacità a combattere un'acidosi lattica dovuta allo sforzo. L'iperventilazione creata dall'altitudine è accompagnata da uno stato di disidratazione che può essere pericoloso se mantenuto, senza correzione, durante parecchie ore.



## Emoglobina

Un aumento della concentrazione di emoglobina è il secondo meccanismo di adattamento. All'altitudine di Messico, questa aumenta di circa 20 per cento, parimenti ai globuli rossi. Comunque questi cambiamenti si producono in un mese o più secondo Reynafarje<sup>11</sup>.

Certi autori pretendono che questo aumento del tasso di emoglobina, parimenti alla poliglobulia, è in effetti secondario alla riduzione del volume circolante.

## Volume circolante

Sin dalle prime settimane in altitudine, si produce una riduzione del volume plasmatico e del debito cardiaco. Il meccanismo è complicato e in parte non ancora risolto. Queste modificazioni avvengono progressivamente durante le prime settimane senza effetto cumulativo. La diminuzione del debito cardiaco avviene di preferenza verso la terza settimana in altitudine. A meno che l'atleta resti in altitudine per qualche mese, deve fare attenzione a svolgere le gare prima che questi meccanismi d'adattamento si mettano in moto.

La diminuzione del debito cardiaco è dovuta a una diminuzione del volume sistolico, irregolarmente dalla frequenza cardiaca massima. C'è forse un'azione debilitante dell'anossia sul miocardio? Buskirk<sup>3</sup>, nel 1967, ha osservato durante i primi giorni in altitudine, un aumento della concentrazione di emoglobina per diminuzione del volume plasmatico. Per taluni autori questo meccanismo è subentrato con un aumento dell'eritropoiesi che aumenta la concentrazione sanguigna d'emoglobina, il contenuto in O<sub>2</sub> del sangue arterioso per unità di volume sarebbe dunque identico in altitudine e al livello del mare.

## Adattamento dei tessuti

Avviene in una o due settimane con un aumento del tasso di mioglobina e un aumento del sistema enzimatico.

## Allenamento in altitudine

Si è molto parlato dei campi d'allenamento in altitudine. Ma qual è veramente la loro utilità? Partendo dal principio che i residenti in altitudine mostrano una migliore prestazione al livello del mare, ha preso forma la tesi del miglioramento dei risultati degli atleti facendoli allenare in altitudine, con la competizione in pianura quando la policitemia è ancora presente e che le basi sanguigne sono ritornate al loro valore sul livello del mare. Disgraziatamente per questa ipotesi, la policitemia sviluppata durante un campo di tre settimane sembra essere secondaria a un'emo-

concentrazione e anche se sopraggiungesse una policitemia vera, il beneficio è transitorio.

Al ritorno in pianura, un'emolisi accresciuta, una diminuzione della produzione di globuli rossi e un aumento del plasma sanguigno distruggono in due o tre settimane il guadagno di parecchi anni. Faulkner<sup>5</sup>, in uno studio poco preciso, ha mostrato un beneficio di 0 a 2 per cento per un campo in altitudine. Lo studio di William C. Adams<sup>1</sup> per contro ci sembra più interessante. È stato effettuato nel 1974 e ha coinvolto due gruppi di corridori che avevano soggiornato, il primo tre settimane in pianura (Davis: 16 metri: P barometrico 760) poi 3 settimane a 2300 m (P barometrico 586) e il secondo dapprima in altitudine e in seguito in pianura negli stessi luoghi (PB di Losanna circa 720 mm Hg). La conclusione fu che un campo in altitudine con un allenamento duro non aveva effetto favorevole in rapporto allo stesso programma svolto in pianura da corridori di mezzofondo allenati. I valori di riferimento utilizzati furono il VO<sub>2</sub> max/min. e la prestazione sulle due miglia. Questo studio è in contraddizione con i risultati ottenuti da Asmussen nel 1965, Astrand<sup>2</sup> nel 1967 e Dill nel 1971.

Infatti la domanda non ha ancora avuto una risposta definitiva. Forse per l'intervento di diversi fattori quali un limite d'altitudine, ritorni periodici in pianura, il tempo trascorso dopo il ritorno in pianura fino al giorno di gara, l'intensità dell'allenamento in altitudine e le capacità aerobiche dei soggetti esaminati.

In tutti i modi è certo che il campo d'allenamento in altitudine non ha dato i risultati scontati e che una preparazione della stessa intensità in pianura permette di ottenere in media risultati equivalenti.

## Raccomandazioni generali

Mach nel 1968 ha riassunto alcune raccomandazioni sul periodo ideale di adattamento. La maggioranza dei fisiologi consigliano da 3 a 4 settimane. Questo è valido per un'altitudine media di 2200–2300 m alla quale la diminuzione del debito cardiaco è molto poco pronunciata. A un'altitudine fra i 2600 e 3000 m, l'atleta sarà al peggio della sua condizione fra la terza e la quarta settimana e, a meno che si possa permettere un soggiorno prolungato di parecchie mesi, occorre cercare di svolgere la competizione prima che sopraggiunga la riduzione del volume plasmatico.

Per far questo, l'ideale sembra essere un soggiorno in altitudine di 48–72 ore prima della gara e in generale all'altitudine ove si svolgerà la competizione. Questo tempo permetterà il recupero delle fatiche di viaggio e il ristabilimento dell'equilibrio acido-basico del liquido

cerebrospinale. A questo momento gli effetti negativi dovuti all'altitudine (malattia di montagna) saranno dissipati, fintanto la diminuzione delle basi sanguigne che quelle del debito cardiaco sono ancora minime.

Concludendo diremo che queste considerazioni, risultanti da diverse letture, sono incomplete e passibili d'essere modificate a ogni momento da nuove scoperte fisiologiche.

## Bibliografia

- <sup>1</sup> Adams William C., Bernauer Edmond M., Dill D.B., Bomar John B.J.R.: Effects of equivalent sea-level and altitude training on VO<sub>2</sub> and running performance. Journal of applied physiology. Vol. 39, no. 2, agosto 1975
- <sup>2</sup> Astrand P.O., Rodahl K.: Manuel de physiologie de l'exercice musculaire, p. 522–543. Edité par Masson
- <sup>3</sup> Buskirk E.R., Kollias J., Akers R.F., Prokop E.K., Reatequi E.P.: Maximal performance at altitude and on return from altitude in conditioned runners. J. Appl. Physiol. 23; 259–266; 1967
- <sup>4</sup> Craig A.B.: Olympics 1968: a post-mortem. Med. sci. Sports 1: 177; 1969
- <sup>5</sup> Faulkner J.A.: Training for maximum performance at altitude, in The effects of altitude on athletic performance edited by Goddard R. Chicago, Athletic Institut, 1967, p. 88
- <sup>6</sup> Faulkner J.A.: Maximum exercise at medium altitude in frontiers of Fitness edited by Shephard R.J., 1971, p. 360
- <sup>7</sup> Guillet R., Genety J.: Abrégé de Médecine du sport, édité par Masson
- <sup>8</sup> Houston Charles S.M.D.: High altitude illness disease with protean manifestations. Jour. Am. med. ass., 8 nov. 1976. Vol. 236, no. 19
- <sup>9</sup> Pugh L.G.: athletes at altitude. J. Physiol. (Lond) 192: 619–646; 1967
- <sup>10</sup> Raynaud J., Martineaud J.P., Bordachar J., Tillous M.C., Durand J.: Oxygen deficit and debt in submaximal exercise at sea-level and high altitude. Journal of applied physiology. Vol. 37, no. 1, luglio 1974
- <sup>11</sup> Reynafarje B.: Hematologie changes during rest and physical activity in man at high altitude in Ibid
- <sup>12</sup> Shephard Roy J.M.D.: The athlete at high altitude. C. M. A. Journal, 4 agosto 1973, vol. 109