

UOMINI e ANIMALI ADATTATI ALL'ALTA QUOTA







**I due insediamenti permanenti più alti
nel mondo: circa 5100m**

← **La Rinconada (Perù)**

Wenzhuan (Cina)



1. Comparazione tra le diverse popolazioni d'alta quota, sostanzialmente tra Tibetani e Andini. Recentemente sono stati pubblicati anche i risultati di ricerche di questo tipo effettuate sugli Etiopi, altra popolazione residente da millenni in alta quota, anche se ad altitudini un poco inferiori (intorno ai 3600 m).

2. Comparazione con soggetti normalmente residenti a livello del mare (caucasici): questo metodo si applica negli studi di confronto tra Tibetani o Andini e i caucasici, cioè i soggetti nati e abitualmente residenti a livello del mare, esposti brevemente all'alta quota.



3. **Comparazione con soggetti residenti in altitudine, ma originari delle basse quote (prima o seconda generazione); questo metodo è possibile in Tibet dove accanto alla popolazione indigena è cresciuta molto negli ultimi decenni la popolazione cinese di etnia Han, emigrata a Lhasa e dintorni dopo l'invasione cinese del 1959 (attualmente si stima che in Tibet risiedano circa sei milioni di cinesi Han).**
4. **Comparazione tra soggetti nati e residenti in alta quota e soggetti della stessa origine, ma residenti a bassa quota da una generazione: questo elegante metodo di ricerca è stato seguito dal gruppo coordinato dal fisiologo Cerretelli, che ha studiato sia a bassa che ad alta quota i Tibetani di seconda generazione residenti a Kathmandu, figli dei tibetani rifugiati in Nepal dopo l'invasione cinese.**



Le popolazioni andine hanno una risposta iperventilatoria inferiore (circa la metà) rispetto ai Tibetani e anche la ventilazione a riposo è ridotta di circa 1/3.

I Tibetani hanno quindi conservato nel corso dei millenni la capacità compensatoria della ventilazione.

I Tibetani hanno anche una minore vasocostrizione ipossica cioè valori < di pressione nell'arteria polmonare.

Un'altra sostanziale differenza la troviamo nella concentrazione di emoglobina che nei Tibetani è significativamente più bassa rispetto agli Andini. Nel corso del processo di evoluzione le due popolazioni si sono adattate in maniera diversa all'ambiente ipossico, raggiungendo attraverso due diverse vie (**adattamento ventilatorio ed adattamento emopoietico**) lo stesso obiettivo di migliorare la cessione e l'utilizzazione dell'ossigeno per sopravvivere in un ambiente ostile quale quello dell'alta quota.

VE

PAP

Hb



Al momento è possibile affermare che nella popolazione tibetana ci sono maggiori variazioni genetiche, soprattutto per quanto riguarda la risposta ventilatoria e la saturazione di ossigeno, e maggiori potenzialità di selezione naturale.

Ad esempio, nella popolazione tibetana è stato isolato un gene che regola la saturazione di ossigeno.

I soggetti con questo gene, a parità di quota, hanno una saturazione di ossigeno superiore del 6-10%; i bambini nati da donne con queste caratteristiche hanno una maggiore sopravvivenza alla nascita.



I Tibetani hanno vissuto ad altitudini ~4000 m per almeno 25,000 anni, adattandosi alla vita in ipossia e riproducendosi in queste condizioni.

Recentemente sono stati identificati 2 geni (*EGLN1* and *EPAS1*) che hanno determinato la naturale selezione dei Tibetani .

Ambedue questi geni codificano i componenti dell'HIF, fattore di trascrizione che coordina la risposta all'ipossia

Rispetto agli Han (cinesi nati a bassa quota), i Tibetani hanno:

Una minore concentrazione di Hb

Una Ventilazione maggiore

Una minore Vasocostrizione Ipossica

In conclusione, i Tibetani rispondono meno vivacemente allo stress ipossico e questo è dovuto, almeno in parte, ad una iporesponsività al sistema di trascrizione HIF.



Animali adattati

Se uno **yak** si incrocia con una **mucca**, nascono gli **dzo** che sono resistenti all'alta quota e che vengono preferiti agli yak perché hanno una vita lavorativa più lunga (14 anni invece di 10) e le femmine producono un latte migliore.

Se uno **dzo** femmina si incrocia con un **toro** nasce lo **stoll**, che ha il 50% di probabilità di non adattarsi all'alta quota e 50% di adattarsi.

Da questi affascinanti studi si è scoperto un gene che regola la presenza di cellule muscolari nei vasi polmonari; in mancanza dello strato muscolare viene a mancare la vasocostrizione ipossica e la pressione in arteria polmonare non aumenta in alta quota.



Lo yak è omozigote per l'allele dominante quindi non ha la risposta di vasocostrizione ipossica, mentre la mucca lo è per quello recessivo. L'incrocio di uno yak con una mucca dà origine ad animali eterozigoti per quel gene (cioè un allele dominante ed uno recessivo); il carattere ereditato, cioè l'assenza della vasocostrizione ipossica è trasmessa dall'allele dominante. Quando un animale eterozigote per quel gene si incrocia con un animale omozigote per l'allele recessivo, la discendenza ha il 50% di probabilità di ereditare 2 alleli recessivi ed il 50% di ereditare un allele dominante ed uno recessivo, quindi il 50% di avere la risposta di vasocostrizione ipossica, e di non essere ben adattato all'alta quota, ed il 50% di non averla e di essere quindi ben adattato all'alta quota.



L'oca indiana (*Anser indicus*) è l'uccello in grado di raggiungere quote più elevate. Durante la migrazione primaverile si trasferisce dall'India alla Mongolia sorvolando l'Himalaya e raggiungendo la quota-record di 6437 metri.

L'oca indiana arriva a quote elevatissime senza sfruttare correnti ascensionali ma semplicemente sbattendo le ali con vigore. L'organismo di questi volatili ha delle caratteristiche specifiche, fisiologiche e morfologiche, che gli consentono queste performance: innanzitutto è in grado di iperventilare molto velocemente e questo consente di incrementare la quantità di ossigeno che “cattura” dall'aria; inoltre ha più capillari e globuli rossi più efficienti rispetto ad altri uccelli e i muscoli del volo hanno più mitocondri. Tutto questo fa sì che il sistema è in grado di portare ossigeno alle cellule muscolari molto rapidamente.



Un altro animale che ha saputo geneticamente adattarsi all'alta quota è il mastino tibetano, nativo dell'altopiano tibetano, dove è arrivato al seguito dell'uomo, e che deriva dal cane domestico cinese. Nel mastino tibetano sono stati identificati sedici geni che hanno un ruolo caratteristico nell'adattamento all'ipossia e che non si trovano nei cani domestici cinesi.

