

# APPARATO DIGERENTE IN QUOTA:

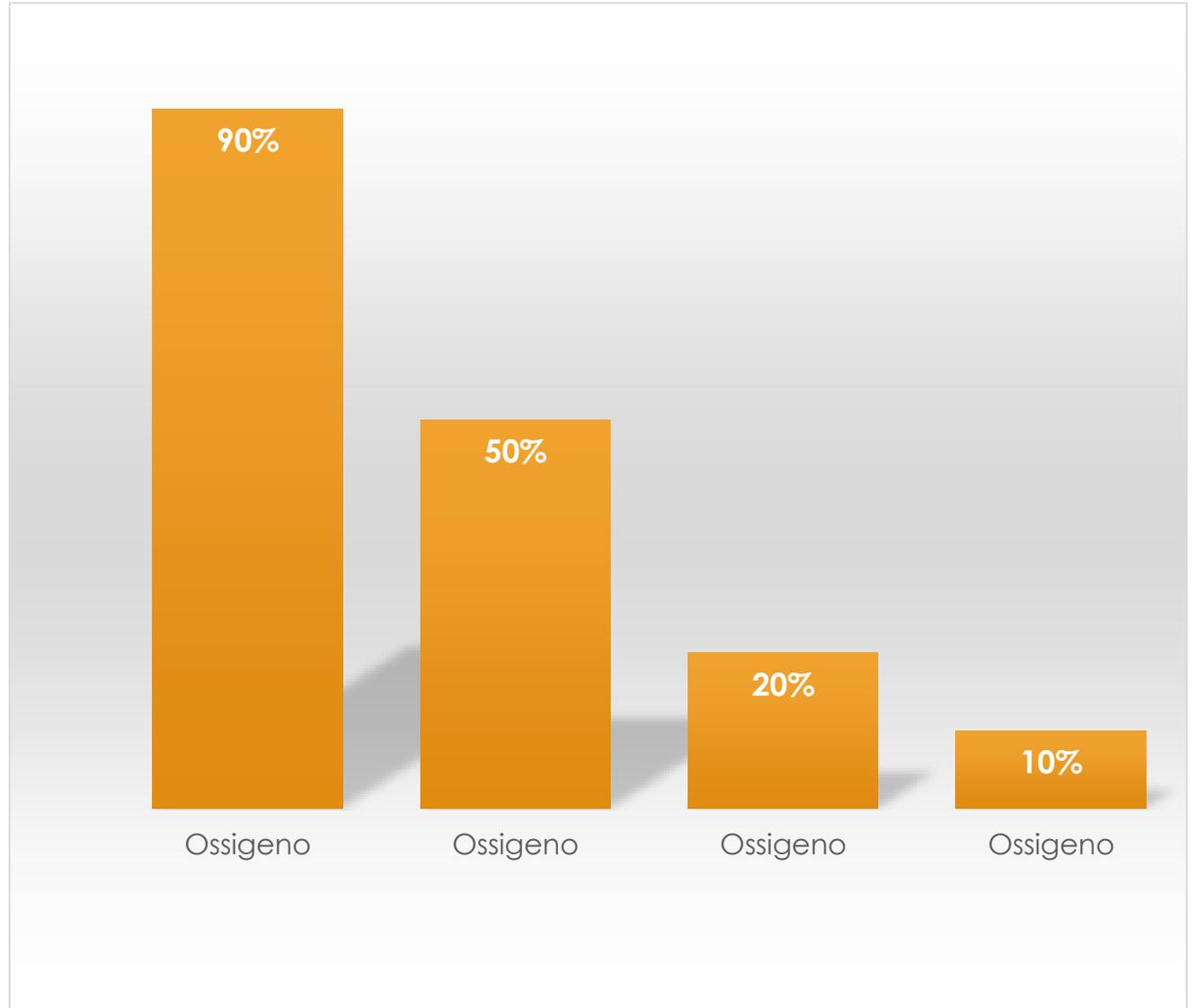
## TRA OSSIGENO E MICROBIOTA



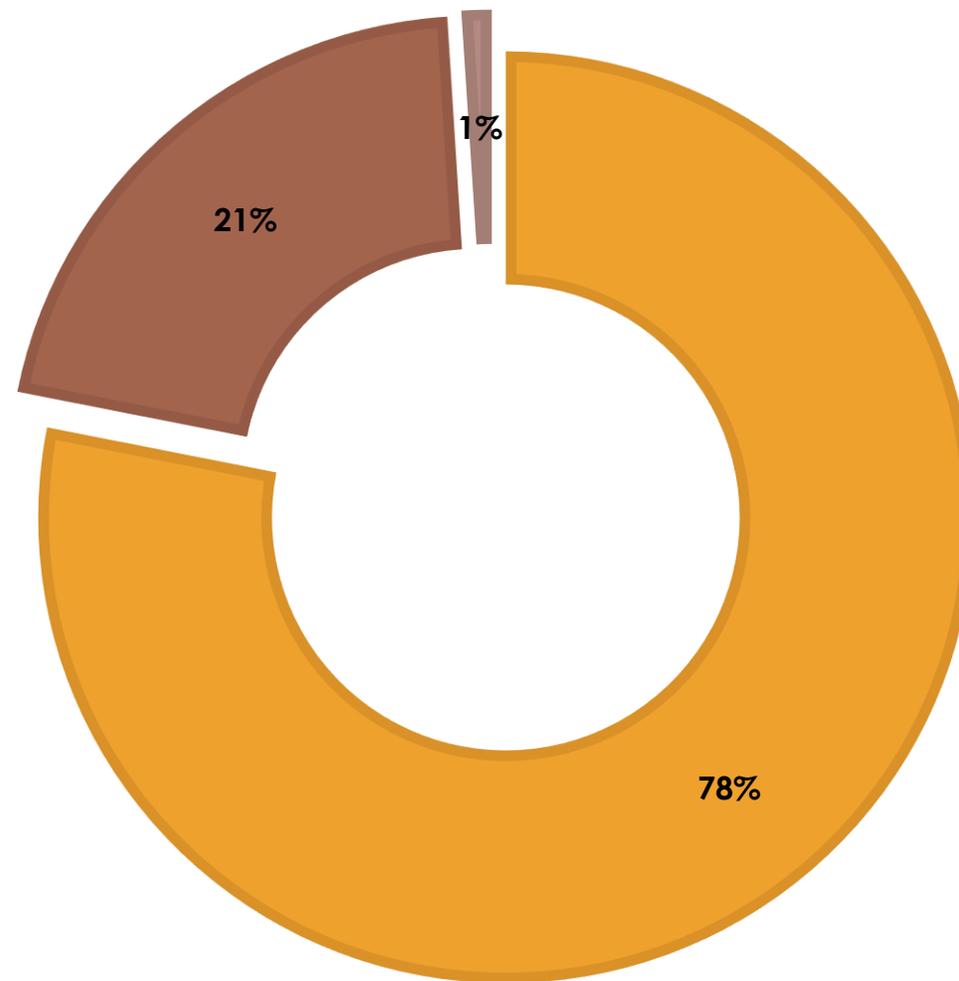
**Paolo Sossai, MD, PhD, AGAF**

**Marco Tolomelli, BSc**

Composizione  
dell'aria: tutto  
ossigeno?



# Composizione aria "secca"



■ Azoto ■ Ossigeno ■ Altri gas

# Composizione aria “umida” (per la gioia dei metereologi)



Fino al 4% di acqua  
allo stato gassoso  
(nebbia, nuvole, ...)



L'aria  
“umida”  
pesa meno  
dell'aria  
“secca”



**Vapore acqueo: PM 18**

**Azoto: PM 28**

**Ossigeno: PM 32**

Pesando meno, l'aria “umida”  
si pone al di sopra dell'aria “secca”

A photograph of a large, snow-covered mountain peak, likely a volcano, under a clear blue sky. The mountain's surface is textured with snow and some rocky outcrops. In the foreground, there is a large, semi-transparent orange box with a diagonal line pattern. Inside this box, the text "In quota cosa succede?" is written in white, bold, sans-serif font.

**In quota cosa  
succede?**

# In quota cosa succede?

La percentuale di ossigeno rimane inalterata, ma diminuisce la pressione atmosferica, che a zero metri è di 1.013 millibar.

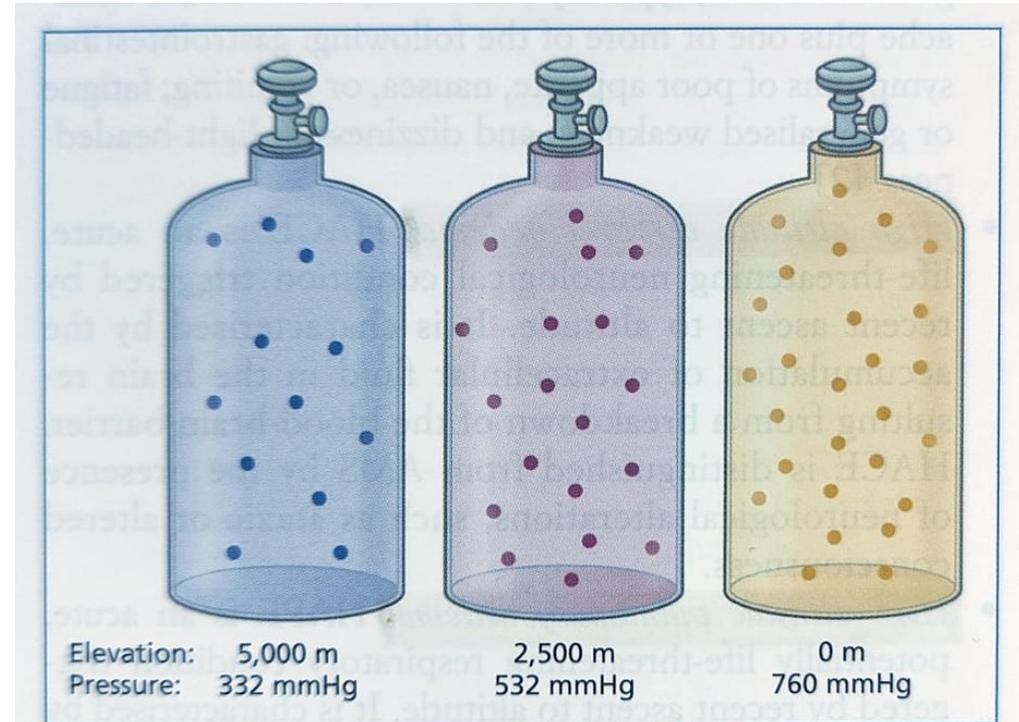
# In quota cosa succede?

Altitudine	Temperatura	Pressione atmosferica
0 m	15,0 °C	1.013 millibar
1.000 m	8,5 °C	899 millibar
2.000 m	2,0 °C	795 millibar
2.500 m	-1,3 °C	748 millibar
3.000 m	-4,5 °C	701 millibar
4.000 m	-11,0 °C	616 millibar
5.000 m	-17,5 °C	540 millibar
6.000 m	-24,0 °C	472 millibar
7.000 m	-30,5 °C	411 millibar
8.000 m	-37,0 °C	356 millibar

In quota cosa succede?

Risultato:

diminuisce la quantità e non la percentuale di ossigeno nell'aria.



**Figure 32.1** At higher altitudes, air is less dense due to decreasing atmospheric pressure. This means that although the percentage of oxygen in the air does not change, the total number of molecules of oxygen in a given volume of air decreases. (Adapted from OpenStax, CC BY 3.0.)

# In quota cosa succede?

A quote superiori a 2.500 m per ipossia possono svilupparsi tre sindromi:

- **malattia acuta da montagna** (cefalea, debolezza, disturbi gastro-intestinali come nausea, vomito, diarrea);
- **edema cerebrale da alta quota** (alterazione di coscienza, atassia);
- **edema polmonare da alta quota** (difficoltà respiratorie per accumulo di liquidi negli alveoli respiratori).

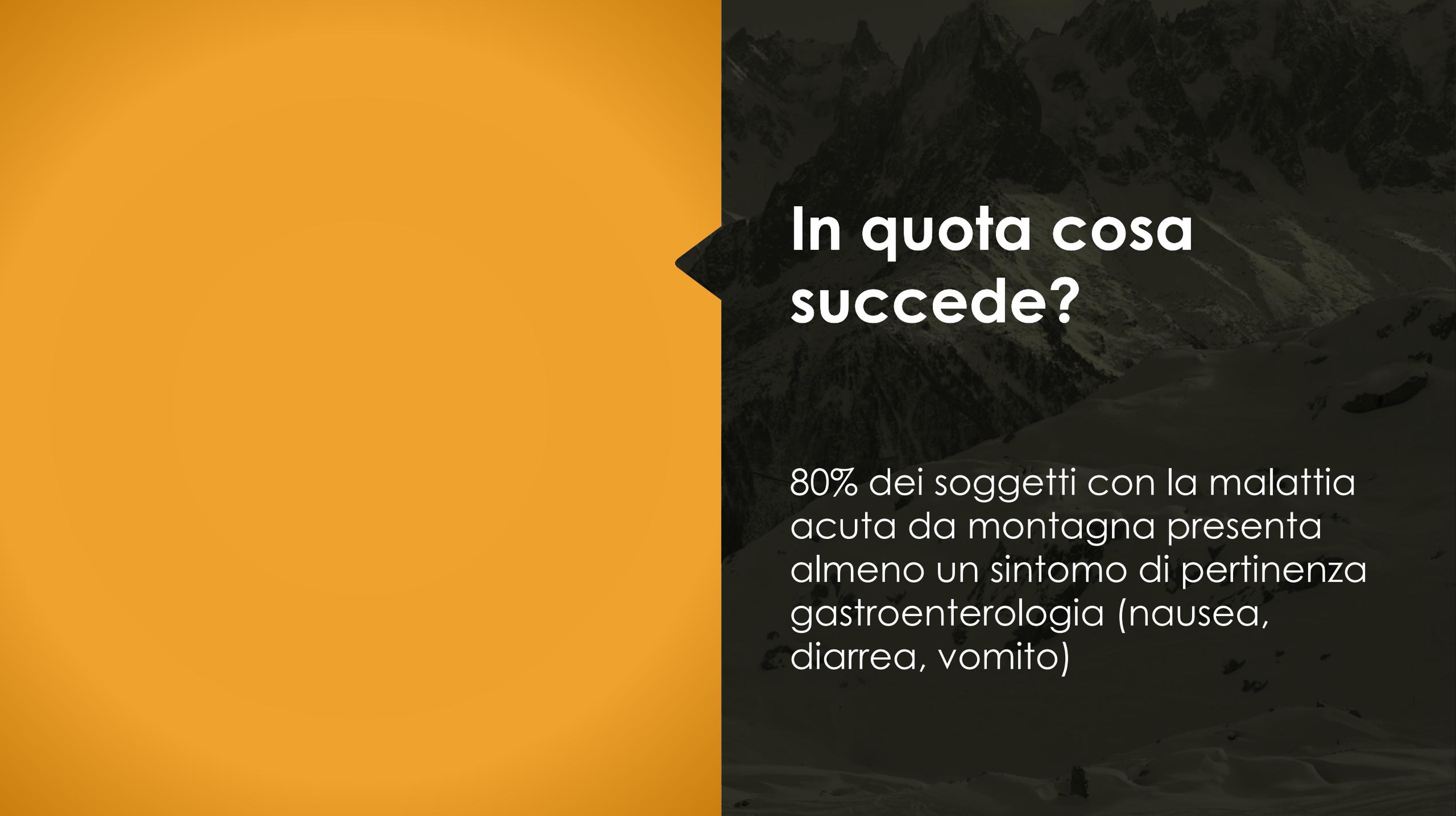
# In quota cosa succede?

La superficie dell'intestino corrisponde a circa 300 mq, che devono essere necessariamente alimentati da una sufficiente vascolarizzazione.



# In quota cosa succede?

In tutti e tre i quadri, l'acquisizione di quota in tempi rapidi è la causa principale dei disturbi segnalati, che sono legati a carenza di ossigeno.



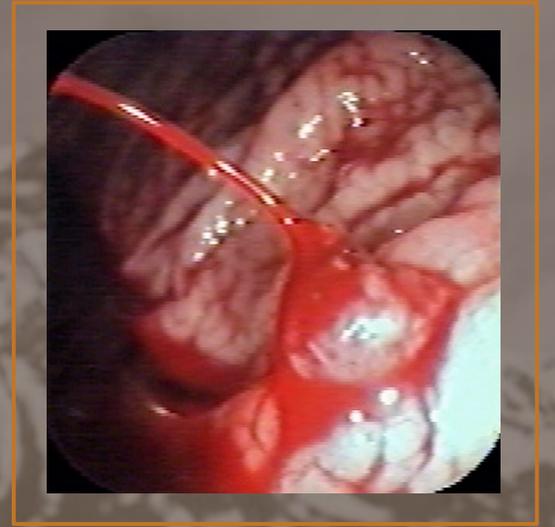
## In quota cosa succede?

80% dei soggetti con la malattia acuta da montagna presenta almeno un sintomo di pertinenza gastroenterologia (nausea, diarrea, vomito)



## In quota cosa succede?

Il 35% dei soggetti che affrontano l'ascensione a Mt. Everest presenta diarrea.

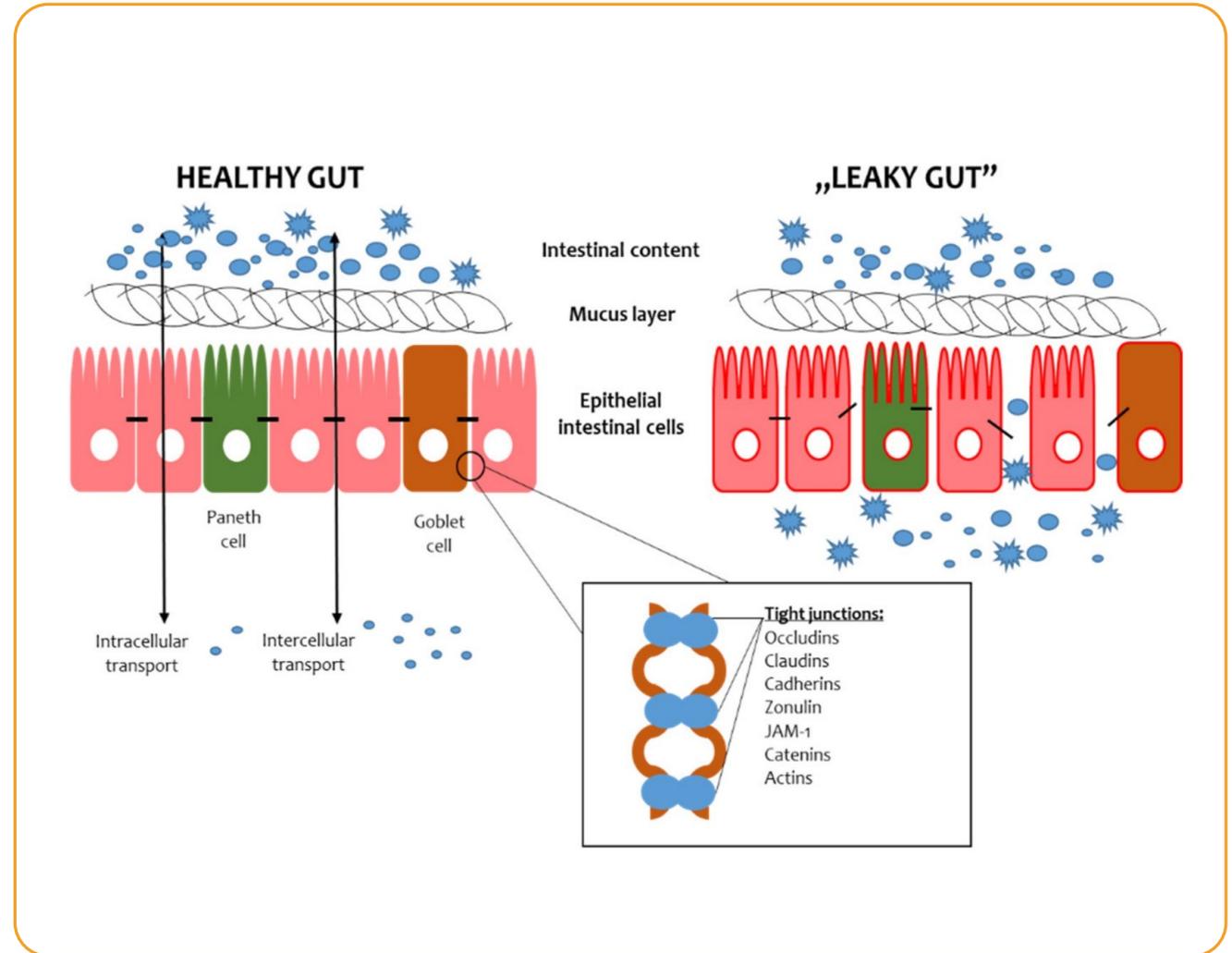


# In quota cosa succede?

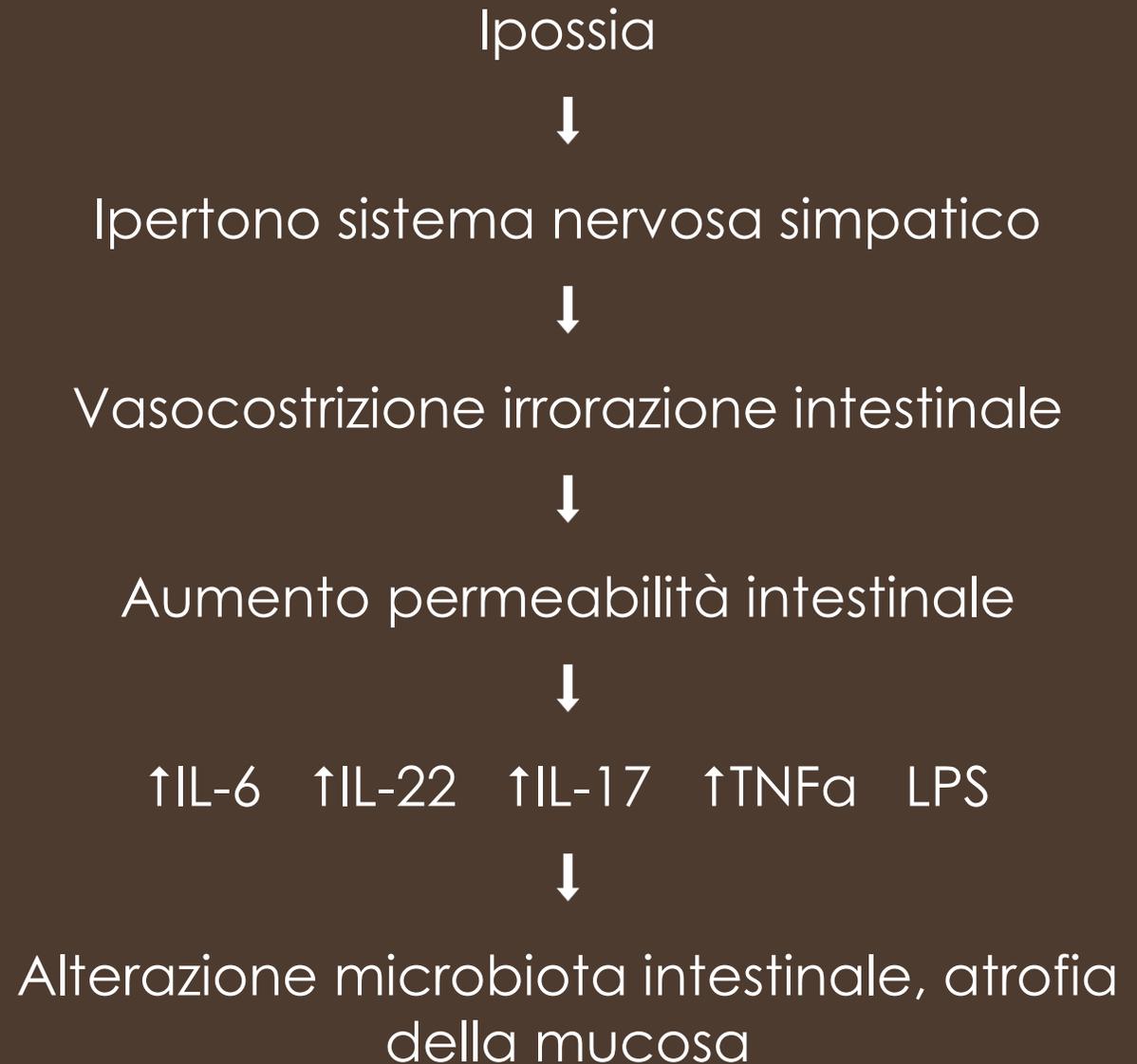
Emorragie digestive in lavoratori a quota 5.000 m.

# In quota cosa succede?

A proposito di  
apparato  
gastroenterico...  
...leaky gut



**In quota cosa succede?**



# In quota cosa succede?

I farmaci utilizzati nelle patologie da quota (acetazolamide e desametazone) possono presentare come effetti collaterali proprio disturbi digestivi.

# Cosa usare in caso di disturbi digestivi in quota?

Loperamide?

Probiotici?

Acidi grassi a catena corta?

Inibitori di pompa protonica?





**Microbiota in quota**

# HYPOXIA: The "Invisible pusher " of Gut Microbiota

Ni Han<sup>1</sup> , Zhiyuan Pan<sup>1</sup> , Guangwei Liu<sup>2</sup> , Ruifu Yang<sup>1</sup>† and Bi Yujing<sup>1</sup> \*

<sup>1</sup> State Key Laboratory of Pathogen and Biosecurity, Beijing Institute of Microbiology and Epidemiology, Beijing, China, <sup>2</sup> Key Laboratory of Cell Proliferation and Regulation Biology, Ministry of Education, Institute of Cell Biology, College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing, China

Oxygen is important to the human body. Cell survival and operations depend on oxygen. When the body becomes hypoxic, it affects the organs, tissues and cells and can cause irreversible damage. Hypoxia can occur under various conditions, including external environmental hypoxia and internal hypoxia. The gut microbiota plays different roles under hypoxic conditions, and its products and metabolites interact with susceptible tissues. This review was conducted to elucidate the complex relationship between hypoxia and the gut microbiota under different conditions. We describe the changes of intestinal microbiota under different hypoxic conditions: external environment and internal environment. For external environment, altitude was the mayor cause induced hypoxia. **With the increase of altitude, hypoxia will become more serious, and meanwhile gut microbiota also changed obviously.** Body internal environment also became hypoxia because of some diseases (such as cancer, neonatal necrotizing enterocolitis, even COVID-19). In addition to the disease itself, this hypoxia can also lead to changes of gut microbiota. The relationship between hypoxia and the gut microbiota are discussed under these conditions.

# La Medicina Tibetana in alta quota

La Medicina Tibetana ha radici molto antiche e spiega i vari squilibri sulla base dell'equilibrio di tre umori:

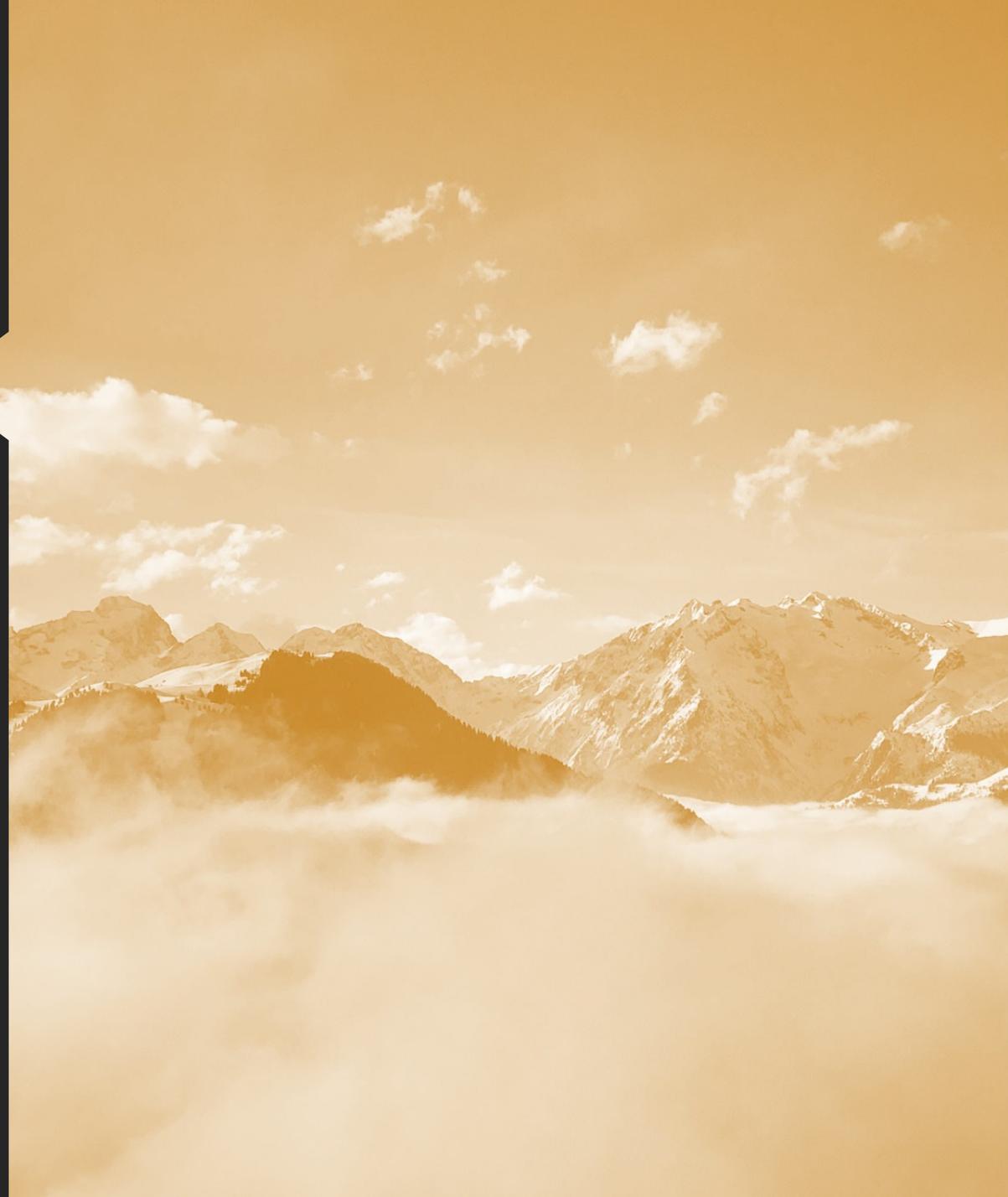
- umore BILE: disturbi sangue, fegato, cistifellea;
- umore VENTO: disturbi gastroenterici e cardiac;
- umore FLEMMA: disturbi stomaco, torace, testa.



# In montagna cambia “l’umore”

Questi “umori” possono essere influenzati da fattori come:

- cambiamento di stagioni;
- attività fisiche;
- variazioni di temperatura;
- dieta.





## Cosa diventiamo in montagna?

In montagna ci liberiamo dalle nostre abitudini, avendo la sensazione anche fisiologica di rinascere.

È un vero e proprio organo che la scienza moderna definisce con il termine di OLOBIONTE; ovvero un organismo caratterizzato dalla convivenza simbiotica di agenti biologici: batteri, funghi, virus e parassiti che non condividono lo stesso DNA.

## **Microbiota**

# Microbiota adattativo

## **Gut microbiota composition in Himalayan and Andean populations and its relationship with diet, lifestyle and adaptation to the high-altitude environment**

Andrea Quagliariello<sup>1 #</sup>, Monica Di Paola<sup>2 #</sup>, Sara De Fanti<sup>3</sup>, Guido Alberto GneccchiRusccone<sup>3 ±</sup>, Lucia Martinez-Priego<sup>4</sup>, David Pérez-Villaroya<sup>4</sup>, Mingma G. Sherpa<sup>5</sup>, Phurba T. Sherpa<sup>5</sup>, Giorgio Marinelli<sup>6</sup>, Luca Natali<sup>6</sup>, Marco Di Marcello<sup>6</sup>, Davide Peluzzi<sup>6</sup>, Patrizia Di Cosimo<sup>7</sup>, Giuseppe D'Auria<sup>4,8</sup>, Davide Pettener<sup>3</sup>, Marco Sazzini<sup>3 §</sup>, Donata Luiselli<sup>9 \* §</sup> & Carlotta De Filippo<sup>10 \* § 1</sup>)

Human Microbiome Unit, Bambino Gesù Children's Hospital and Research Institute, IRCCS, Rome, Italy 2) Dept. of Biology, University of Florence, Sesto Fiorentino (Florence), Italy 3) Laboratory of Molecular Anthropology & Centre for Genome Biology, Dept. of Biological, Geological and Environmental Sciences, University of Bologna, Italy e-mail: marco.sazzini<sup>2</sup>@unibo.it 4) Sequencing & Bioinformatics Service, Fundación para el Fomento de la Investigación Sanitaria y Biomédica de la Comunidad Valenciana (FISABIO), Valencia, Spain 5) Mount Everest Summitter's Club, Rolwaling, Dolakha, Nepal 6) Explora Nunaat International, Montorio al Vomano, Teramo, Italy 7) Takesi Project, University of Bologna, Italy 8) Centro de Investigación Biomédica en Red en Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Valencia, Spain 9) Department of Cultural Heritage, University of Bologna, Italy e-mail: donata.luiselli@unibo.it 10) Institute of Biology and Agrarian Biotechnology (IBBA), National Research Council (CNR), Pisa, Italy

e-mail: carlotta.defilippo@ibba.cnr.it Summary - Human populations living at high altitude evolved a number of biological adjustments to cope with a challenging environment characterised especially by reduced oxygen availability and limited nutritional

Human populations living at high altitude evolved a number of biological adjustments to cope with a challenging environment characterised especially by reduced oxygen availability and limited nutritional resources. This condition may also affect their gut microbiota composition. Here, we explored the impact of exposure to such selective pressures on human gut microbiota by considering different ethnic groups living at variable degrees of altitude: the high-altitude Sherpa and low-altitude Tamang populations from Nepal, the highaltitude Aymara population from Bolivia, as well as a low-altitude cohort of European ancestry, used as control. We thus observed microbial profiles common to the Sherpa and Aymara, but absent in the low-altitude cohorts, which may contribute to the achievement of adaptation to high-altitude lifestyle and nutritional conditions. **The collected evidences suggest that microbial signatures associated to these rural populations may enhance metabolic functions able to supply essential compounds useful for the host to cope with high altitude-related physiological changes and energy demand.** Therefore, these results add another valuable piece of the puzzle to the understanding of the beneficial effects of symbiosis between microbes and their human host even from an evolutionary perspective.

# Microbiota adattativo

Considerando la superficie intestinale, la diminuzione dell'ossigeno comporta una situazione patologico/adattativa che prende il nome di Leakage Intestinale.

Aumenta LPS (Lipopolisaccaridi)

- >> Reazione Infiammatoria
  - >> Diarrea
  - >> Intolleranza
- >> Infezioni genito-urinarie ricorrenti

# Metaboliti

Importante il ruolo della serotonina che oggi ci può indicare la presenza o meno di un alvo diarroico.

Così come importante il ruolo delle Tmao per la componente cardiovascolare.

Nonché degli acidi grassi a corta catena per la reattività immunitaria.

Metabolismo	Carenza ⇌ ⇒ Eccesso	Metabolismo	Carenza ⇌ ⇒ Eccesso
Acetato	0	Trimetilammina (TMA)	0
Butirrato	1	Polifenoli	0
Propionato	0	Vitamine gr. B	1
Succinato	0	Vitamina K2	0
Lattato	4	Degradazione glutine	0
GABA	0	Mucolisi	0
Istamina	2	Proteolisi	0
Indolo	0	Lipopolisaccaride (LPS)	0
Ac. Indolacetico (IAA)	3	Ac. biliari secondari	0
Ac. Indolpropionico (IPA)	2	Etanolo	0
Triptamina	1	Ac. Solfidrico (H <sub>2</sub> S)	0
Serotonina	0	Metano (CH <sub>4</sub> )	0

The image shows the International Space Station (ISS) in orbit above Earth. The station's complex structure, including multiple modules and long solar panel arrays, is clearly visible against the dark background of space. The Earth's surface, with its blue oceans and white clouds, is seen on the left side of the frame. The text is overlaid in the center of the image.

**...e nello spazio come si comporta il microbiota?**

# Perché nello spazio?

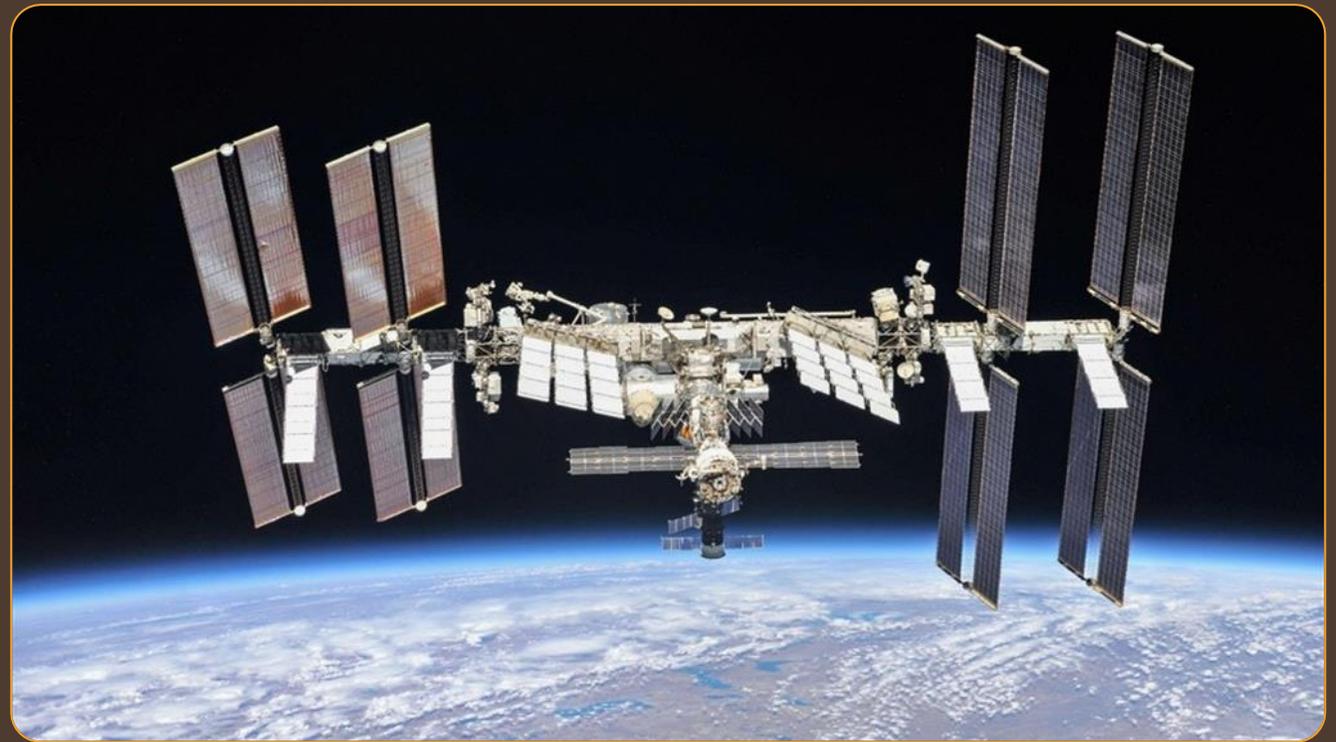
Nel 1970 una suora di nome Maria Gioconda, attiva in Zambia, scrisse a Ernst Stuhlinger, direttore scientifico della NASA, chiedendo se era etico spendere tanto denaro per le missioni Apollo, quando nel mondo morivano centinaia di milioni di persone per fame.



# Perché nello spazio?

6 maggio 1970

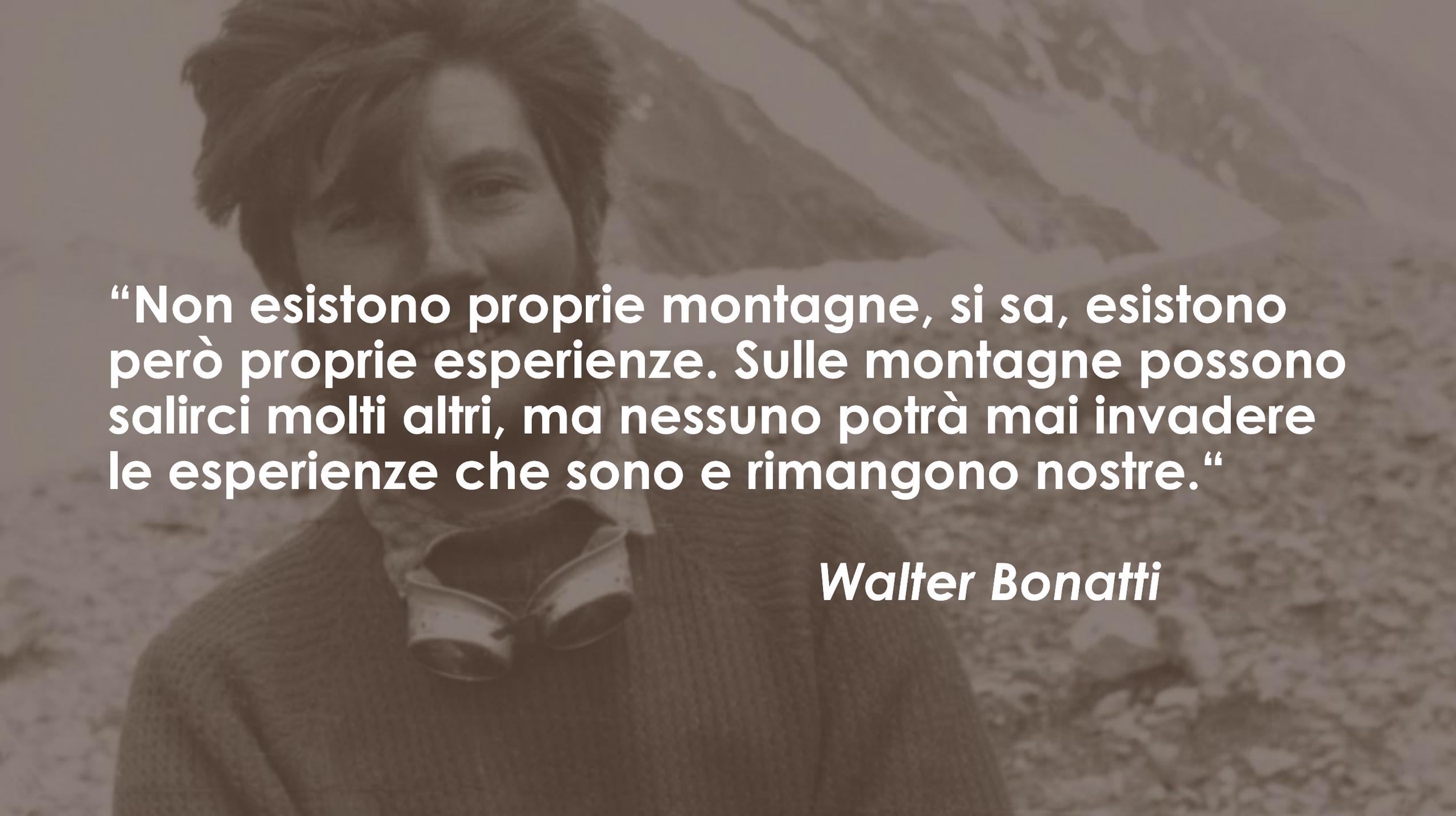
“Circa l'1,6% del budget federale è stato destinato alla ricerca spaziale quest'anno. Il programma spaziale comprende il Progetto Apollo e molti altri progetti più piccoli legati alla fisica dello spazio, all'astronomia, alla biologia dello spazio, allo studio dei pianeti, all'analisi delle risorse della Terra e all'ingegneria spaziale.”



# Programma Artemis

Inaugurato nel 2017 da Donald Trump con l'obiettivo di riportare esseri umani sulla Luna e spianare la strada all'esplorazione di Marte.





**“Non esistono proprie montagne, si sa, esistono però proprie esperienze. Sulle montagne possono salirci molti altri, ma nessuno potrà mai invadere le esperienze che sono e rimangono nostre.”**

***Walter Bonatti***



# Grazie!

*Paolo Sossai, MD, PhD, AGAF*  
*Marco Tolomelli, BSc*

*paolosossai@libero.it - [www.paolosossai.eu](http://www.paolosossai.eu)*