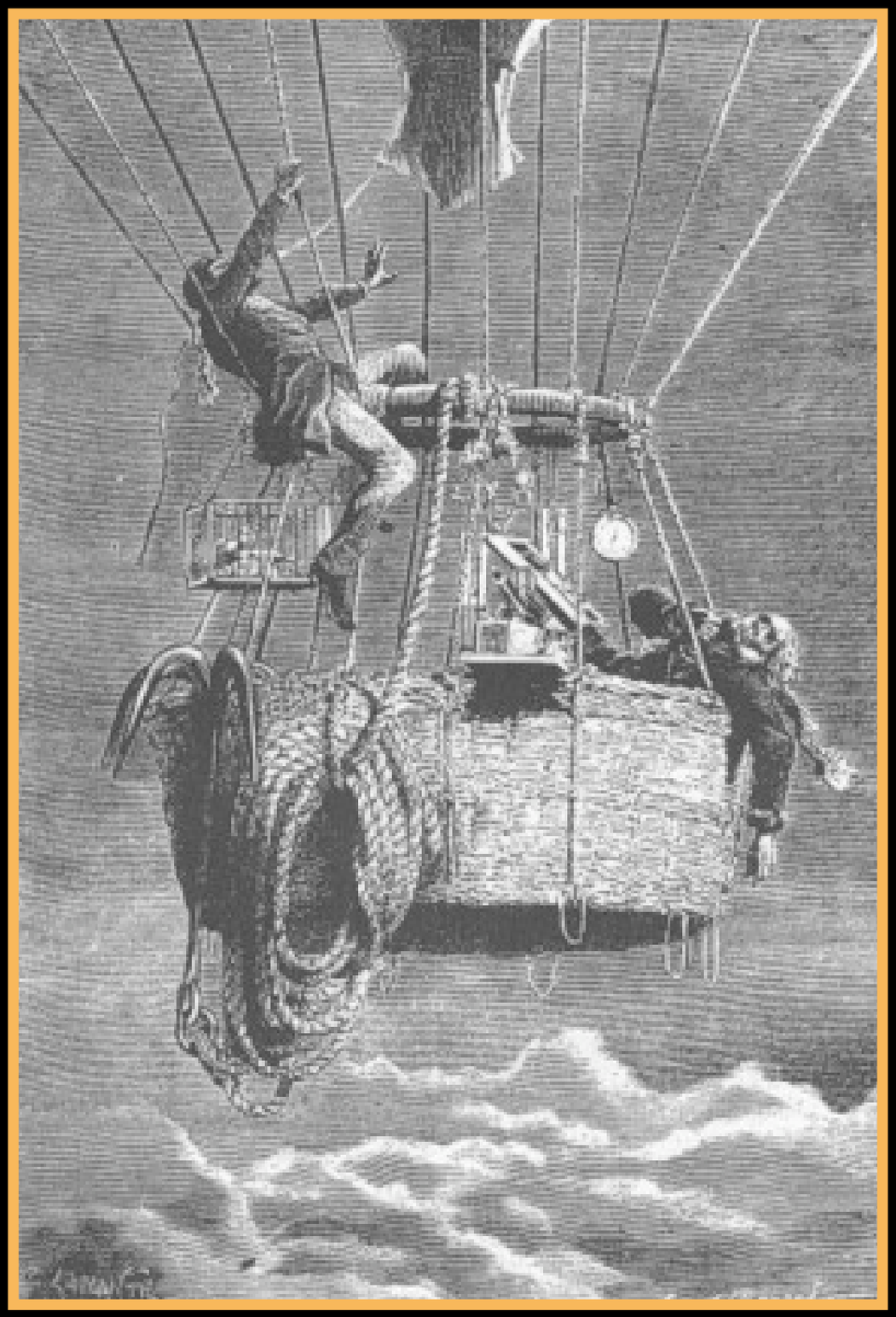
Fisiología de Altura y Aclimatación

Sebastián Irarrázaval D.

V Seminario de Medicina de Montaña

2004



A grandes altitudes en globo aerostático

Coxwell y Glaischer en 1862

Fisiología de Altura

- Estudio de los procesos físicos y químicos específicos involucrados en el funcionamiento de los seres humanos en altura
- La altura repercute en todos los sistemas del ser humano
  - Sistema respiratorio
  - Sistema cardiovascular

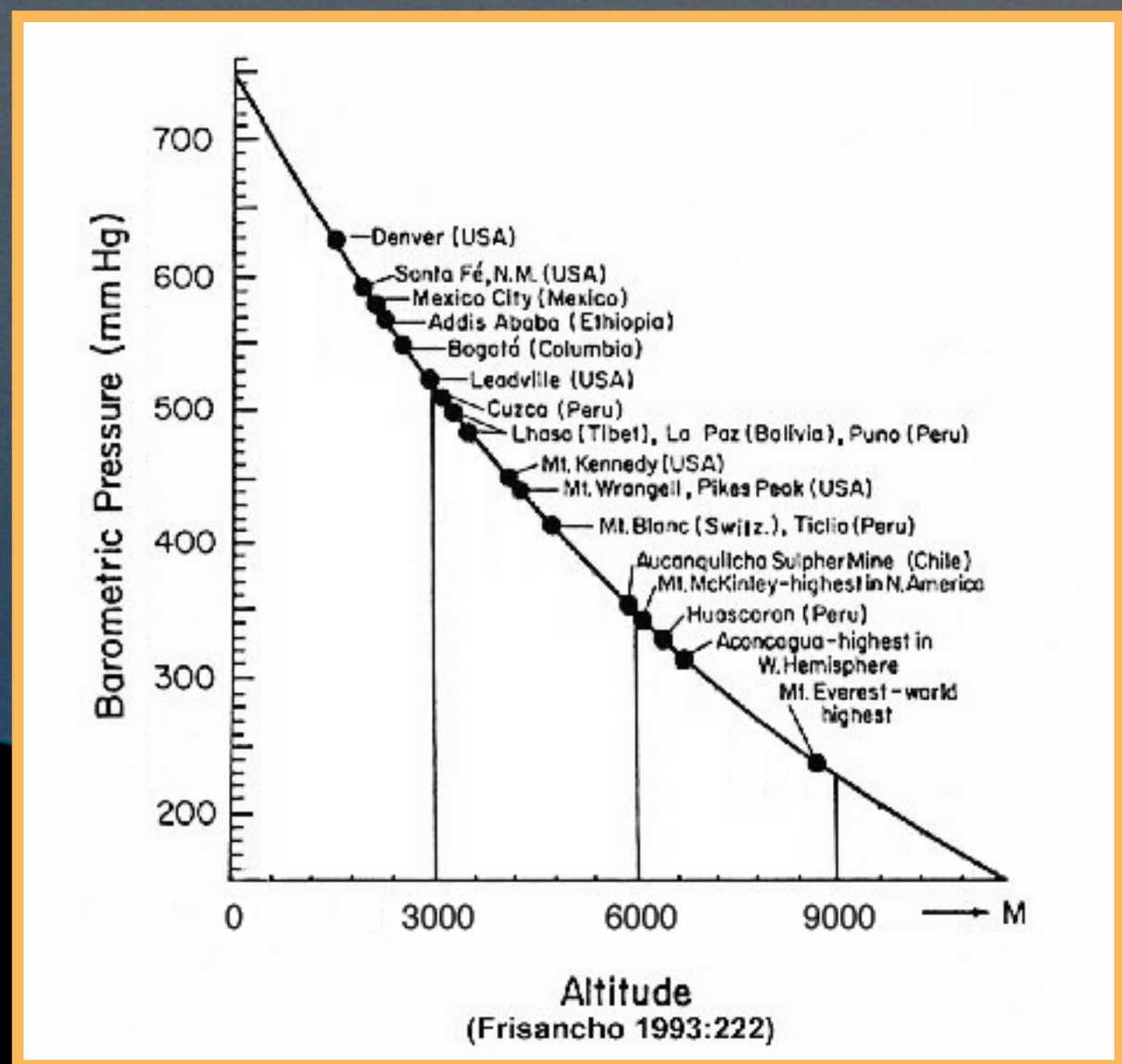
Aclimatación a la altura

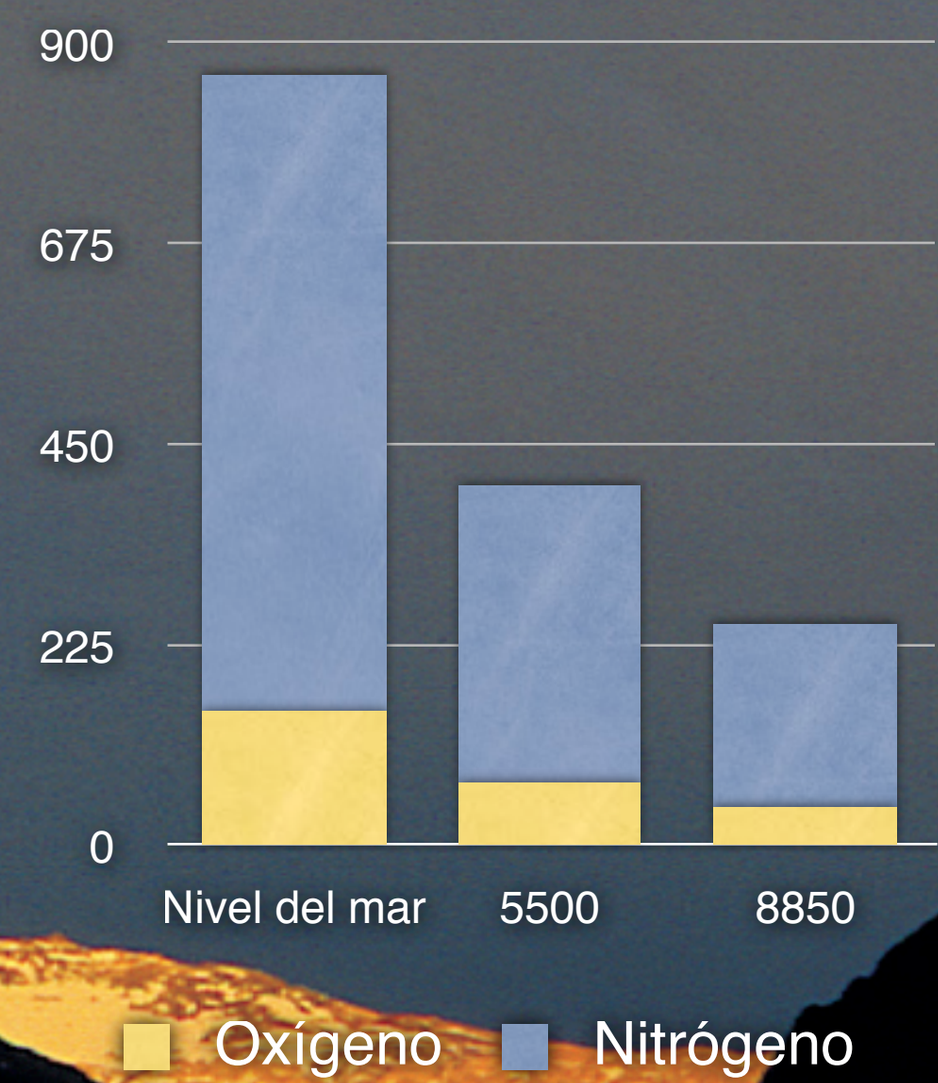
- Conjunto de procesos adaptativos del ser humano frente a la altura
- Otros conceptos:
  - Aclimatización
  - Adaptación o aclimatación natural

Fisiología de Altura

Factores ambientales de la altura

- Hipoxia





Factores ambientales de la altura

- Hipoxia
- Disminución de la temperatura y viento
- Disminución de la humedad del aire
- Radiación solar y resolana

Efectos de la hipoxia

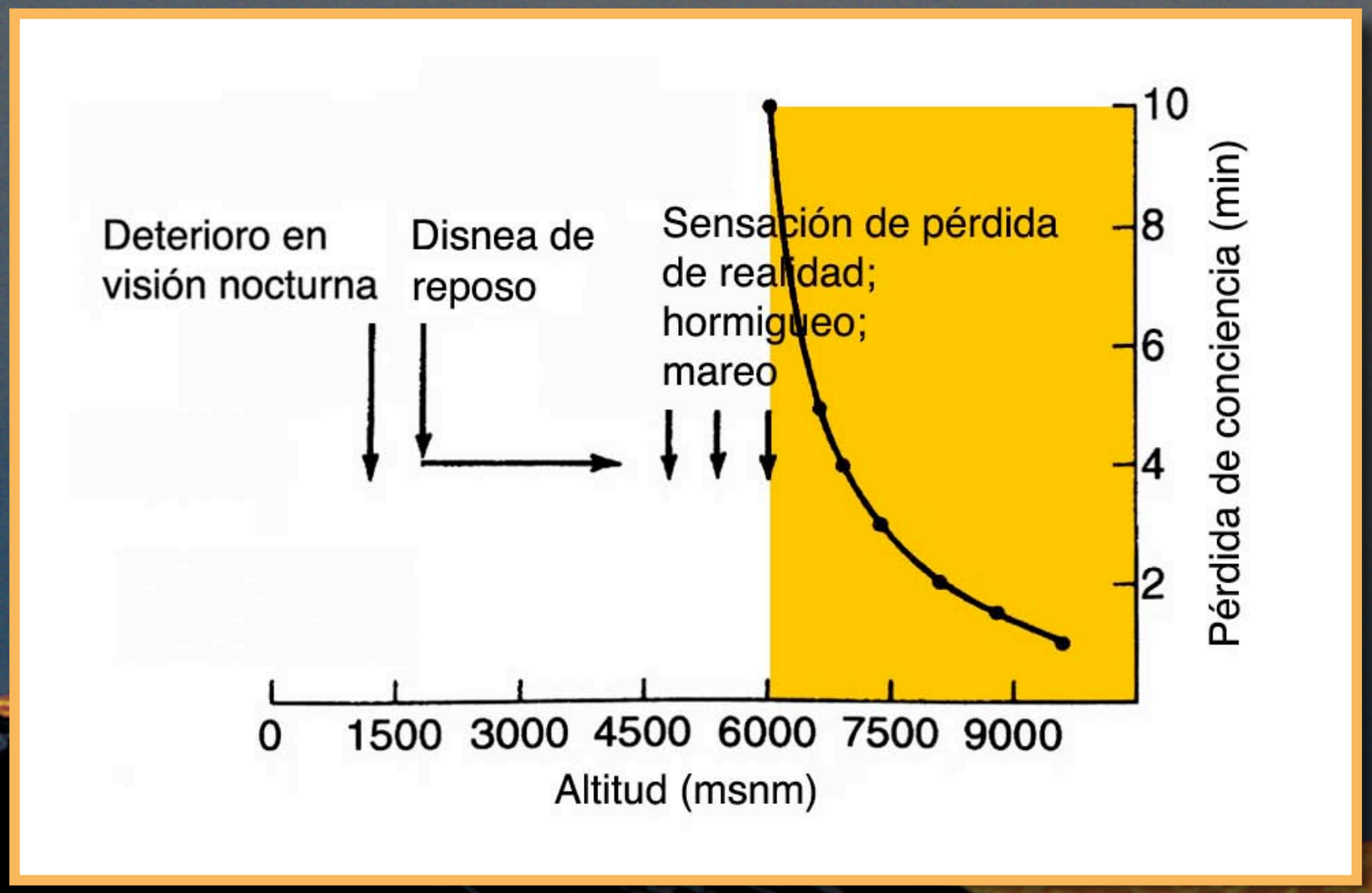
- Cambios adaptativos en todos los sistemas en forma gradual y ordenada

→ ACLIMATACIÓN

Efectos de la hipoxia

- Los efectos dependen de la rapidez de exposición

Sharp 1978



Efectos de la hipoxia

- Los efectos dependen de la rapidez de exposición

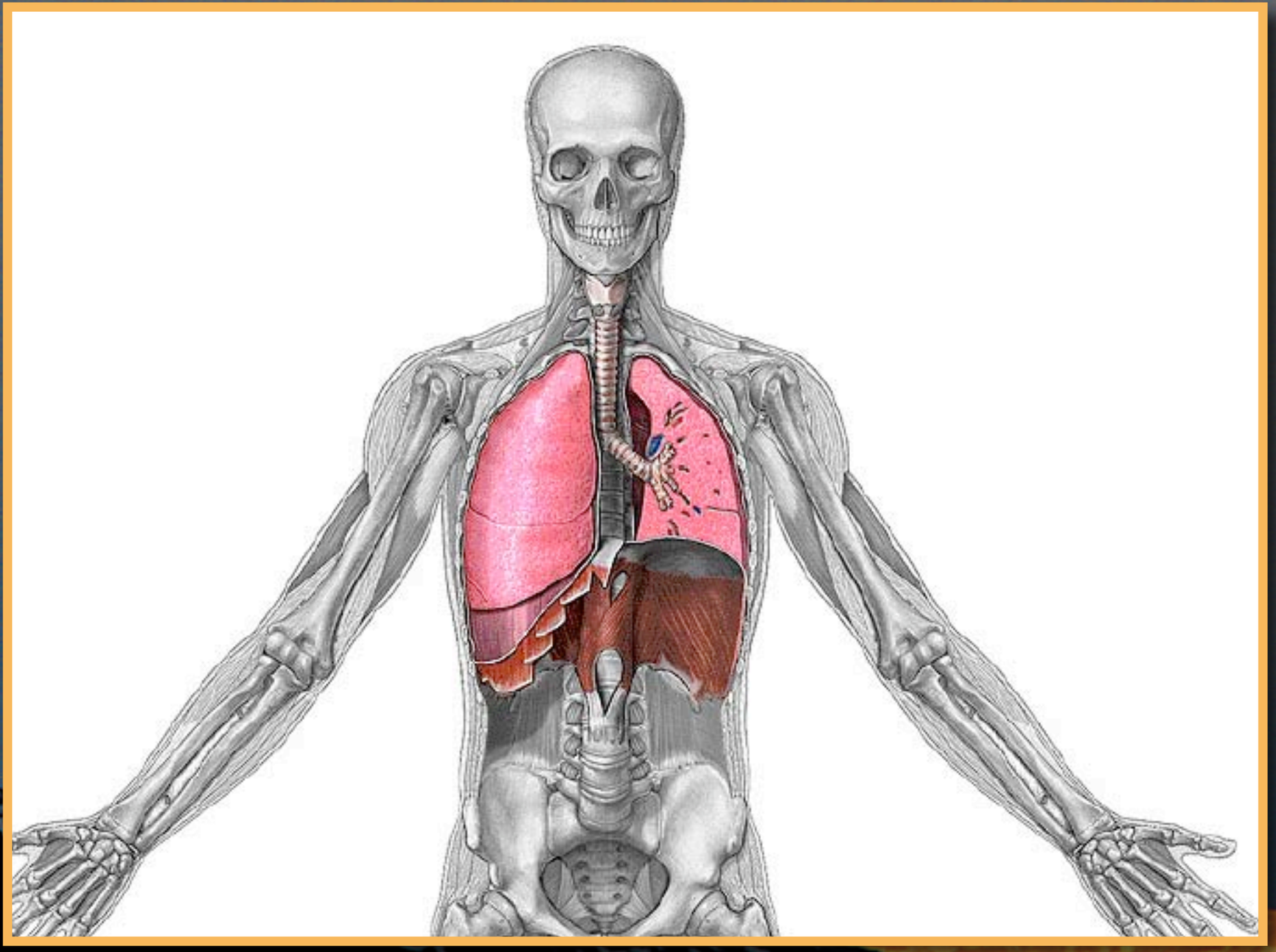
Primer ascenso Everest sin oxígeno suplementario

Messner y Habeler 1978

Cambios adaptativos a la hipoxia

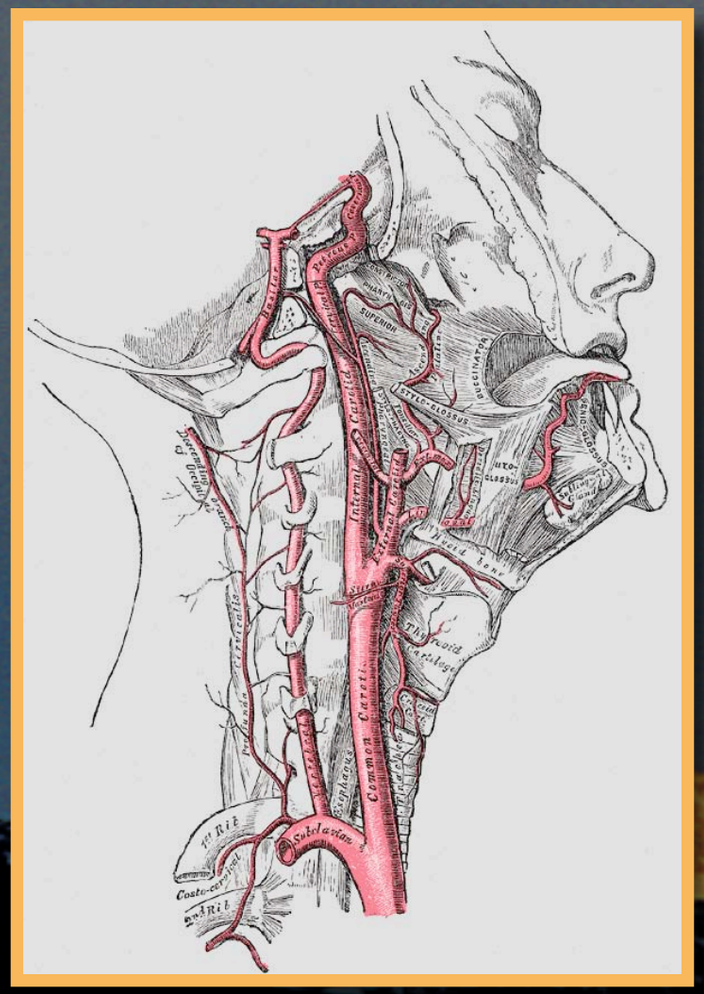
- La altura repercute en todos los sistemas del ser humano
  - Sistema respiratorio
  - Sistema cardiovascular

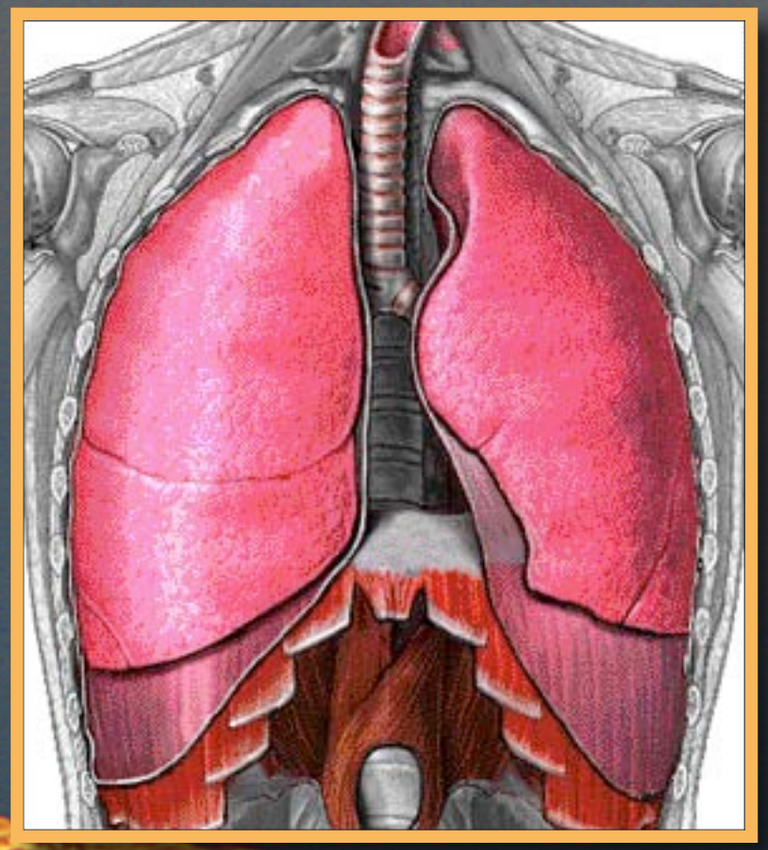
Sistema Respiratorio



Sistema Respiratorio

- Respuesta Ventilatoria a la Hipoxia (RVH)

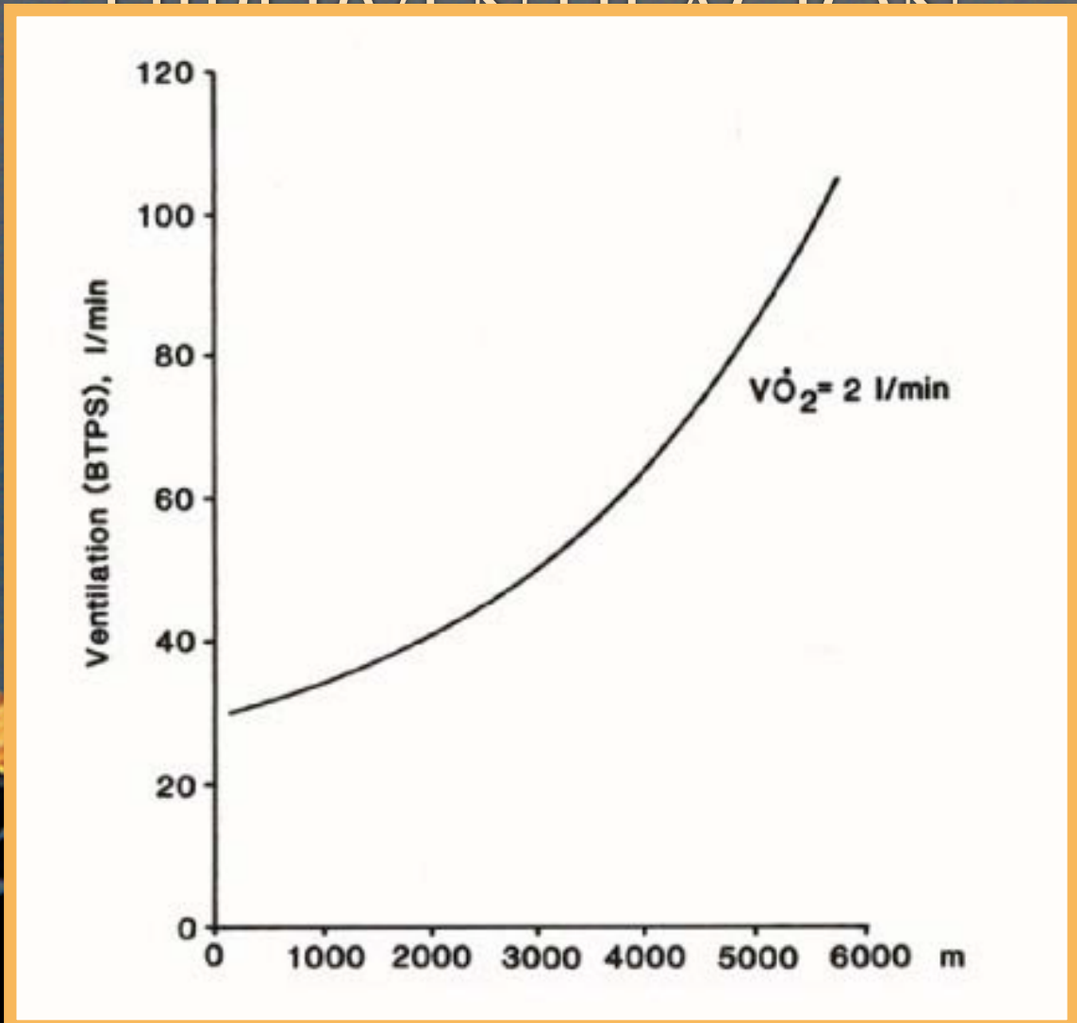




Sistema Respiratorio

- Respuesta Ventilatoria a la Hipoxia (RVH)

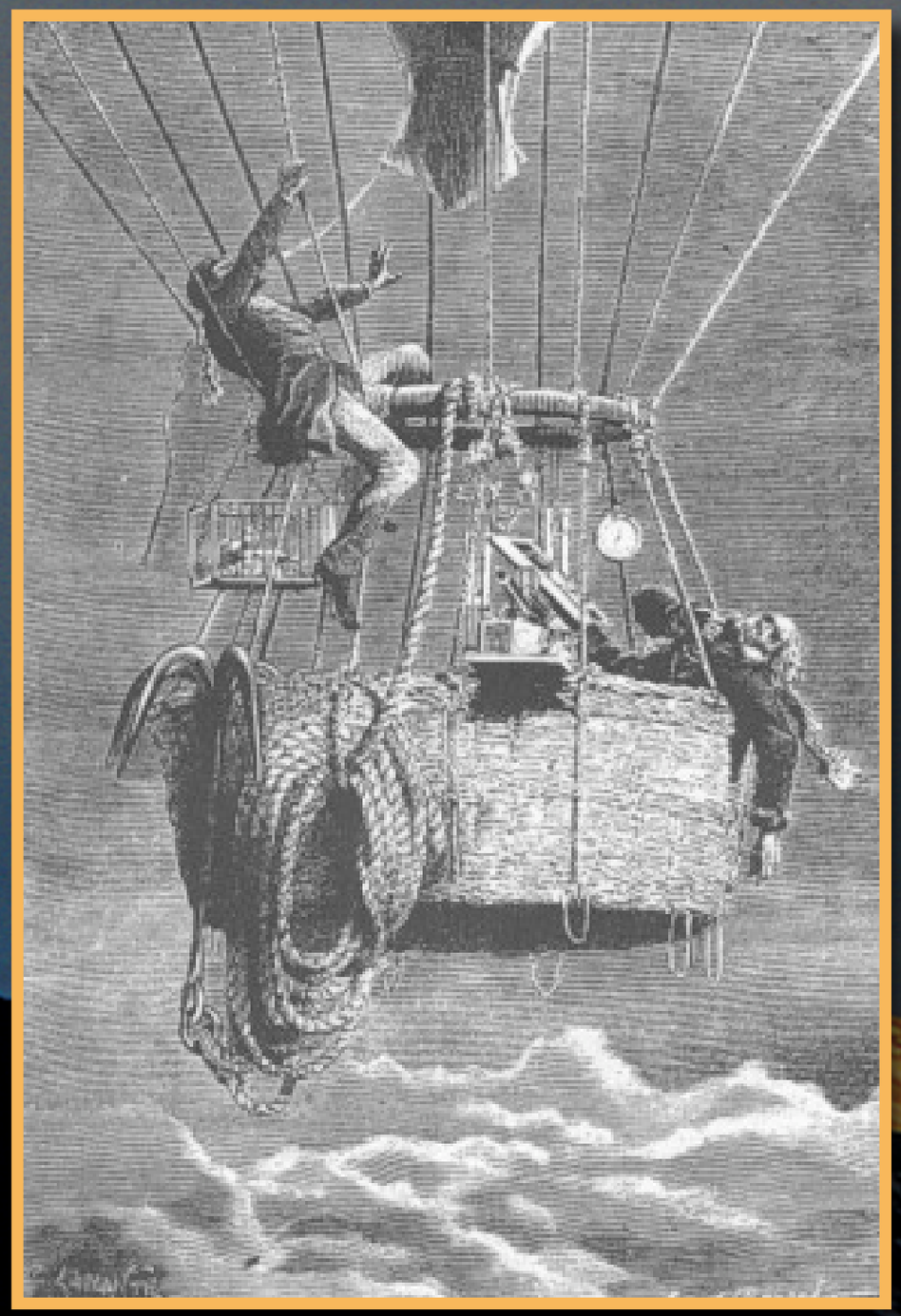
HIPERVENTILACIÓN

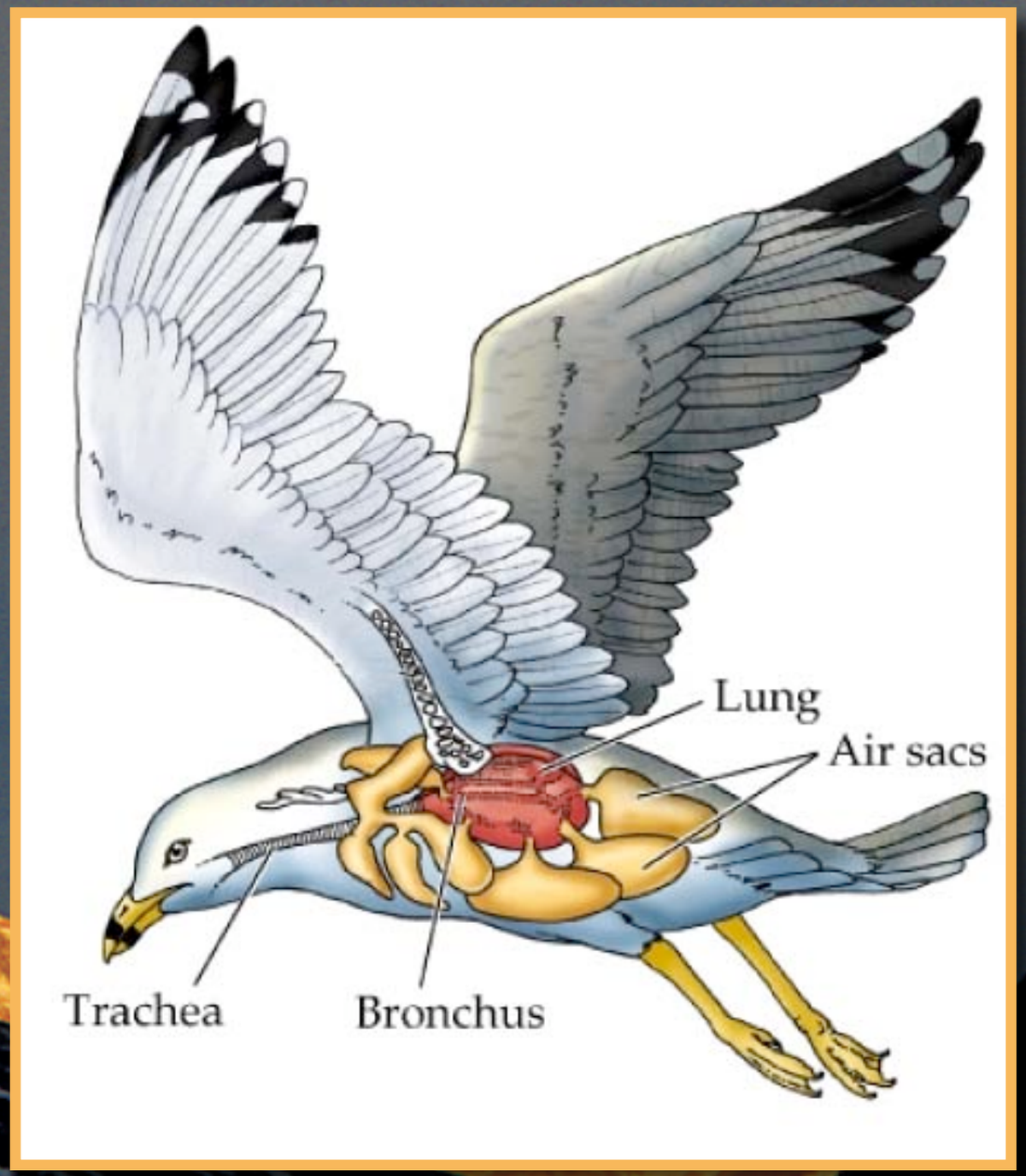


Sistema Respiratorio

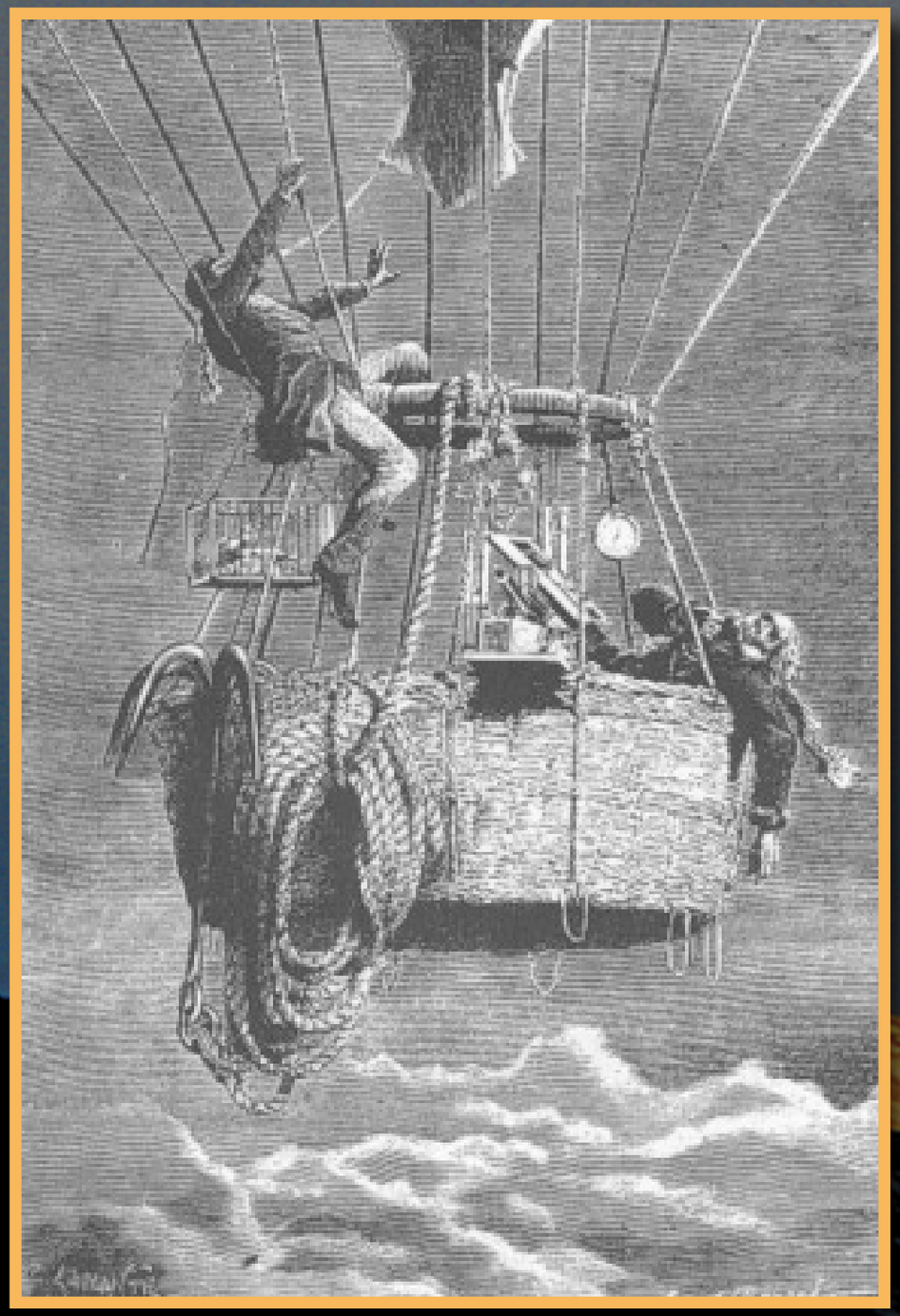
- Factores que disminuyen la RVH:
  - alcohol
  - sedantes
- Factores que aumentan la RVH:
  - aclimatación

Sistema Respiratorio





Sistema Respiratorio



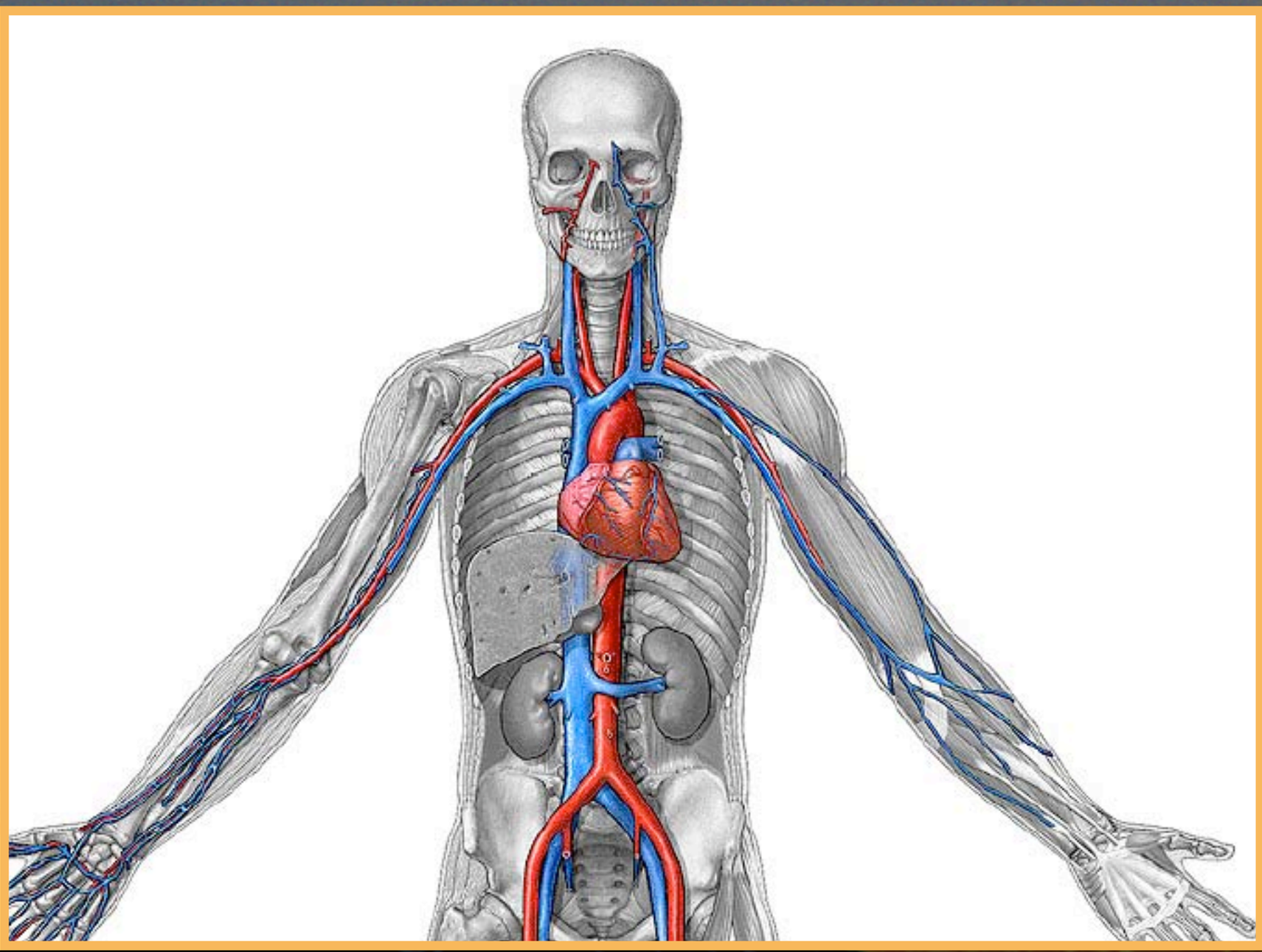
Ánsar calvo, récord de vuelo en altura

Sistema Respiratorio

Récord de salto en altura

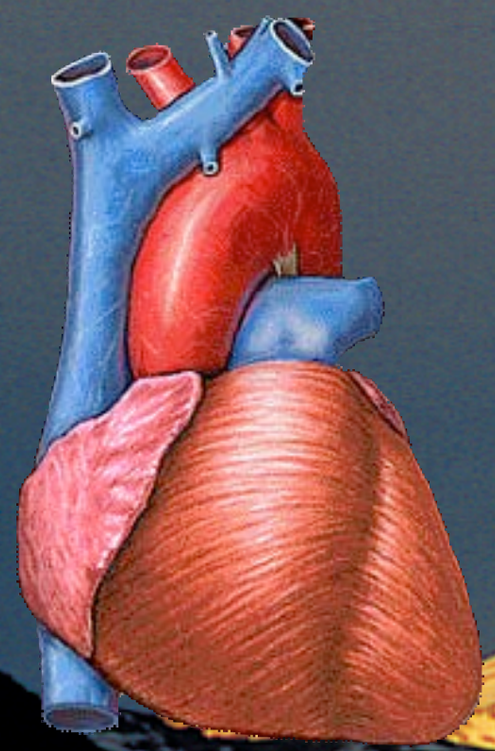
J. Kittinger
1960

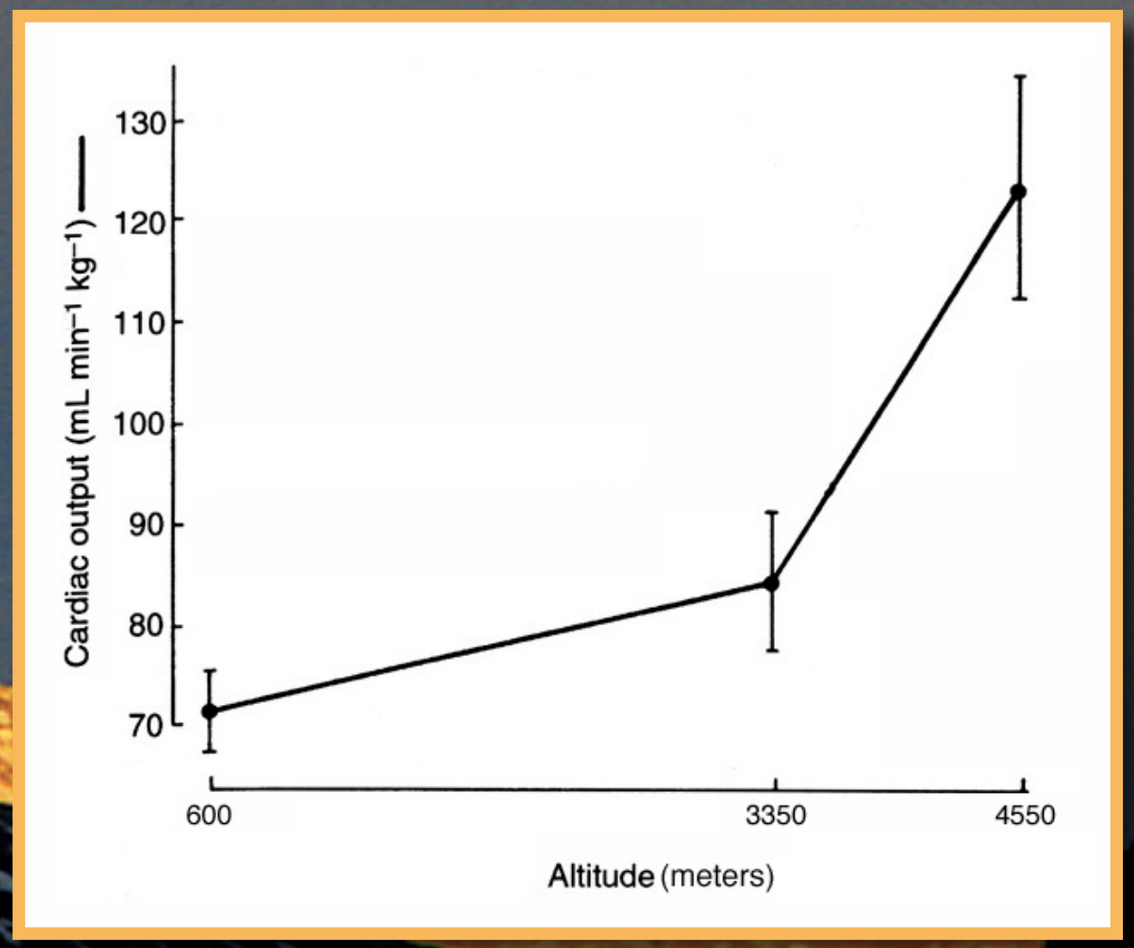
Sistema Cardiovascular



Sistema Cardiovascular

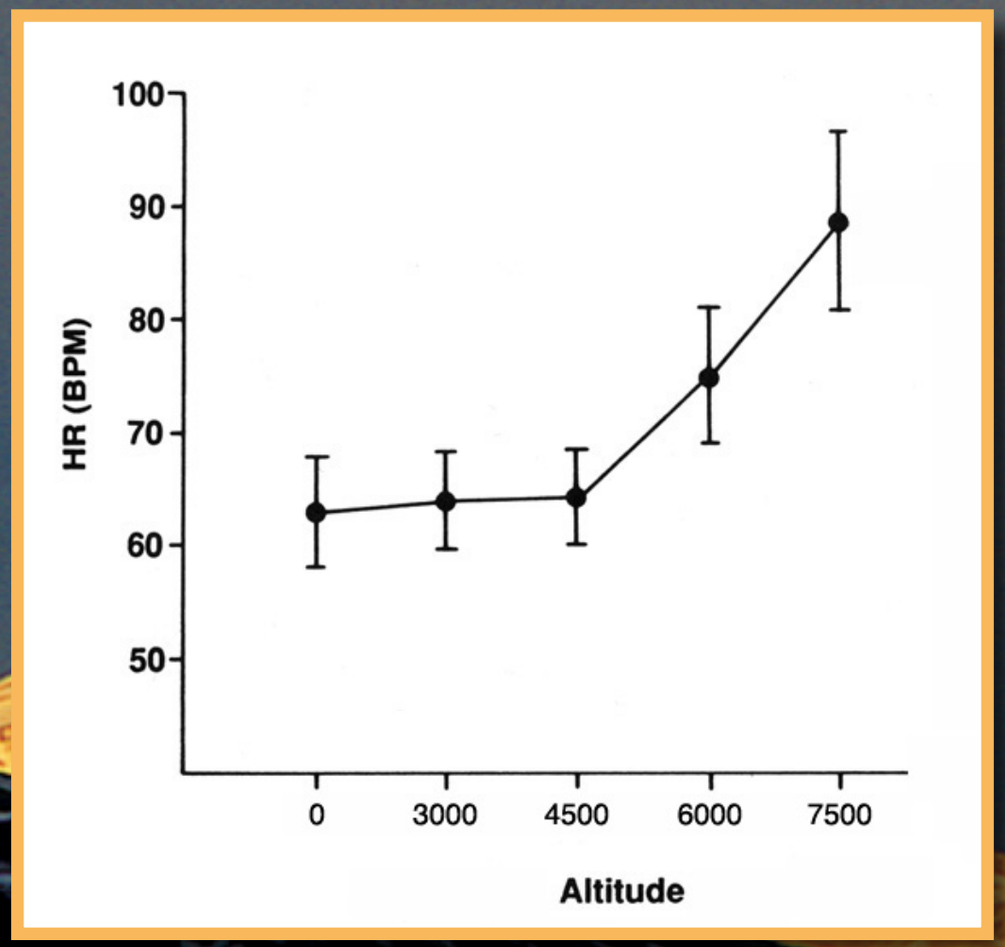
- Aumento del gasto cardíaco (sangre bombeada por minuto)





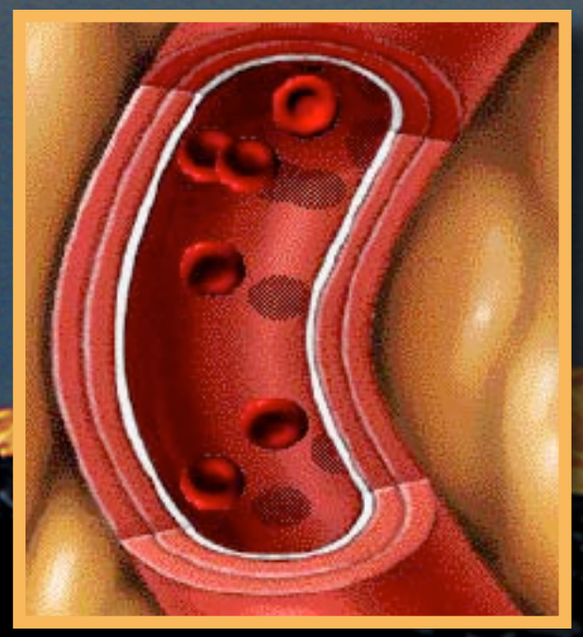
Sistema Cardiovascular

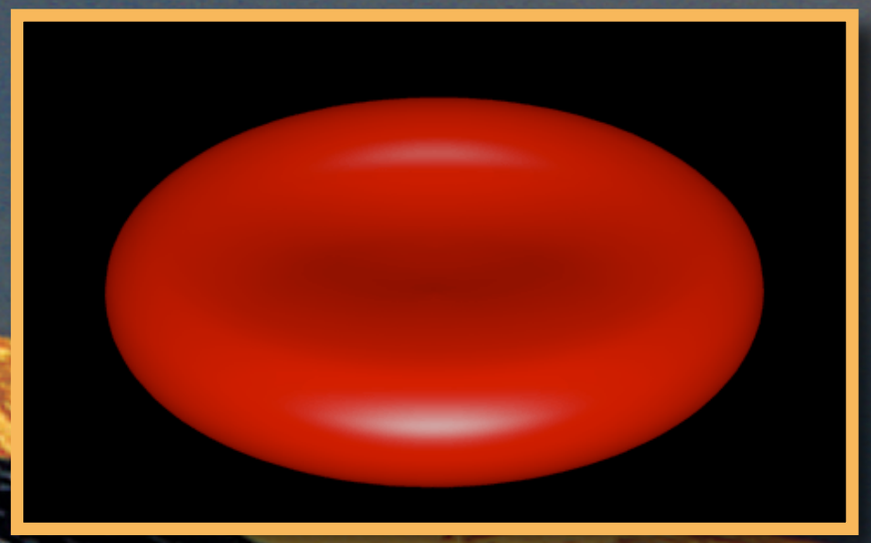
- Aumento del gasto cardíaco (sangre bombeada por minuto)



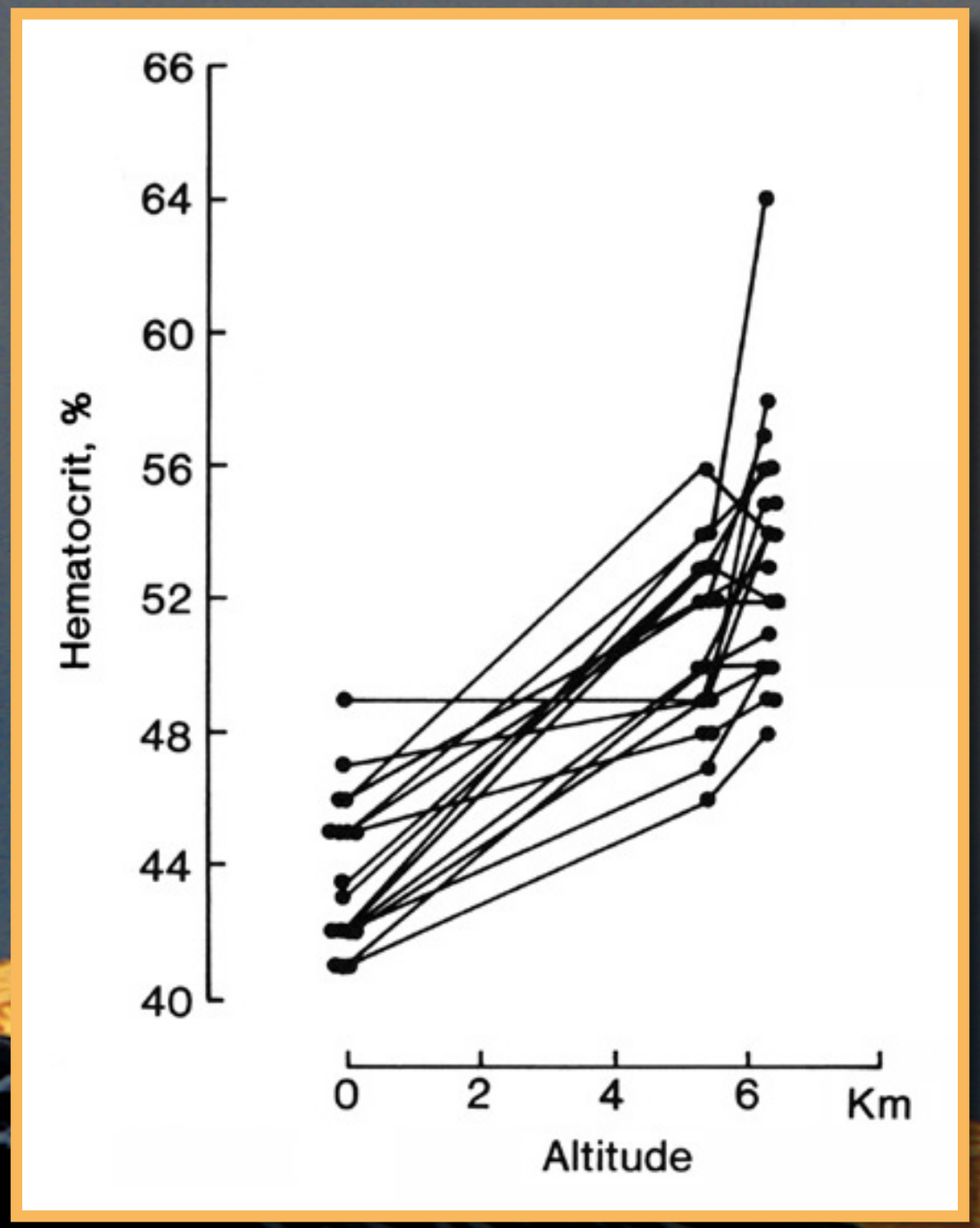
Sistema Cardiovascular

- Aumento del gasto cardíaco (sangre bombeada por minuto)
- Aumento transportador de oxígeno (glóbulos rojos → poliglobulia)





Sistema Cardiovascular



Sistema Cardiovascular

- Aumento del gasto cardíaco (sangre bombeada por minuto)
- Aumento transportador de oxígeno (glóbulos rojos)
- Redistribución de la circulación

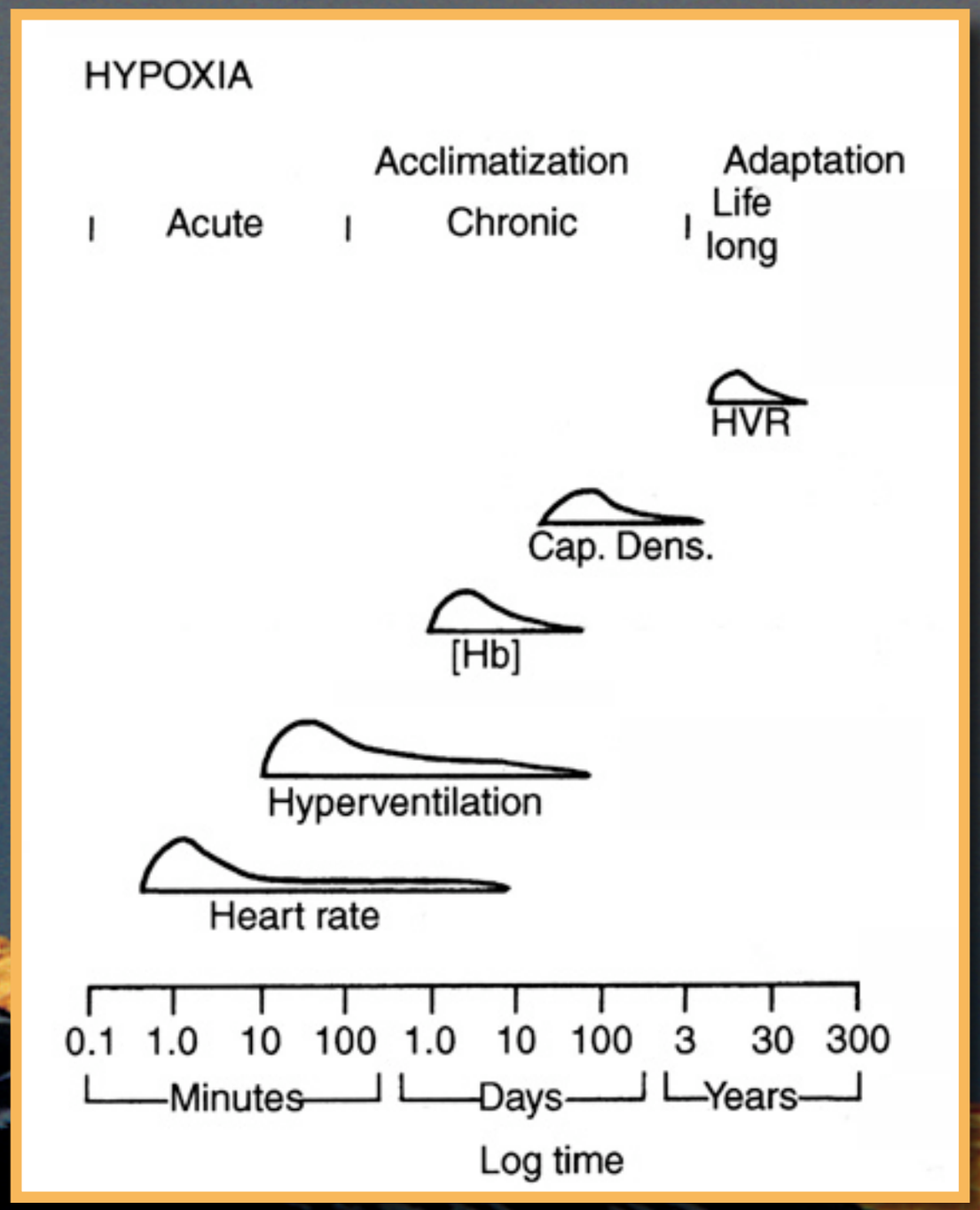
cerebro corazón pulmones	VS	piel ap. digestivo riñones

Cambios adaptativos a la hipoxia

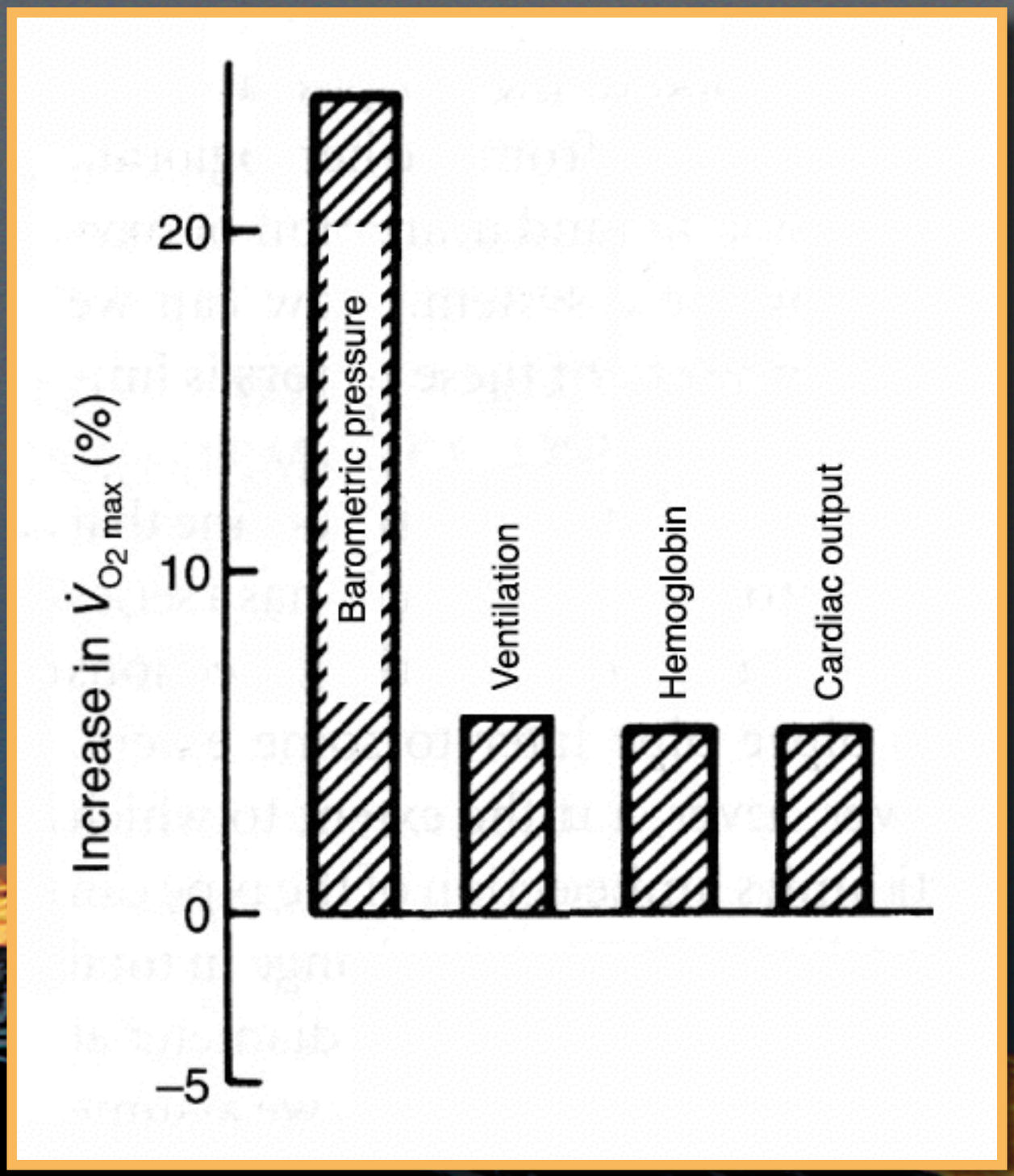
- La altura repercute en todos los sistemas del ser humano

... y a diferentes velocidades

Cambios adaptativos a la hipoxia



Procesos fisiológicos claves



West 1983

Aclimatación

Aclimatación

- Conjunto de procesos adaptativos del ser humano frente a la altura

Velocidad de Aclimatación

- Depende de:
  - Factores pre-ascenso
  - Factores durante el ascenso

Velocidad de Aclimatación

- Factores pre-ascenso:
  - Genética (RVH y otros)
  - Factores individuales:
    - Edad
    - Sexo
    - Obesidad
    - Altitud a la que se vive
  - Pre-aclimatación

La aclimatación es **INDIVIDUAL**

Velocidad de Aclimatación

- Factores durante el ascenso:
  - Velocidad de ascenso
  - Altitud a la que se aclimata
  - Altitud a la que se duerme
  - Altitud que se busca alcanzar
  - Otros factores que favorecen y desfavorecen la aclimatación

Velocidad de Aclimatación

- Otros factores durante el ascenso:
  - Favorecen:

    - actividad ligera primeros días y durante los días de descanso
    - evitar esfuerzo físico excesivo
    - ingesta adecuada de líquidos
    - dieta rica en carbohidratos

Velocidad de Aclimatación

- Otros factores durante el ascenso:
  - Desfavorecen:

    - alcohol

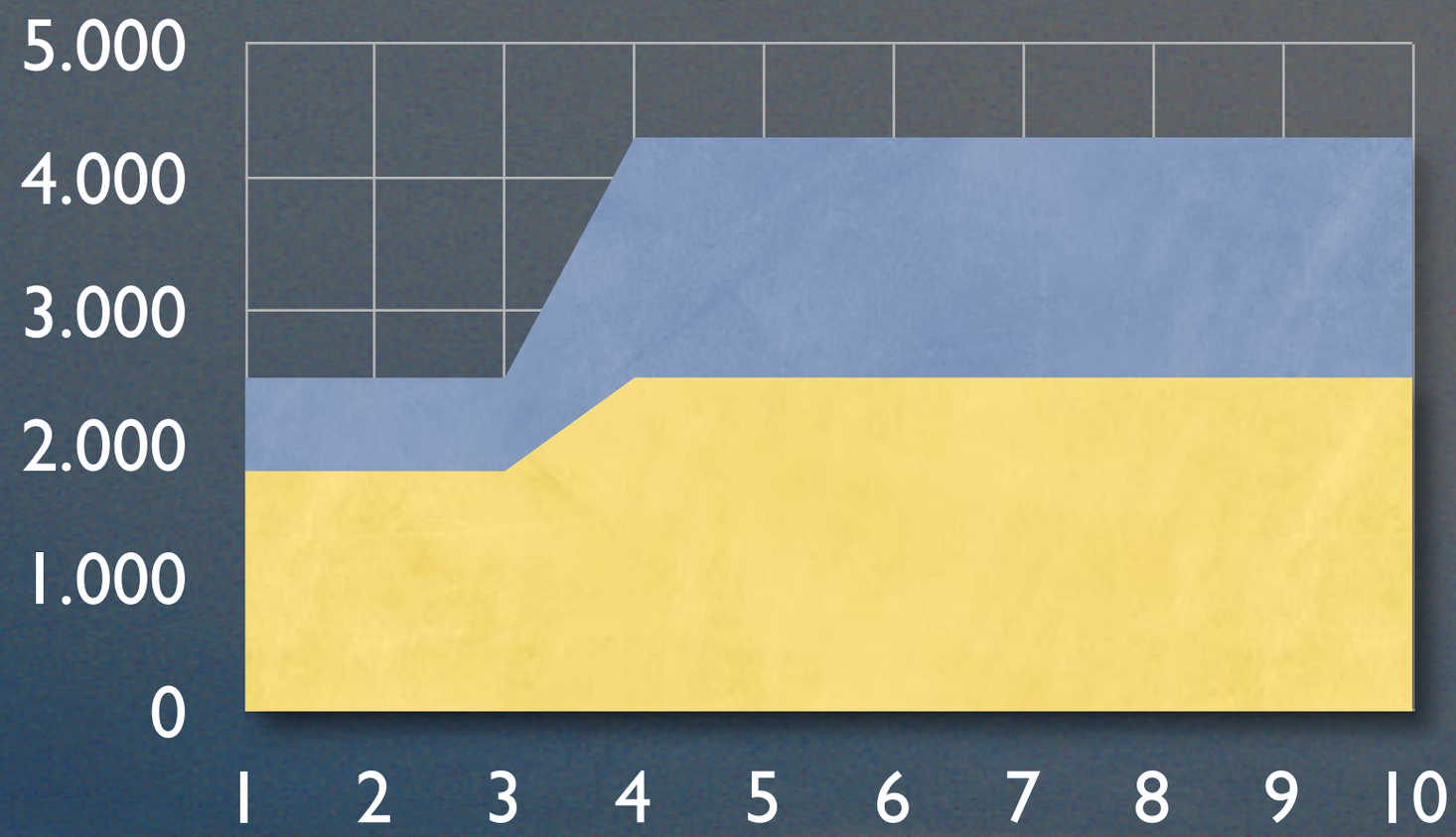
    - sedantes

    - tabaco

Tipos de Ascenso para una buena aclimatación

- Con una etapa intermedia
- Con dos etapas intermedias
- Gradual
- Ascenso para grandes altitudes

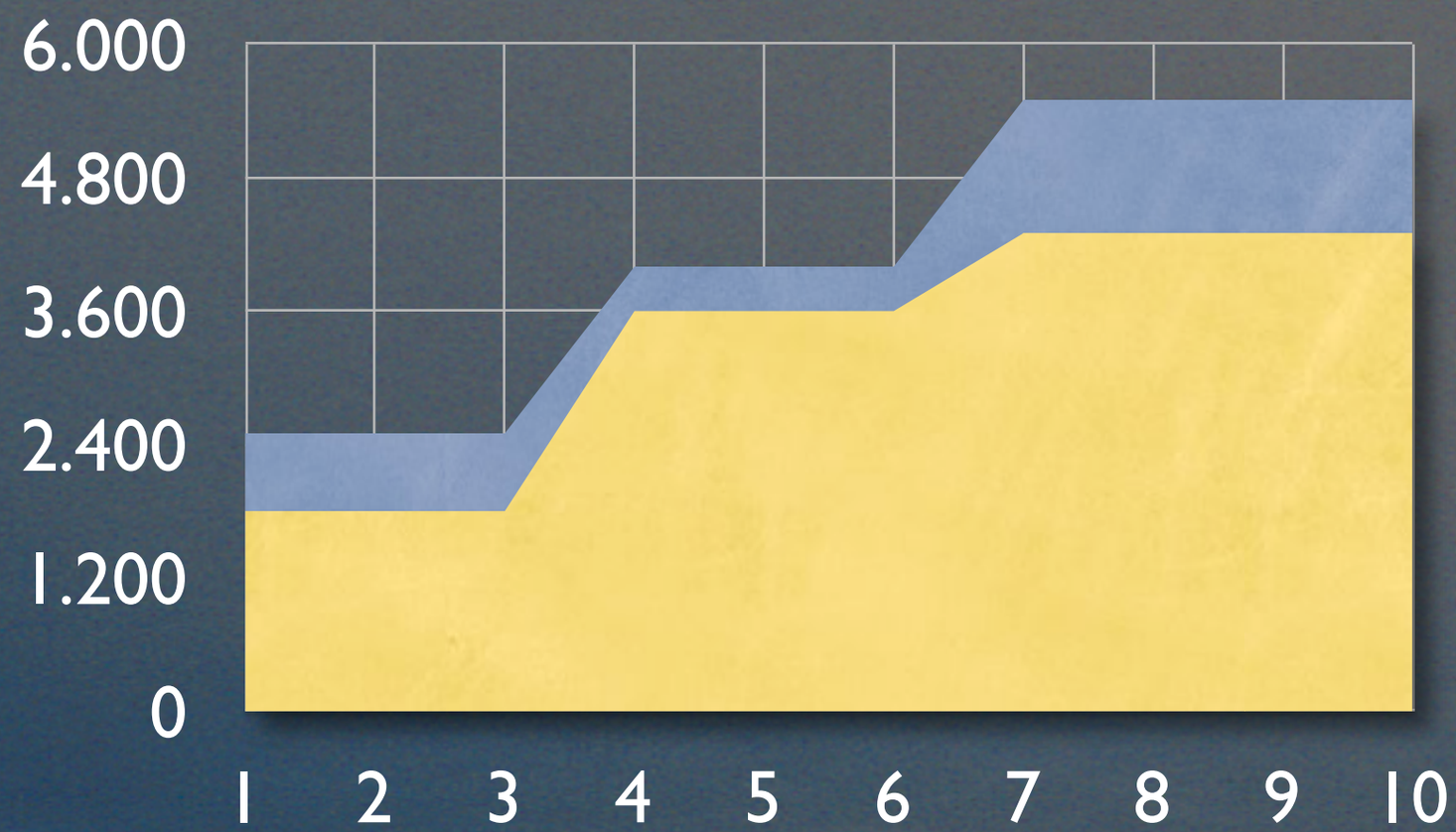
Ascenso con una etapa intermedia



Objetivo: 2500-4300 msnm
Método más usado y efectivo

2-4 días x 1800-2500 m
Luego 2500-4300 m

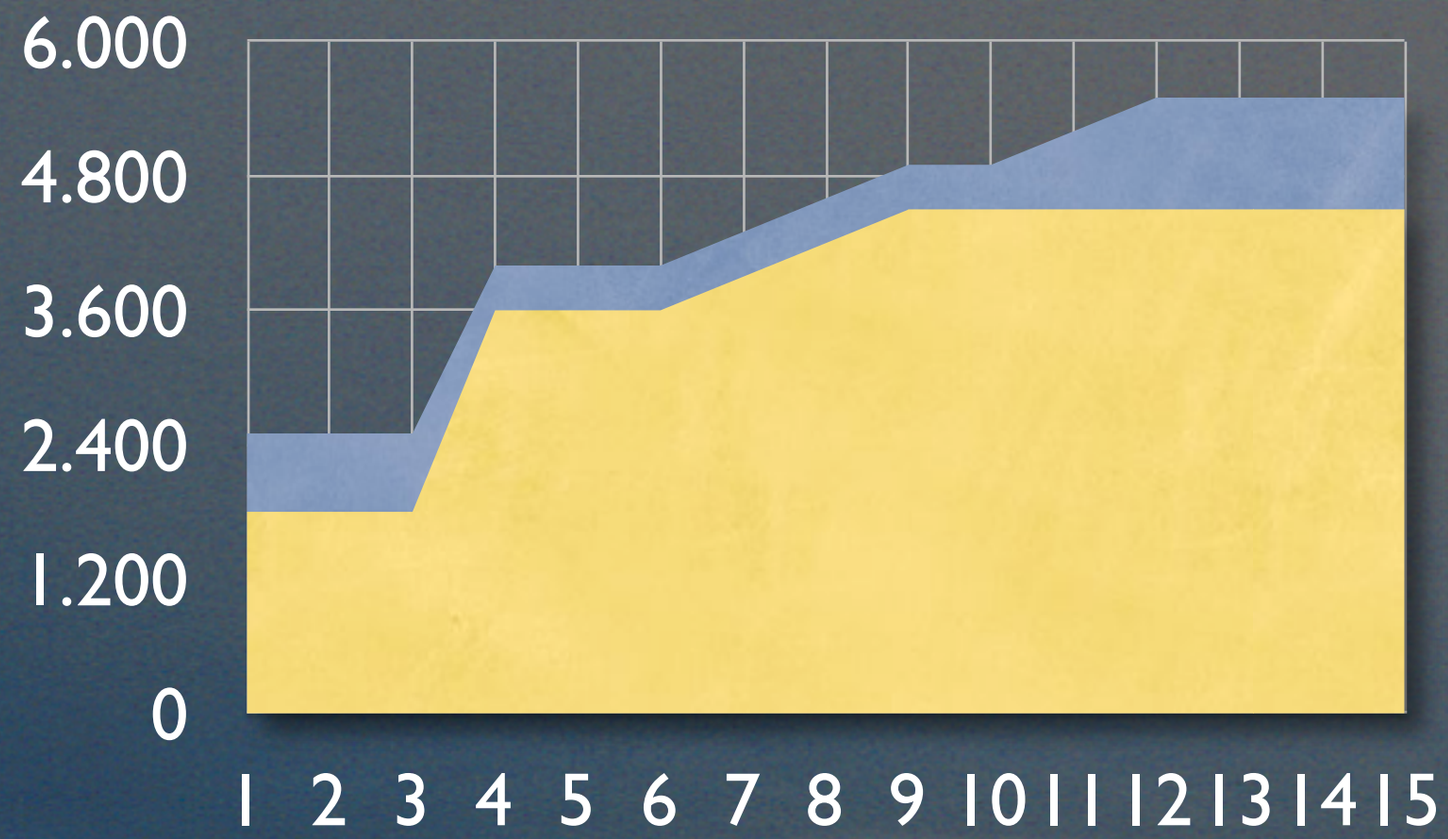
Ascenso con dos etapas intermedias



Objetivo: 4300-5500 msnm

2-4 días x 1800-2500 m
Luego 2-4 días x 3600-4000 m
Finalmente 4300-5000 m

Ascenso gradual

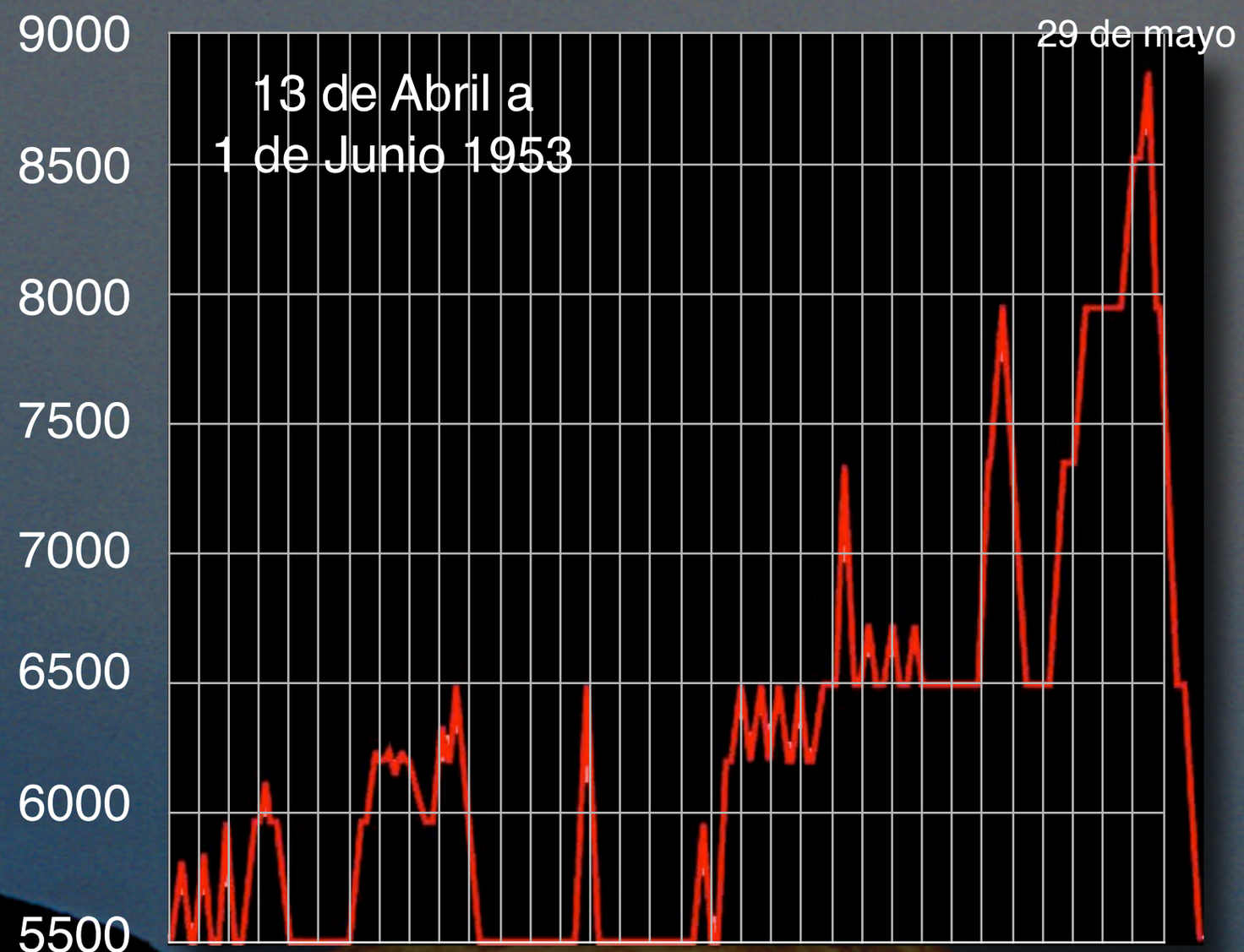


Objetivo: 4300-5500 msnm

2-4 días x 1800-2500 m
2-4 días x 3600-4000 m
Sobre 4000, máx. 300 m/día
Cada 3 días, 1 día de descanso

Si se ha ascendido más de 300 mts en el día, tomar 2 días de descanso

Ascenso para grandes altitudes



Objetivo: sobre 5500 msnm

Usar alguna de las formas de ascenso hasta los 5500 m

Instalar campamento base máx en los 5500 m

Instalar campamentos superiores en 2-3 semanas

Intentar pasar la menor cantidad de tiempo sobre los 5500 m

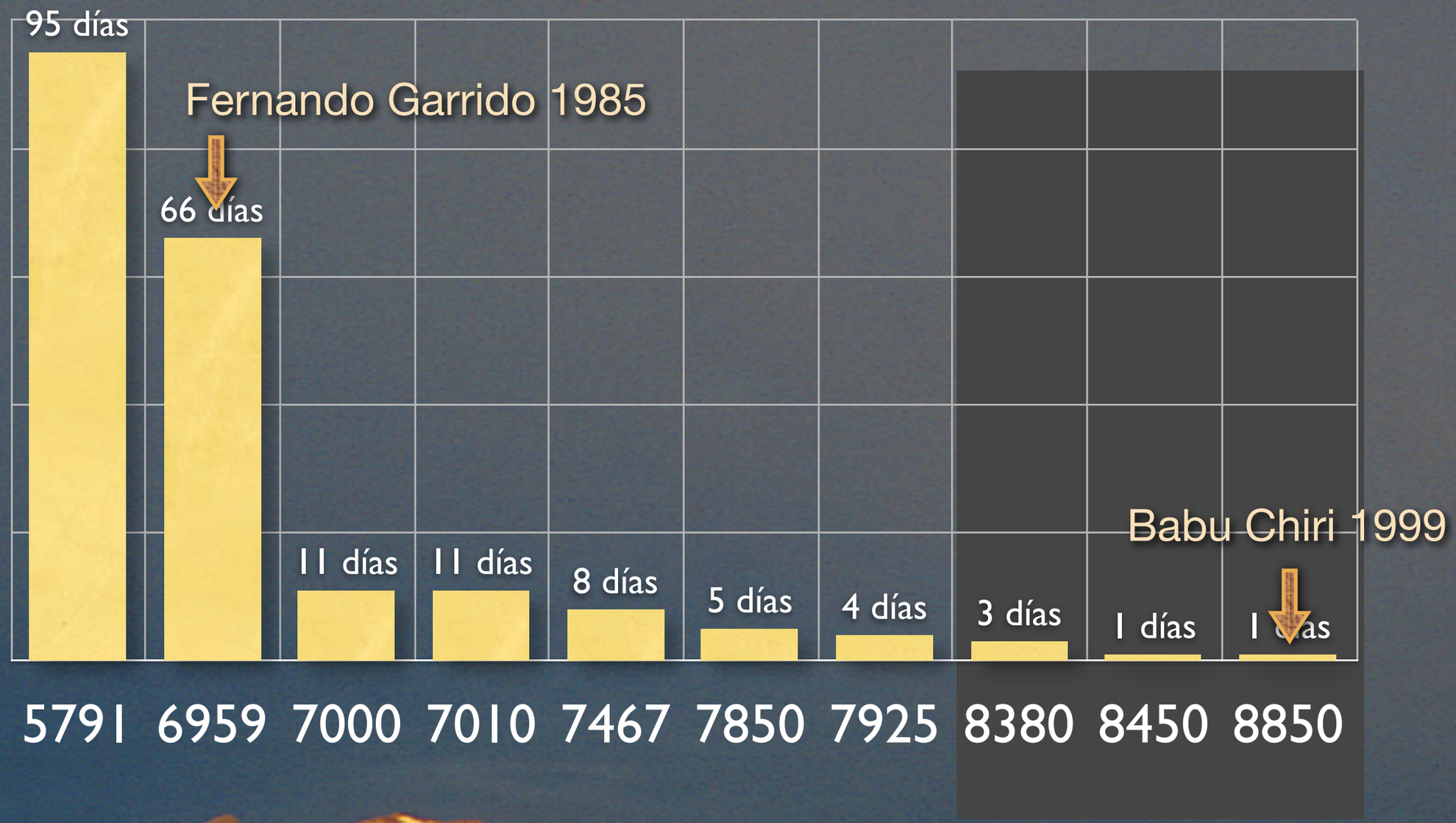
Deterioro de la altura

- Sobre 5500 msnm
- Anorexia y pérdida de peso
- Fatigabilidad no recuperable
- Insomnio
- Deterioro físico y mental

Zona de la muerte o Death Zone

- Sobre 8000 msnm o 26000 pies
- Deterioro físico acelerado e irreversible mientras se permanezca a esa altitud

Zona de la muerte o Death Zone



¿Cómo saber si estoy aclimatado?

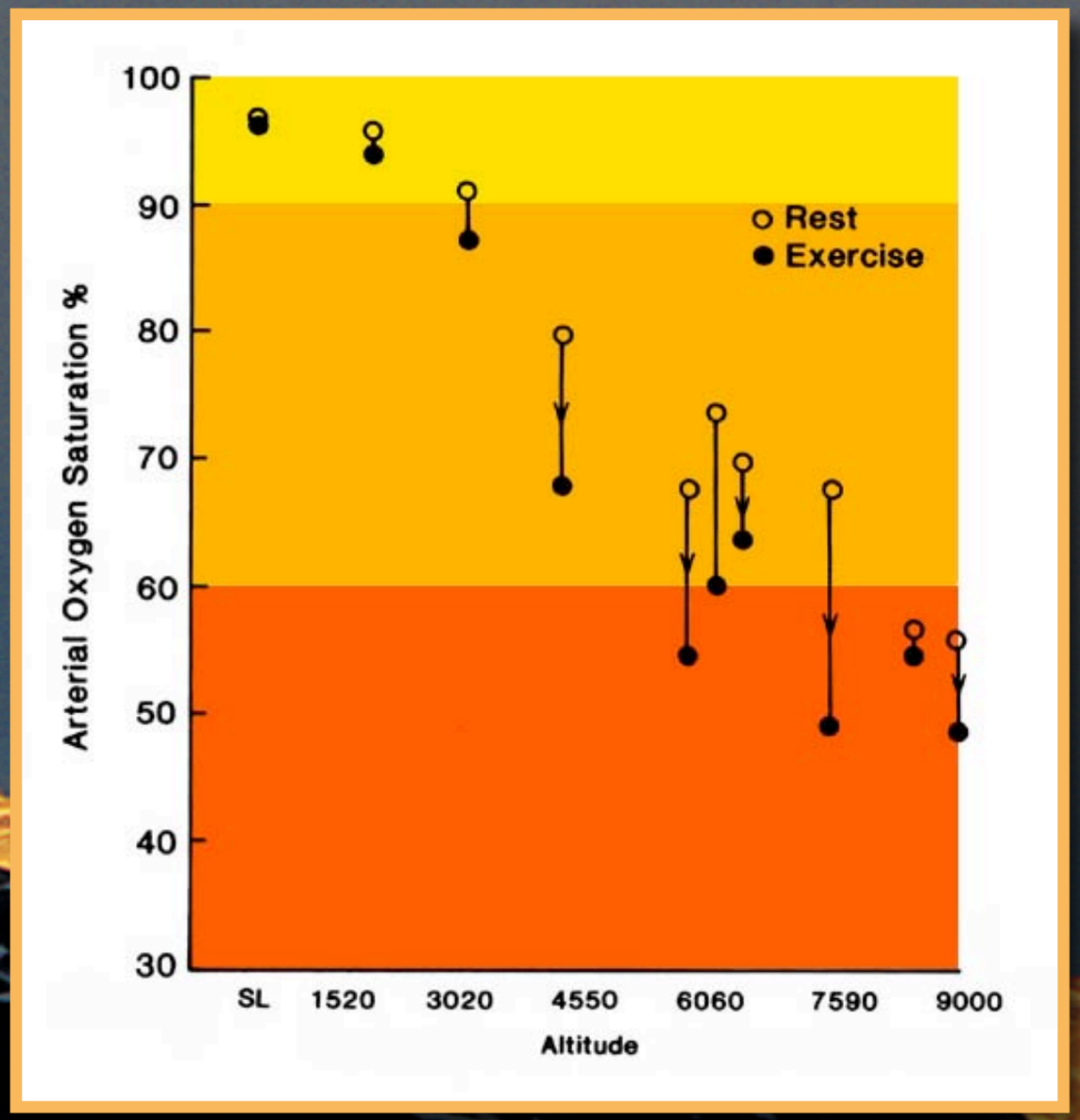
- Evaluar signos y síntomas de enfermedades de altura durante las últimas 48 hrs:
  - cefalea
  - mareos
  - anorexia
  - nauseas / vómitos
  - agotamiento / debilidad
  - insomnio
- Saturación arterial de oxígeno (Bircher 1994, Roach 1998)

¿Cómo saber si estoy aclimatado?

- Saturación arterial de oxígeno (saturómetro)

¿Cómo saber si estoy aclimatado?

- Saturación arterial de oxígeno (saturómetro)



Pérdida de aclimatación y exposición repetida a la hipoxia

- Pérdida de la aclimatación:
  - 2-4 semanas (Lyons 1995, Beidleman 1997)
- Exposición repetida a la hipoxia:
  - Controversial

Exposición repetida a la hipoxia

"Para mi sorpresa, a medida que los años pasaron, cada vez me vi más afectado por la altura (...)

Exposición repetida a la hipoxia

Mientras estoy llegando a mis setentas encuentro que sólo puedo dormir confortablemente bajo los 3000 mts. (...)

Exposición repetida a la hipoxia

Mis muchos amigos que se especializan en fisiología de altura tienen dificultades para explicar mis síntomas"

Exposición repetida a la hipoxia

Mis muchos amigos que se especializan en fisiología de altura tienen dificultades para explicar mis síntomas"

Sir Edmund Hillary, 1996

Pre-aclimatación

- Técnicas naturales y artificiales
- Todas ellas buscan una exposición intermitente a la hipoxia

Pre-aclimatación

- Técnicas naturales:
  - ascensiones con adecuada aclimatación
  - exposiciones cortas y repetidas sobre 1500 a 2000 msnm

    - mínimo 5 días (Savourey 1995, García 1999)

    - se recomienda vivir en altura más que entrenar en altura (Adams 1975, Levine 1997, Chapman 1998)

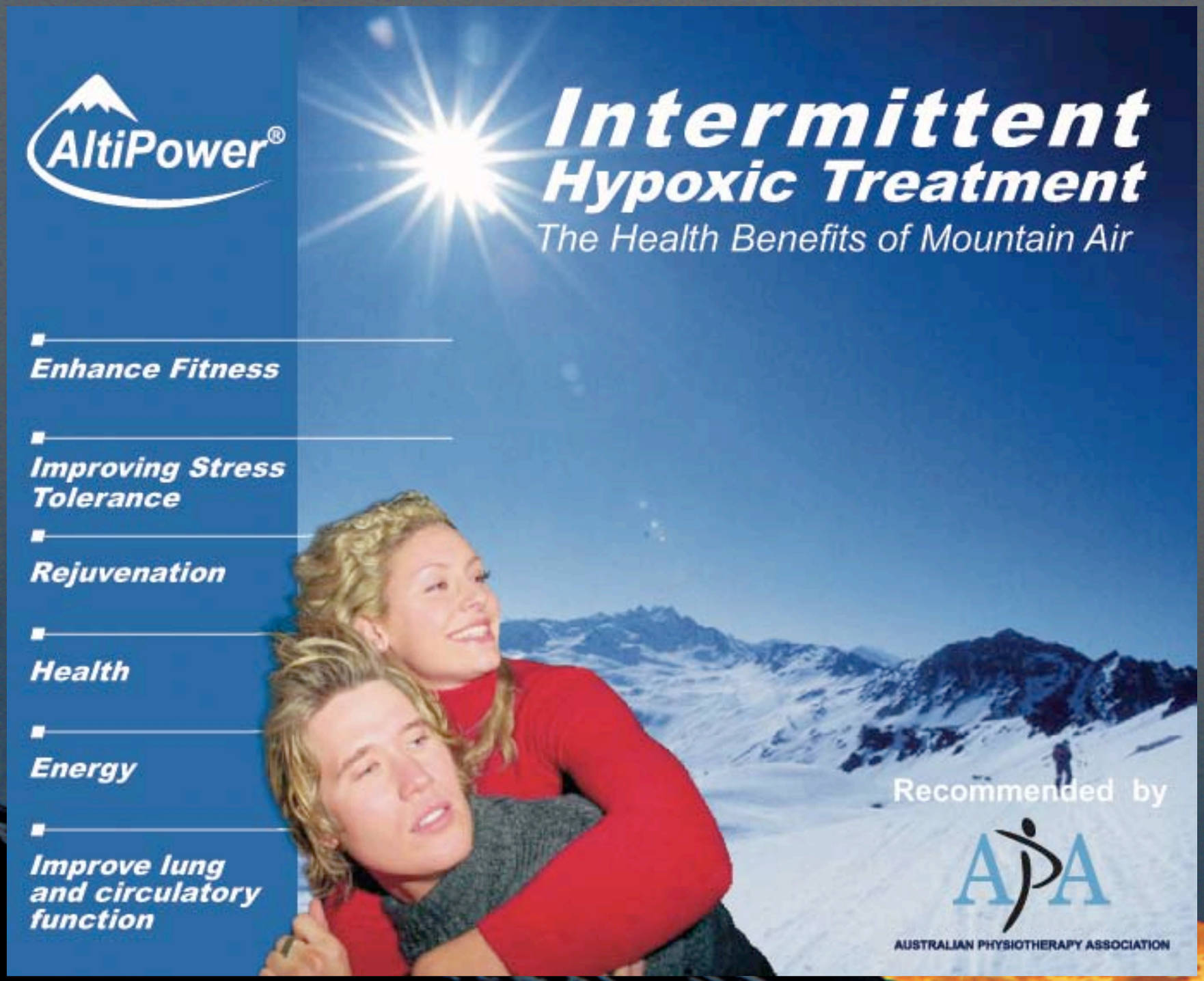
Pre-aclimatación

- Técnicas artificales
  - cámara hipobárica (Richalet 1992, Maresh 1983, Nakashima 1983)
  - sistemas de hipoxia intermitente controlada (hypoxicators)

    - AltiPower®

    - Go2altitude®

Pre-aclimatación artificial



Pre-aclimatación artificial

Pre-aclimatación artificial

"La cumbre no es más que una excusa para recorrer un bello camino"

Cristián García-Huidobro
Primer chileno en la cumbre del Everest y K2

Conclusiones

Conclusiones Fisiología

- La altura afecta a través de la hipoxia a todos los sistemas del cuerpo humano
- Los efectos de la hipoxia dependen de la rapidez de la exposición
- Los procesos fisiológicos más importantes a largo plazo son la hiperventilación y poliglobulia

ACLIMATACIÓN ⟷ **ENFERMEDADES DE ALTURA**

Conclusiones Aclimatación

- La aclimatación previene las enfermedades de altura
- Es un proceso individual, determinado por distintos factores antes y durante el ascenso
- Hay distintos métodos de ascenso para aclimatar según la altitud que queramos alcanzar
- Los signos y síntomas de enfermedades de altura son indicadores de una aclimatación insuficiente

¡Muchas gracias!

sirarraz@puc.cl

Fisiología de Altura

- Cambios adaptativos del cuerpo humano frente a la altura
- Están relacionados principalmente con la hipoxia
- Abarcan todos los sistemas del organismo

Título

- Texto

Texto

Texto