

Vliv vysokohorské hypoxie na strukturu a funkci mozku

Kristina Höschlová, ZS a LZS Libereckého kraje,
ZS ASČR Praha-Západ

Marek Laboš, Radiologie FNKV, Praha

Marek Preiss, Psychiatrické centrum, Praha

XXV. Pelikánův Seminář, SHM, Teplice n.M. 2014

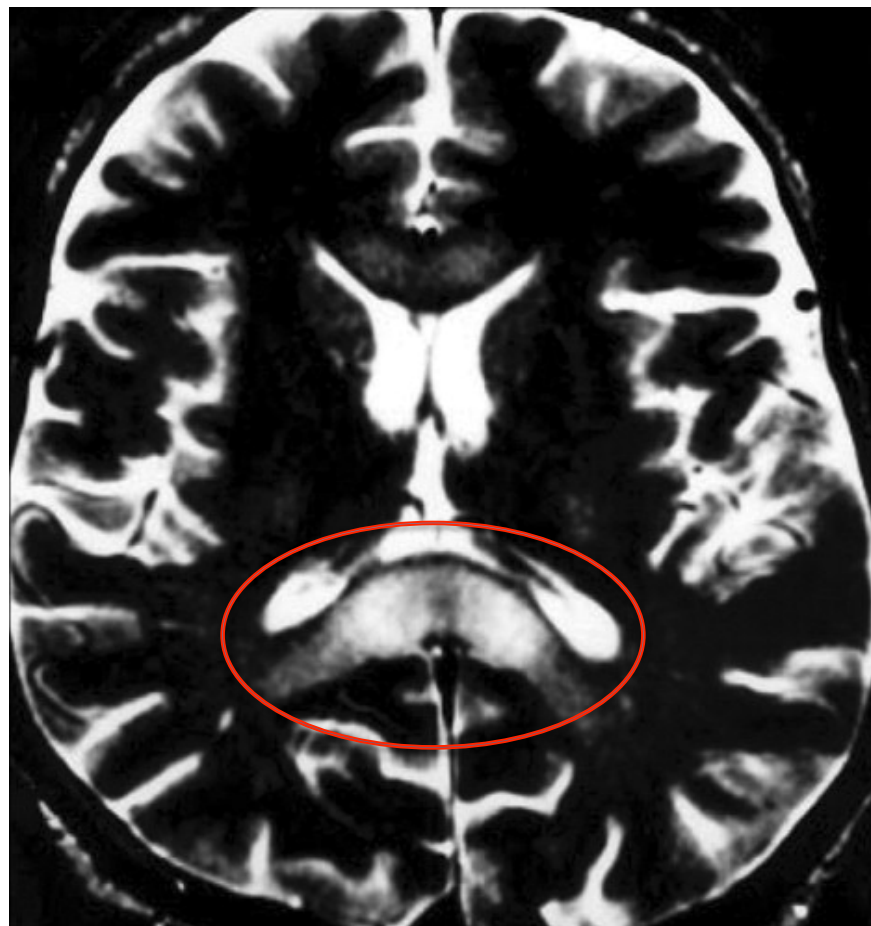
Akutní formy patologického vlivu hypoxie na lidský organismus:

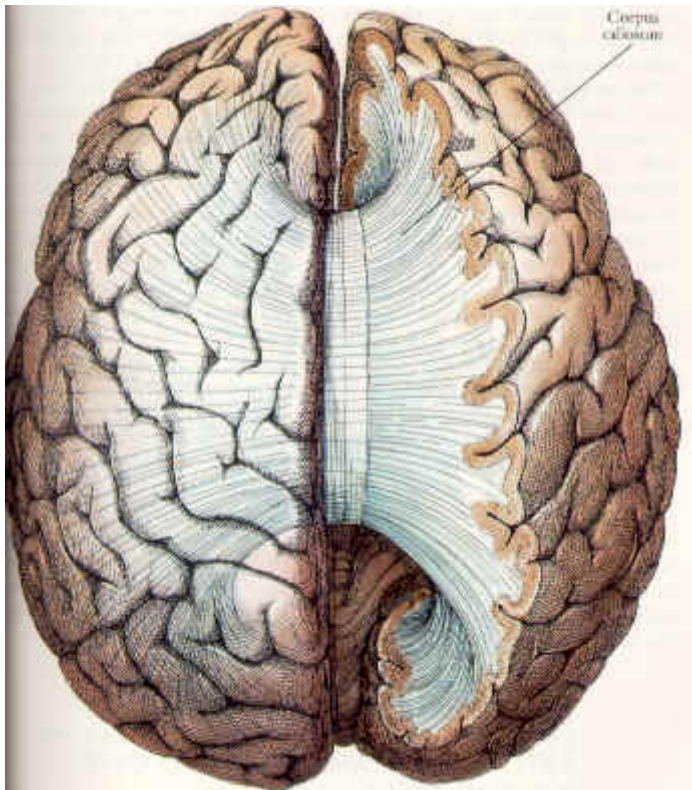


- Vysokohorské nemoci
 - Horská nemoc (AHN)
 - Otok plic (VOP)
 - Otok mozku (VOM)

MRI otoku mozku

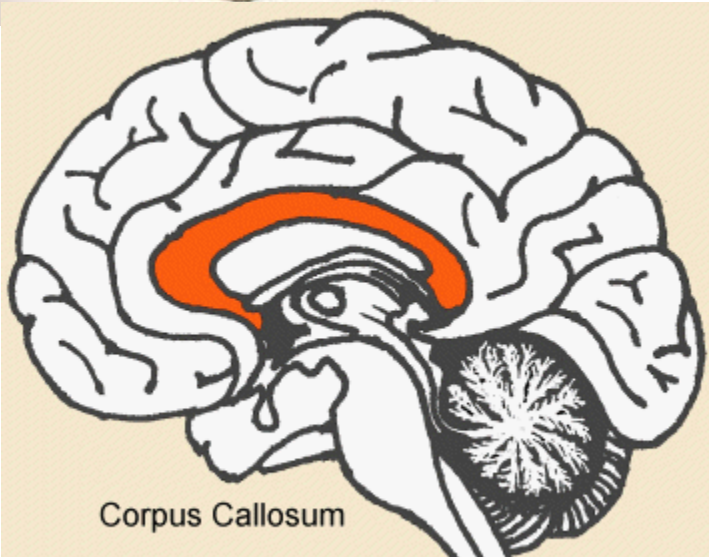
- Krvácení do corpus callosum





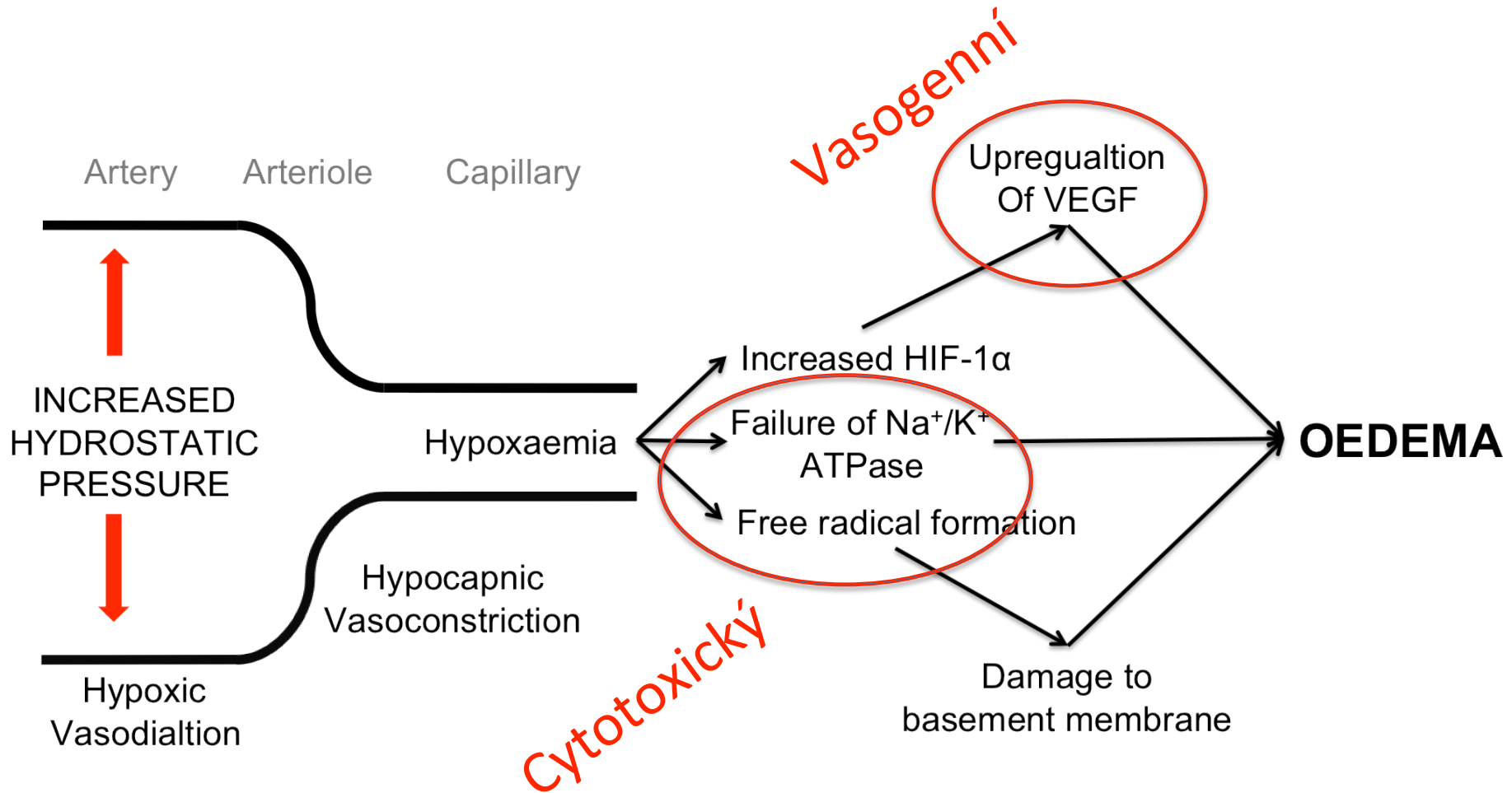
Corpus callosum

- Silná koncentrace nervových vláken
- ↑ hydrostatický tlak



=> VASOGENNÍ OTOK

Mechanismus otoku mozku



Zóna smrti

n.m.výška	O ₂ v krvi
0 m	200 ml/l
7000 m	197 ml/l
8850 m	147 ml/l

- Nad 7000 m většina kompenzačních mechanismů selhává
- Přesto 4% horolezců je schopno dosáhnout 8850 m n.m. bez přídatného O₂

<http://www.nhs.uk/news/2009/01/january/>

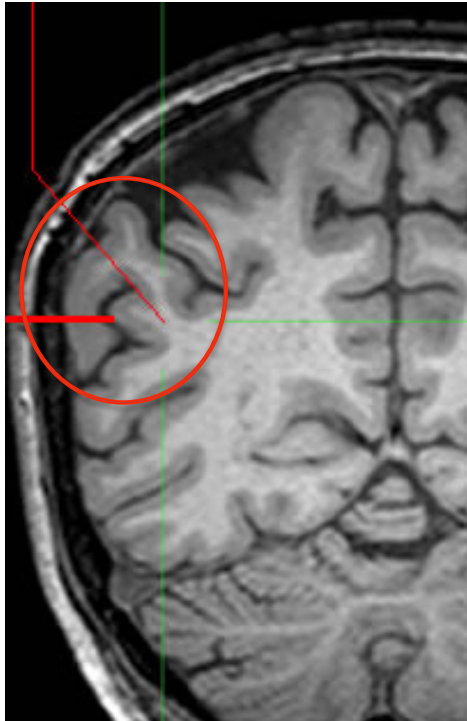
MRI mozku vysokohorských horolezců

- Opakované průkazy úbytku mozkové tkáně po pobytu nad 7000 m n.m.



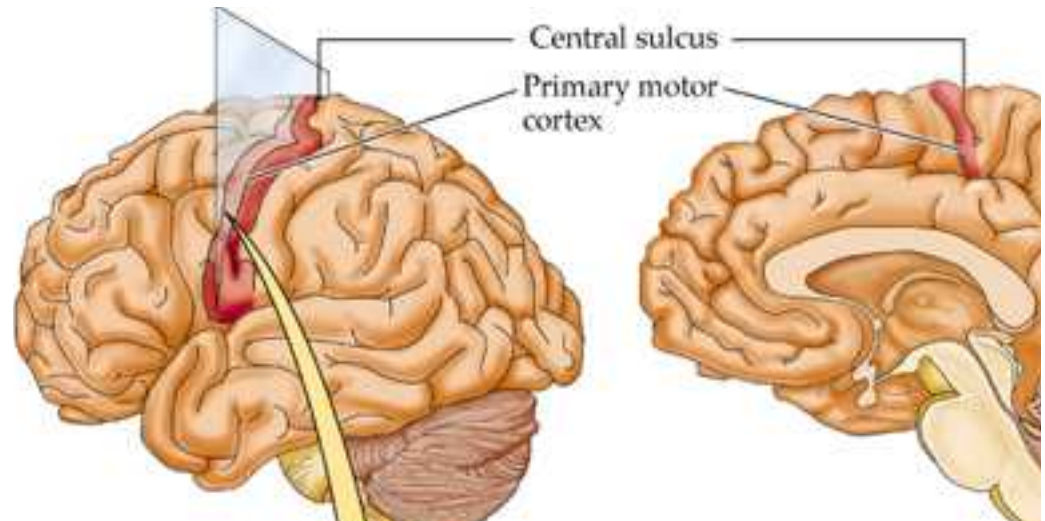
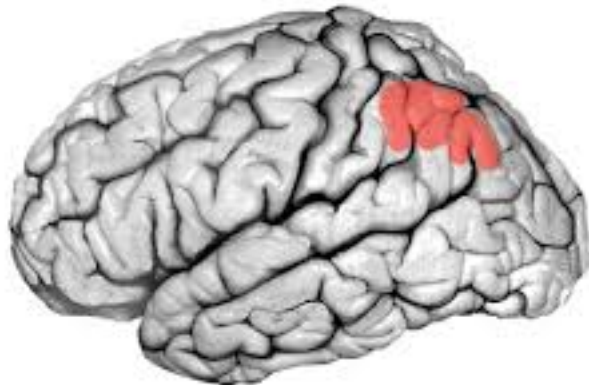
7 různých studií z let 1989-2009

Lokalizace úbytku mozkové tkáně

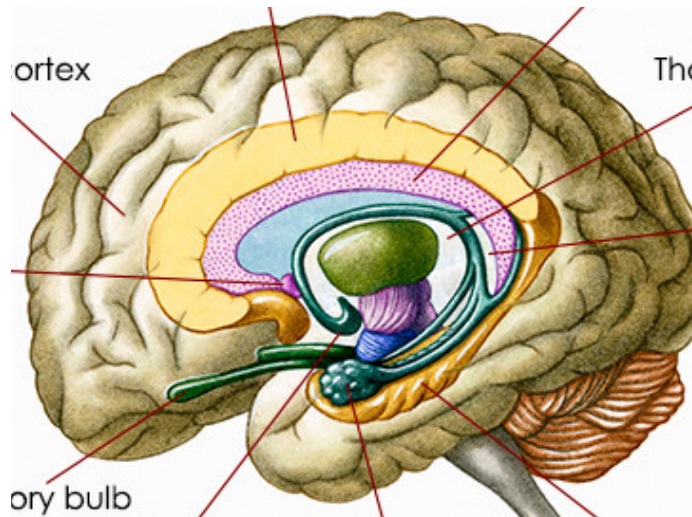


ŠEDÁ HMOTA

- Motorická oblast
- G.angularis

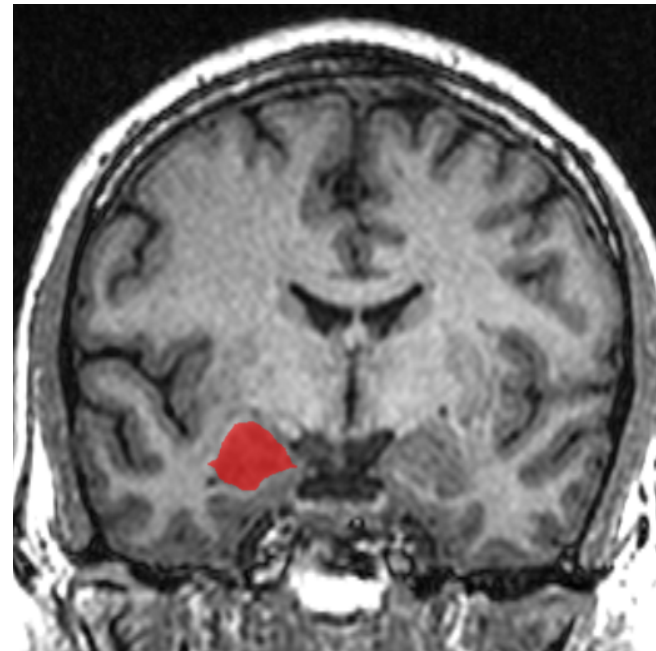


Lokalizace úbytku mozkové tkáně



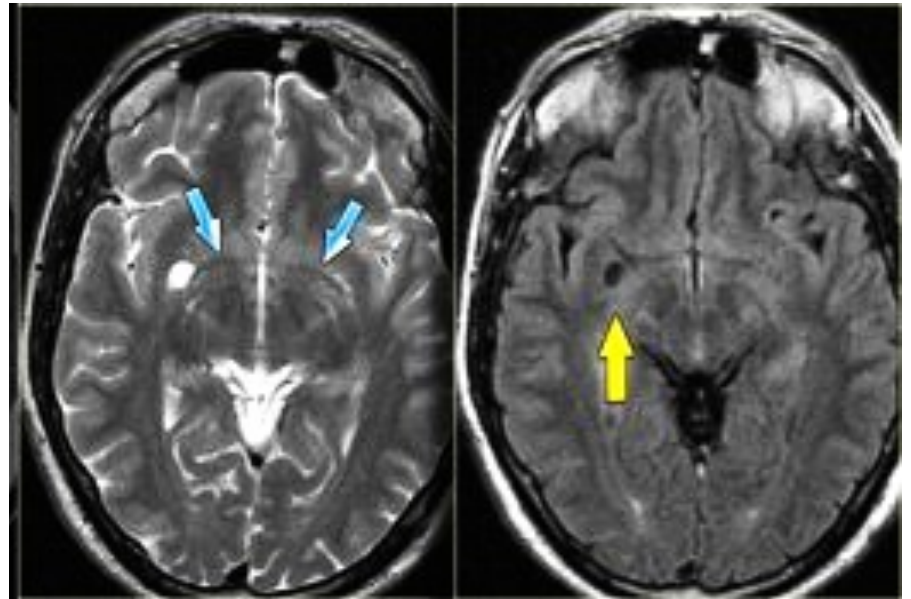
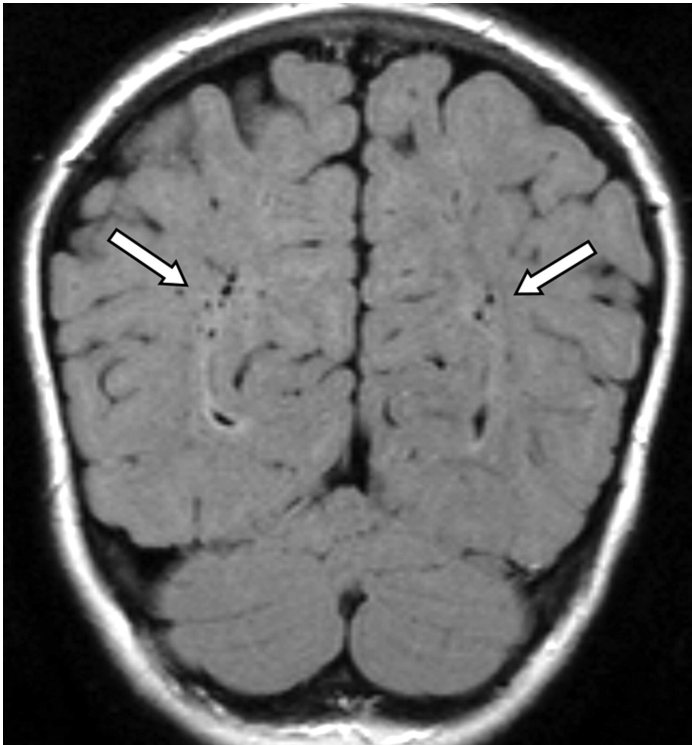
BÍLÁ HMOTA

- Levý pyramidový trakt
- Hippocampus
- Amygdala



Strukturální změny

- Rozšířeny Virchow-Robinovy prostory



- AMYGDALA – emoční paměť
- Hipokampus (limbický systém) – emoce, chování, dlouhodobá paměť
- G.angularis – integrace učení (verb.paměť). Porucha vede k alexii, agrafii, akalkulii, aj.
- Motorický kortex – často poškození oblasti PHK.
- Virchow-Robinovy prostory – itstc. prostory kolem cév - drenáž nitrolební tekutiny

Neurokognitivní změny

- PAMĚŤ – krátkodobá i dlouhodobá
- Koncentrace
- Verbální paměť
- Rozhodovací funkce
- Jemná motorika
- ↑reakční čas
- Psychické poruchy



Struktura a funkce mozku

- Úbytek mozkové tkáně -
IRREVERSIBILNÍ
- Neurokognitivní změny -
PŘEVÁŽNĚ REVERSIBILNÍ
- Změny byly popsány i po pobytu > 5500 m

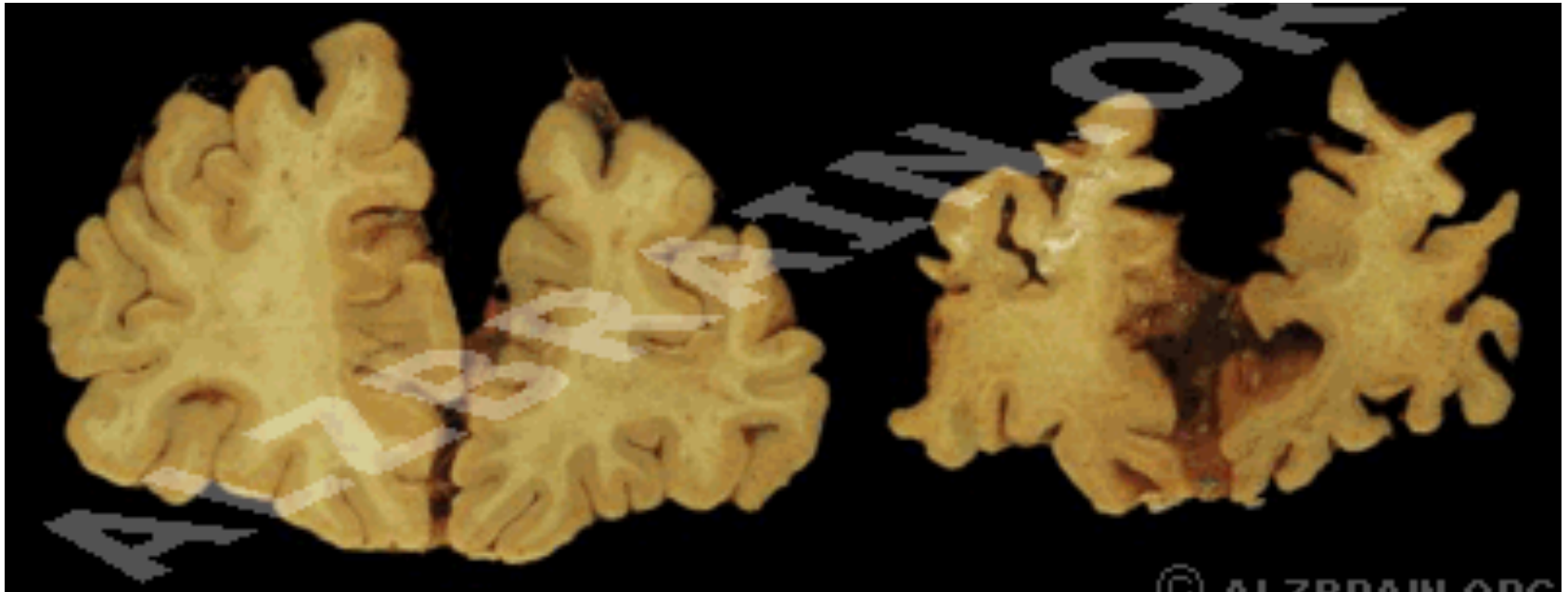


Neurokognitivní poruchy

- Výraznější u méně zkušených horolezců
- Koreluje s projevy vysokohorské nemoci
- U jedinců odolných vůči nadmořské výšce koreluje se zvýšenou hyperventilační odpovědí



Jaký je mechanismus destrukce
mozkové tkáně ve výškách?



Hypoxická ventilační odpověď

- Hyperventilace při hypoxii
- $\uparrow \text{SpO}_2$, lepší adaptabilita na výšku
- \downarrow výskyt otoku plic

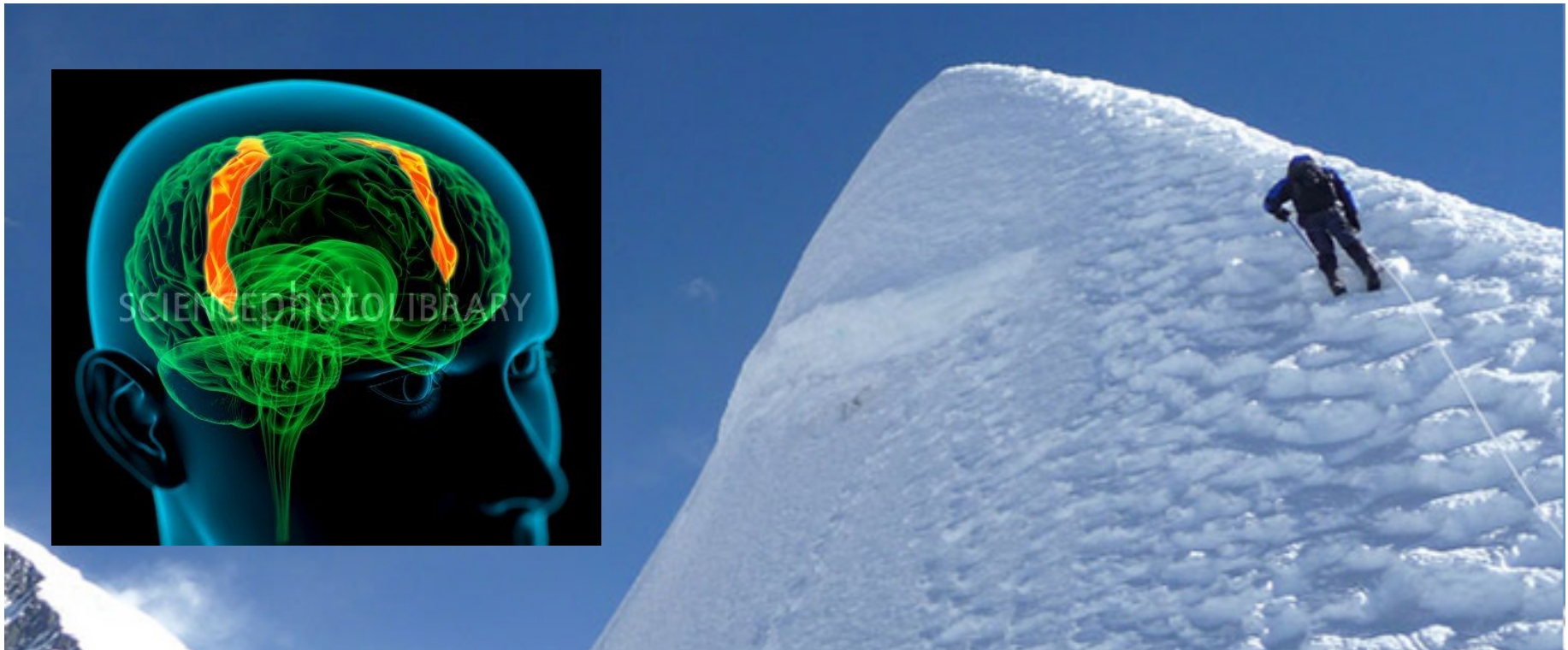
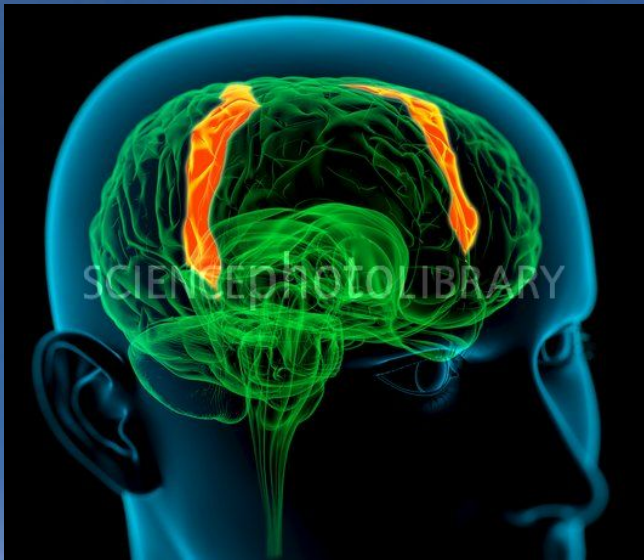


- $\uparrow \text{DF} \Rightarrow \downarrow p \text{CO}_2$
- $\downarrow p \text{CO}_2 \Rightarrow$ vasokonstrikce
- \Rightarrow hypoperfuse distálních oblastí \Rightarrow ischemie

\Rightarrow Syndrom poslední louky

Fyzická aktivita

- Motorické oblasti mozku mají \uparrow potřebu O_2
=> levá pyramida náchylnější k ischemii



Normo- vs. Hypo-barická hypoxie

- Normobarická hypoxie => ischemie => porucha mozkových funkcí => handicap



Normo- vs. Hypo-barická hypoxie

- Hypobarická hypoxie => plný fyzický výkon => mozkové leze a neurokognitivní handicap po návratu
- Programovaná smrt?
- Patologický mechanismus hypobarie?



Hrozí himalájskému horolezci debilita?



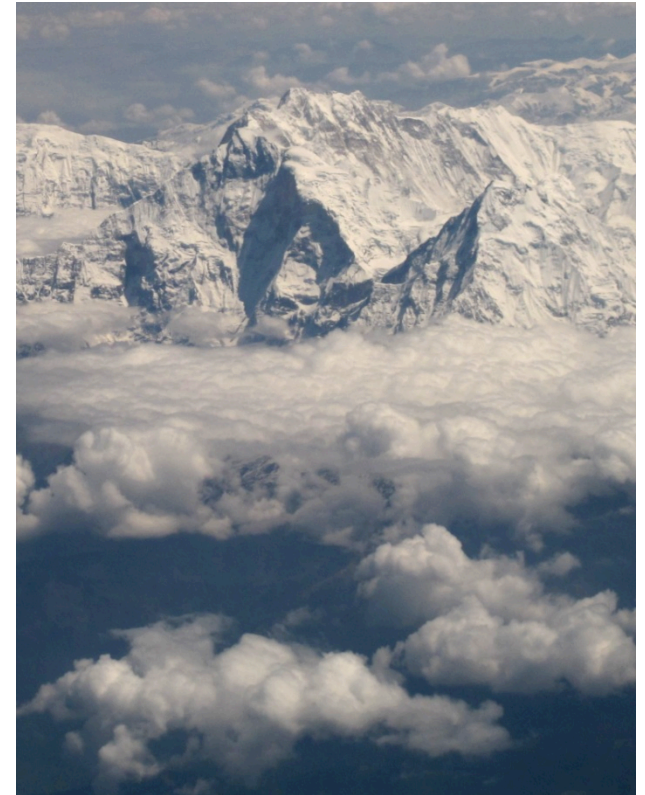
Studie s Radkem Jarošem

- RJ v letech 1994 – 2014 absolvoval:
 - 17 expedic na 8000 vrchol
 - 14 x dosáhl 8000 vrcholu
 - bez umělého kyslíku



Expedice ANNAPURNA 2012

- **MRI** před a po expedici
- **Neurokognitivní testy**
 - před expedicí (1600 m)
 - ve výšce 7100 m n.m.
 - do týdne po návratu z 8091m (1600 m)
- **Psychologické testy**
 - Po návratu a s odstupem 2 měsíců (200 m)



Annapurna 2012 - závěr

- Navzdory opakované **exposici vysoké n.m. výšce**
 - nedochází k **úbytku mozkové tkáně**
 - nedošlo k přechodné ani trvalé **poruše neurokognitivních funkcí**

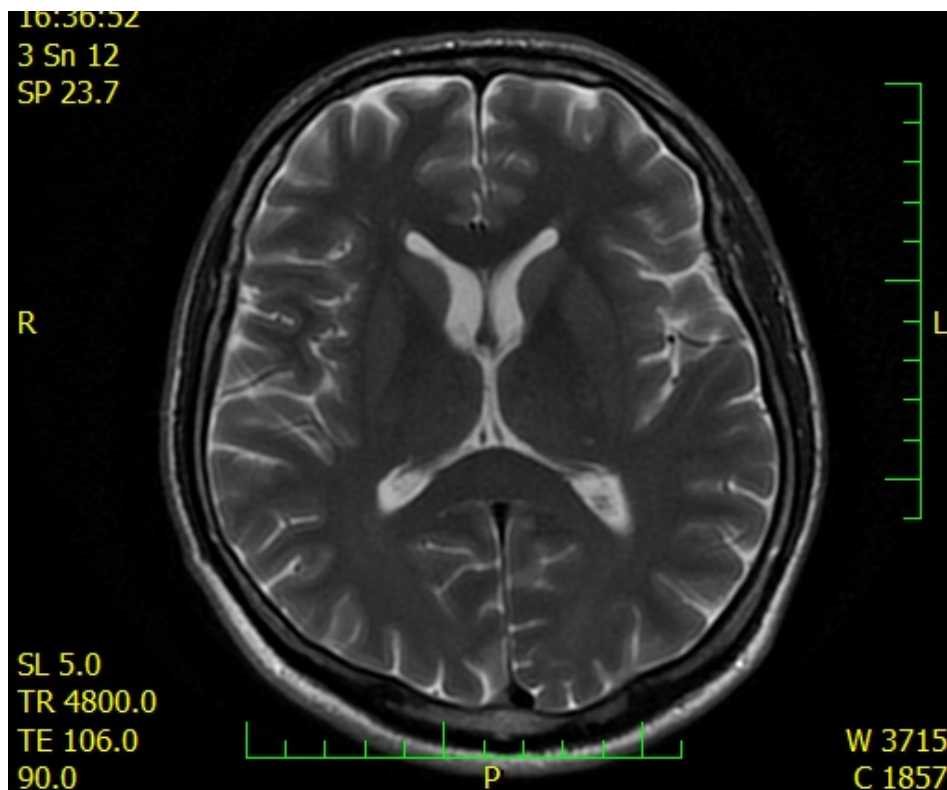


Expedice K2

- **MRI** po expedici
- **Neurokognitivní testy**
 - před expedicí (5050 m)
 - ve výšce 7800 m n.m.
 - 32 dní po návratu z 8641m (200 m)
- **Psychologické testy**
 - 32 dní návratu



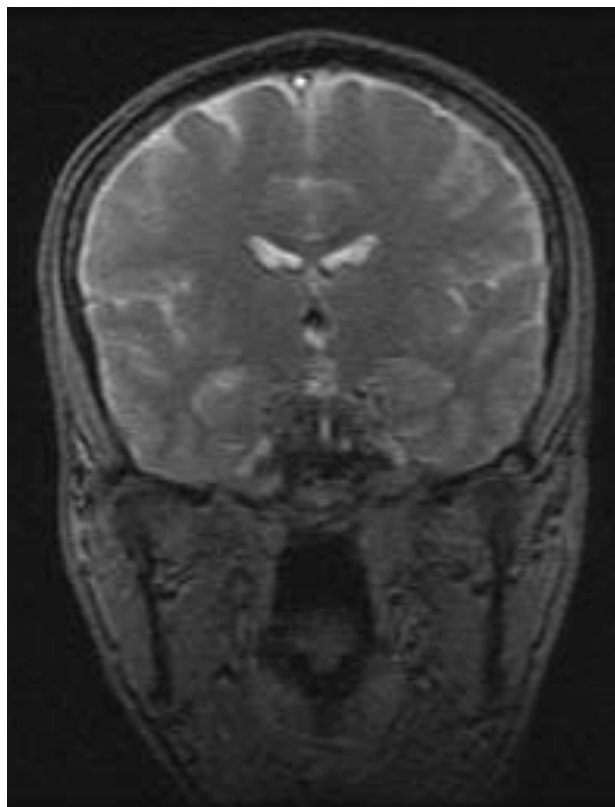
MRI mozku po 17 expedicích > 8000m



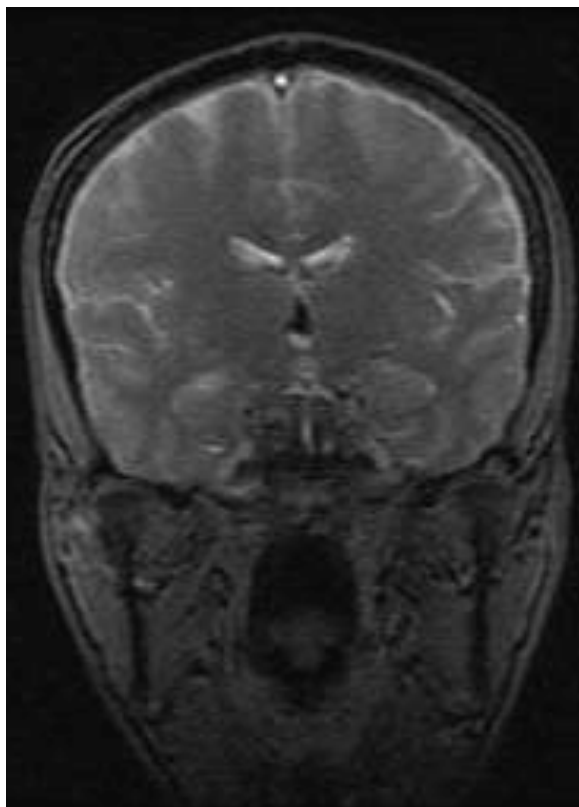
Signál šedé i bílé hmoty mozkové bez patologických odchylek
Záver: Stacionární nález na MR mozku

MUDr. Marek Laboš

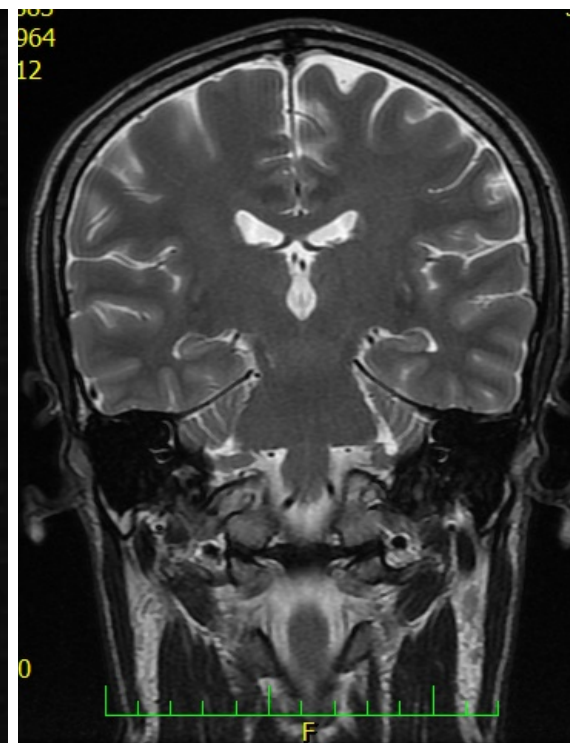
7.března 2012



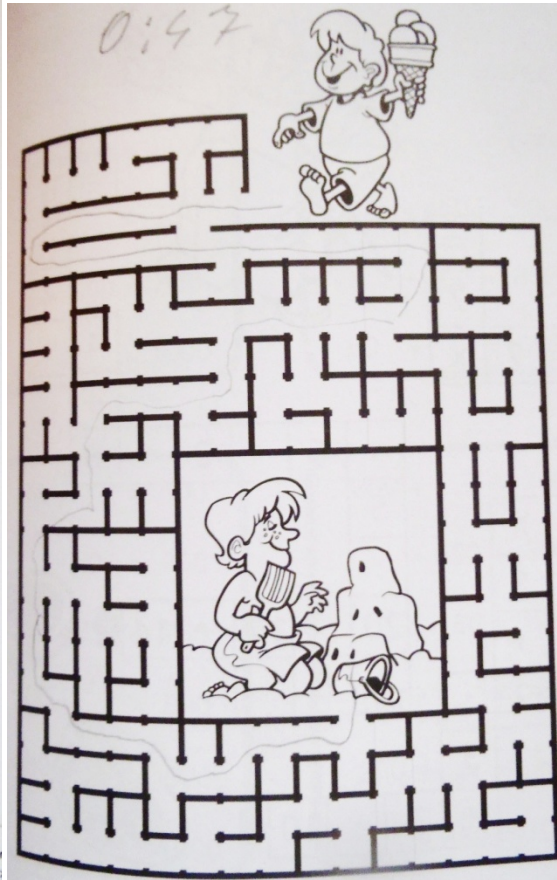
30.května 2012



27.srpna 2014



Neurokognitivní testy





K2
GÜES DE MONTAÑA
www.k2gdes.com

CRAFT

MONTAÑA
www.k2gdes.com

Neurokognitivní testy

ANNAPURNA 2012	A 1600m, 3.4. Před expedicí	B 1600m, 10.5. 4 dny po vrcholu	C 7100 m 5.5. Před vcholem
Průměr chyb vůči kontrolní skupině	+ 2,7	+ 0,3	- 0,5
% času po úpravě koeficientem	100 %	76,34%	63,38%

K2 2014	A 5050 m, 13.7. Před výstupem	B 200 m, 27.8. 32 dní po vrcholu	C 7800 m 25.7. Před vrcholem
Průměr chyb vůči kontrolní skupině	+ 4,7	+ 0,3	+ 3,5
% času po úpravě koeficientem	100 %	81,33%	132%

Neurokognitivní testy

ANNAPURNA

7100 m 5.5.

Před vcholem

- 0,5

63,38%



Soustředění před
vrcholem?

K 2

7800 m 25.7.

Před vrcholem

+ 3,5

132%



Zóna smrti ?

n.m.výška	O ₂ v krvi
0 m	200 ml/l
7000 m	197 ml/l
8850 m	147 ml/l



Psychologické testy

- Opakování čísel
- Opakování čísel pozpátku
- Řazení čísel a písmen
- Symboly
- Paměťový test učení

Řazení čísel a písmen	
L-2	(2-L)
6-P	(6-P)
B-5	(5-B)
F-7-L	(7-F-L)
R-4-D	(4-D-R)
H-1-8	(1-8-H)
T-9-A-3	(3-9-A-T)
V-1-J-5	(1-5-J-V)
7-N-4-L	(4-7-L-N)
8-D-6-G-1	(1-6-8-D-G)
K-2-C-7-S	(2-7-C-K-S)
5-P-3-Z-9	(3-5-9-P-Z)
M-4-E-7-Q-2	(2-4-7-E-M-Q)
V-8-H-5-F-3	(3-5-8-F-H-V)
6-G-9-A-2-S	(2-6-9-A-G-S)
R-3-B-4-Z-1-C	(1-3-4-B-C-R-Z)
5-T-9-J-2-X-7	(2-5-7-9-J-T-X)
E-1-H-8-R-4-D	(1-4-8-D-E-H-R)
5-H-9-S-2-N-6-A	(2-5-6-9-A-H-
D-1-R-9-B-4-K-3	(1-3-4-9-B-D-
7-M-2-T-6-F-1-Z	(1-2-6-7-F-M-

Psychologické testy – ANNAPURNA zlepšení s odstupem po návratu?

Typ testu	17.5.2012 11 dní po vrcholu	22.7.2012 o 6 týdnů později	Rozdíl
Opakování a řazení čísel a písmen	22	22	0 %
Symboly	47	52	+ 10%
Paměťový test učení			
Suma A I-V	48	49	+ 2%
Suma A+B	63	64	+ 2 %

Rozdíl výsledku testu po 11 dní po vrcholu a s 6 týdenním odstupem je minimální.

Psychologické testy – K2

- deficit po expedici?

Typ testu	21.5.2014 Před expedicí	27.8.2014 32 dní po vrcholu	Rozdíl
Opakování a řazení čísel a písmen	25	27	8 %
Symboly	45	50	+ 8%
Paměťový test učení			
Suma A I-V	48	53	+ 10%
Suma A+B	64	68	+ 6 %

32 dní po návratu z vrcholu lepší výsledky než před expedicí.

K 2 - závěr

- Navzdory opakované **exposici vysoké n.m. výšce**
 - nedochází k **úbytku mozkové tkáně**
 - nedošlo k trvalé **poruše neurokognitivních funkcí**
 - jejich přechodné oslabení se projevilo v 7800 m



Fenomén 8000káře

- 33 lidí dosáhlo všech 14 vrcholů > 8000 m
- 15 lidí bez přídatného O_2

Mt. Everest

- 6182 výstupů (2013)
- 155 (2,5 %) bez O_2

F.Berghold, 5/2014



Fenomén 8000káře

- Testovaná osoba není typickým vzorkem himalájského horolezce

? ↑ hypoxická ventilační
odpověď

? ↑ flexibilita mozkových cév
(minimální vasokonstrikce)

? ↑ anatomické dispozice

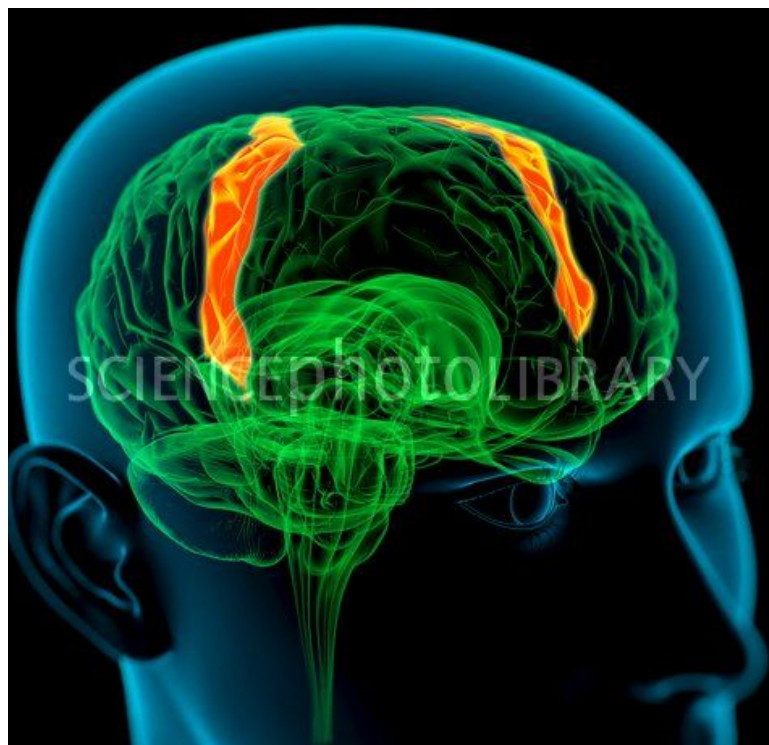


Podněty pro další výzkum

- Honza Trávníček (4x 8000)
 - Gasherbrum II 2009
 - Manaslu (2011)
 - Annapurna (2012)
 - K2 (2014)



Podněty pro další výzkum



- Reakce nitrolebních cév na HVR
- Cévní zásobení oblastí mozku s dispozicí k ischemii
- Test spotřeby O_2 v motorických oblastech při zátěži
- Vliv hypobarie?

Děkuji za
pozornost!



Silvio Mondinelli, Everest Nord, 7000 m. 2001.