



# La ricerca iperbarica oltre il perimetro INAIL



*dottore Pasquale Longobardi*



Non ho da comunicare **nessun interesse economico o relazione finanziaria** relativi a questa presentazione



Ricercatore affiliato **Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa**

Direttore Sanitario **Centro iperbarico srl (Ravenna)**

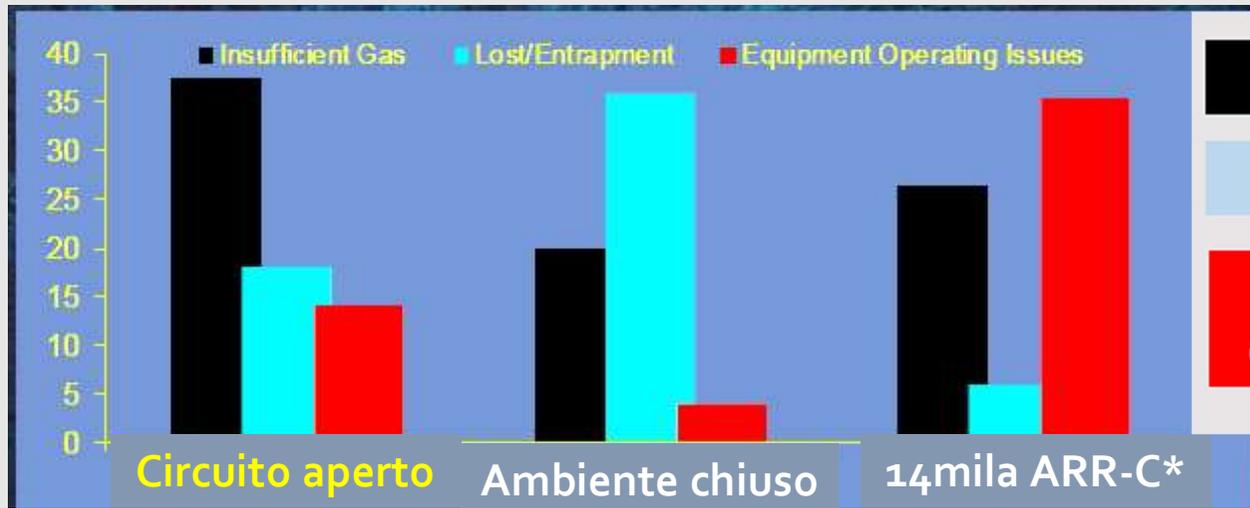
Presidente **AA Fondazione Mistral**

Membro del Comitato direttivo / scientifico **AISI, DMAC, ECHM, EDTC**

Comitato consultivo **Nuclei Soccorso Subacqueo e Acquatico Vigili del Fuoco**

Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle **Regioni e delle Province autonome**



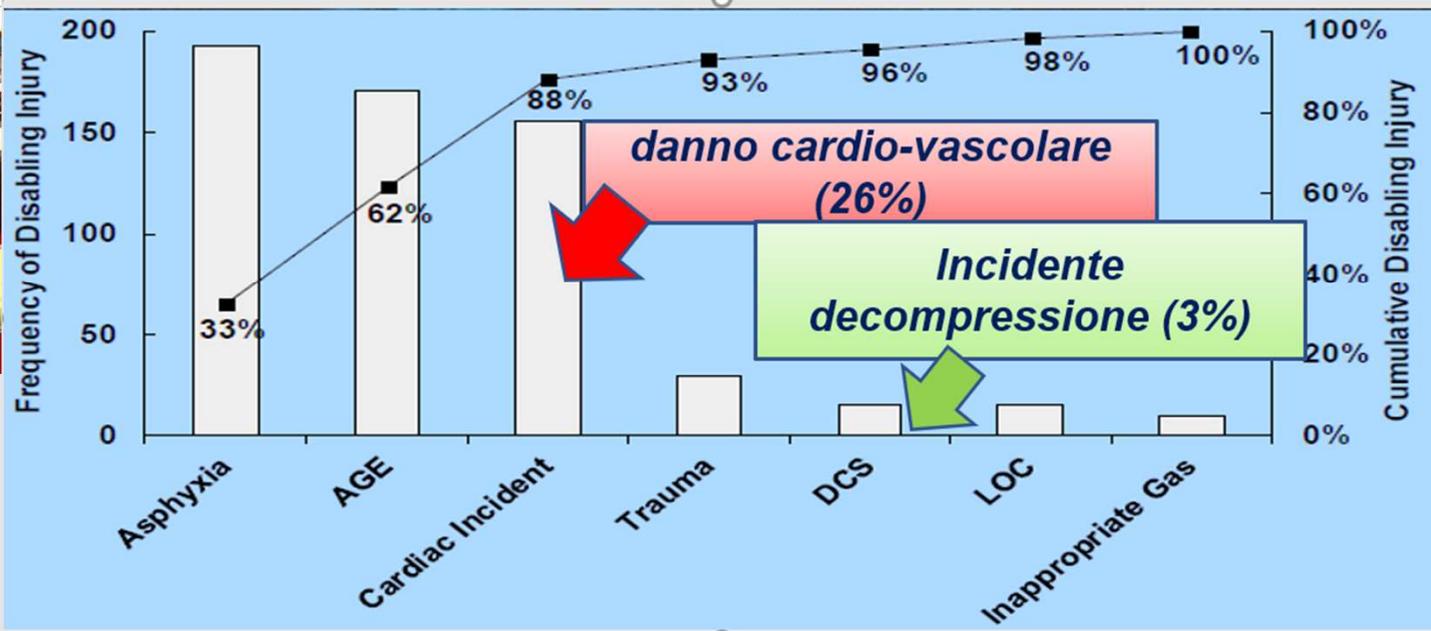


**Esaurimento miscela**

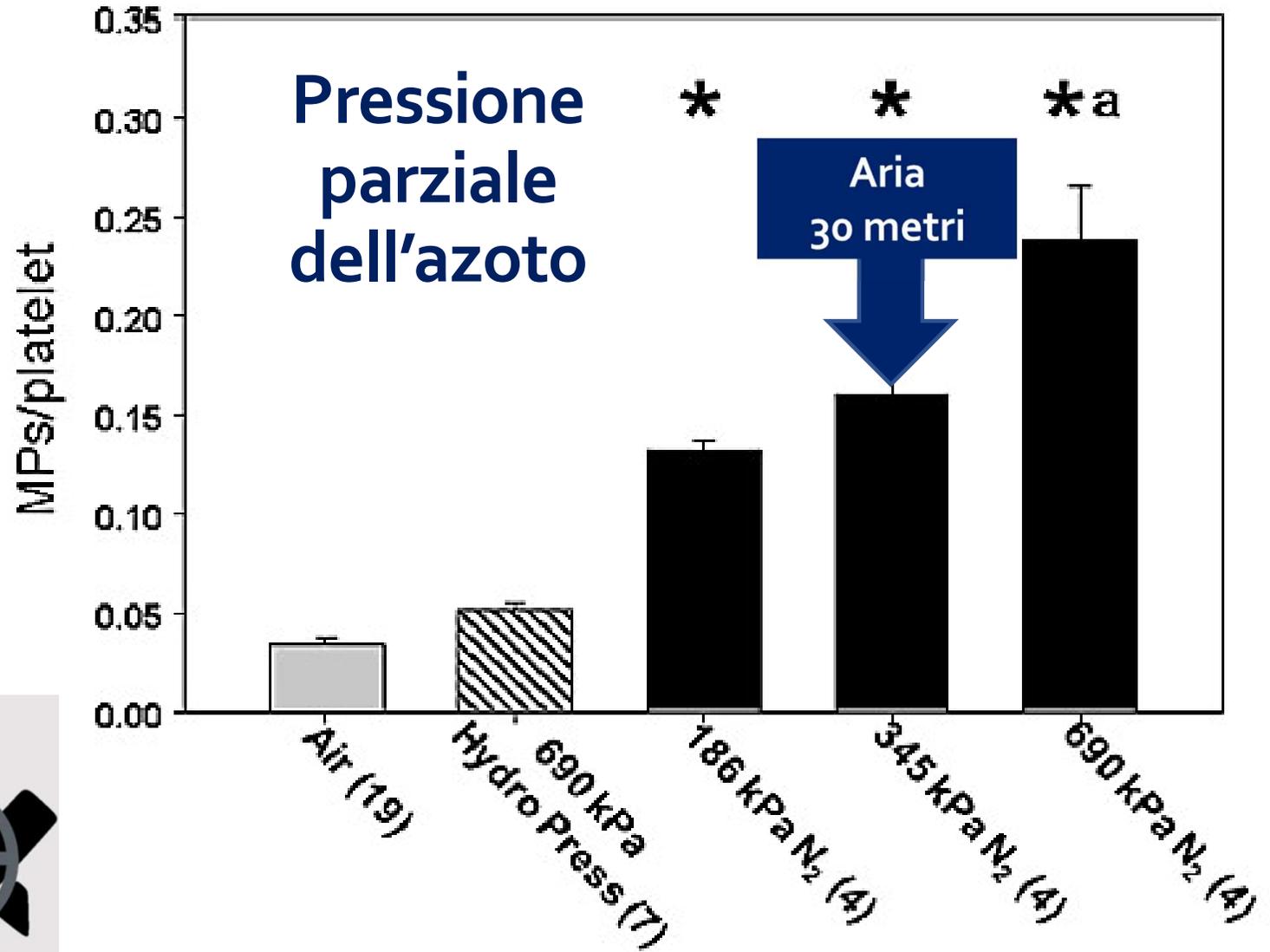
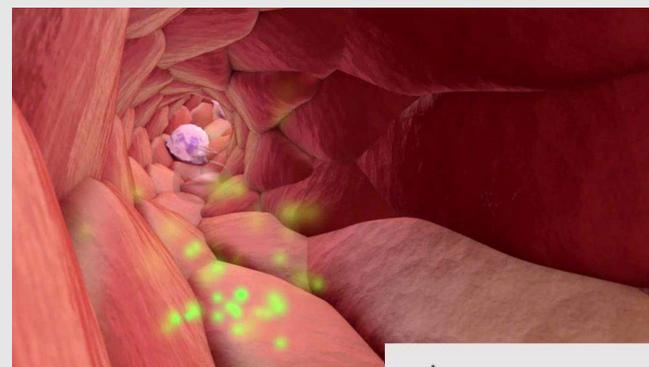
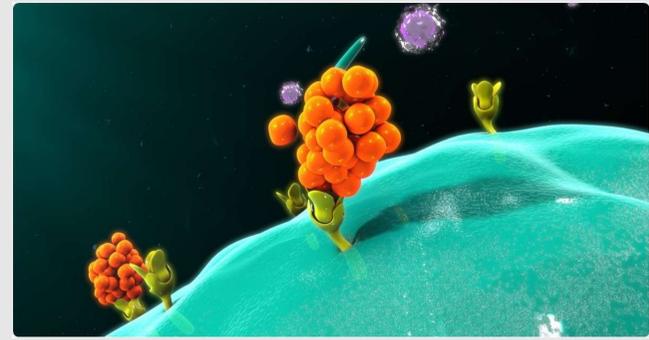
**Intrappolamento**

**Errore umano (gestione attrezzatura)**

Database: 590 incidenti subacquei con esito in disabilità \*\*



\* In Depth (GUE) 2020  
 \*\* EuroTek 2014

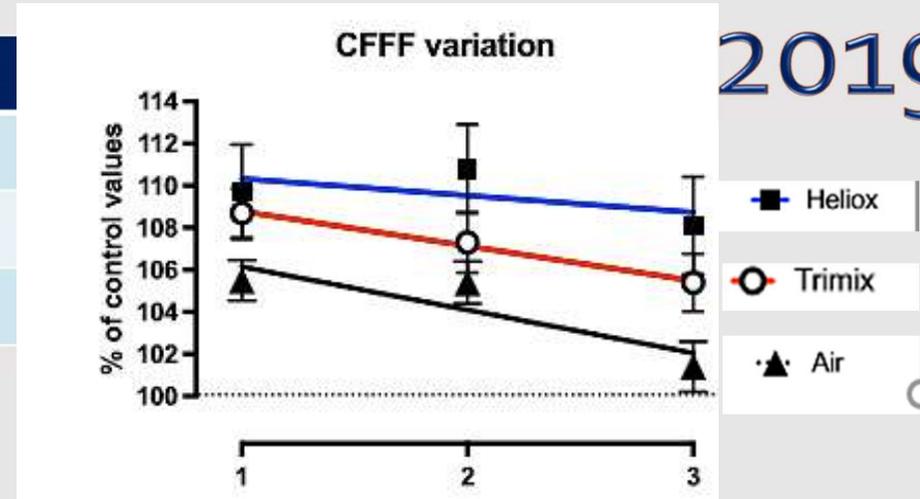




60 subacquei, 50 immersioni/anno.

50 metri/20 minuti, V-Planner. Test con **Critical Flicker Fusion Frequency (CFFF)**. Bias: ppCO<sub>2</sub> non rilevata

	ppO <sub>2</sub> 6 bar	ppN <sub>2</sub> 6bar
A) Aria, OEA21	1,26	4,74
T) Trimix 21/35, OEA 21	1,26	2,64
H) ElioX 21/79 CCR	1,26	nulla

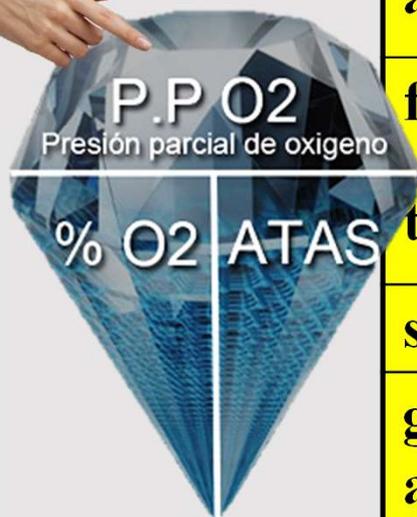


2019

**L'ossigeno è eccitante.**

**L'azoto è il freno. Inibisce la sintesi, il recupero, la eliminazione dei neurotrasmettitori: riduce il glutammato e dopamina (acceleratore), aumenta l'acido  $\gamma$ -aminobutirrico GABA (freno).**

# ppO<sub>2</sub> - ppCO<sub>2</sub> sono variabili individuali



area di scambio	100 m <sup>2</sup>
flusso di sangue	5 litri/minuto
tempo di transito	0,3 sec
spessore membrana alveolare	0,005 mm
gradiente O <sub>2</sub> tra vene e alveolo (ppO <sub>2</sub> )	45 mmHg



$$\text{moli di O}_2 \text{ scambiato} = \frac{\text{area di scambio} \times \Delta p\text{O}_2 \times \text{tempo transito}}{\text{spessore membrana}}$$

$$\text{moli di O}_2 \text{ scambiato} = \frac{100 \times 45 \times 0,3}{0,005} = \mathbf{270.000}$$

ppCO <sub>2</sub>	ppO <sub>2</sub>
40 mmHg (normale)	1,6 atm
41-45 mmHg (ritenzione moderata)	1,3 atm
oltre 45 mmHg (ritenzione grave)	0,8 atm

# Tossicità polmonare da ossigeno



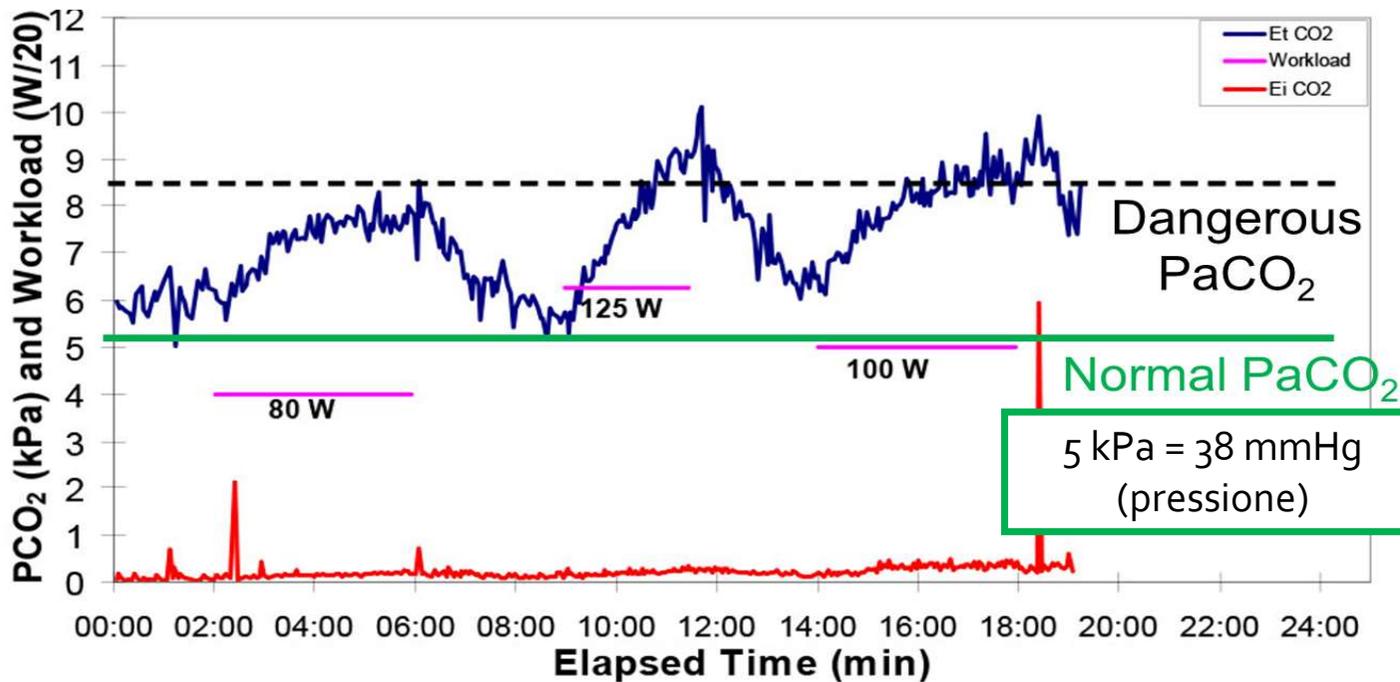
- Il limite OTU dipende sia dalla  $ppO_2$ , dal tempo di esposizione e da fattori individuali
- 1 OTU (Oxygen Toxicity Units) equivale al danno per 1 minuto di respirazione ossigeno a 1 bar (accumulo con il tempo in immersione).
- Nelle immersioni multiday il limite massimo giornaliero tollerato si riduce (rispetto al primo giorno)

2022	IW air HSE BT limit. Nitrox
Profile (msw/min)	12/240
<b>OTU</b>	<b>355</b>
# consecutive diving days (Repex)	5
K	53



# Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)

ARR, 40 metri, Aria Arricchita in O<sub>2</sub> («nitrox»)

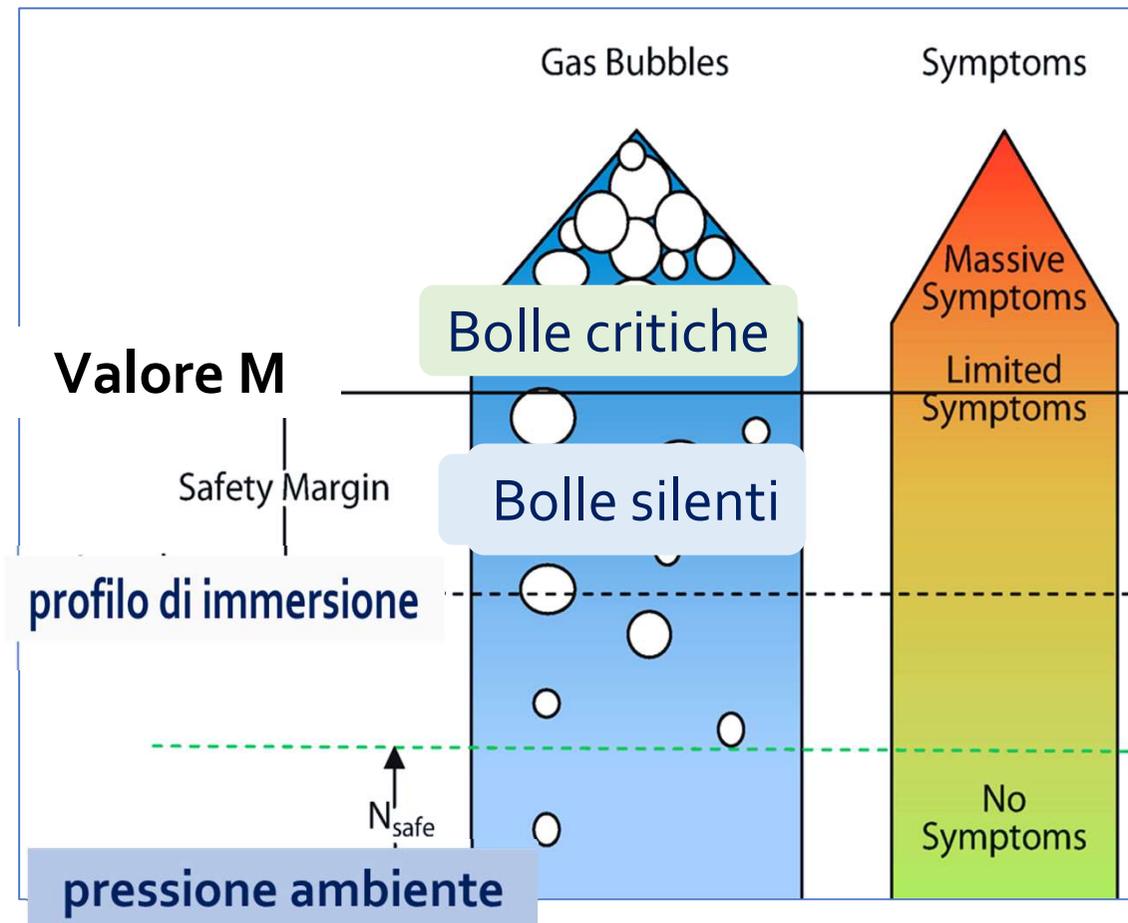


490 ml di CO<sub>2</sub>  
in un litro di sangue

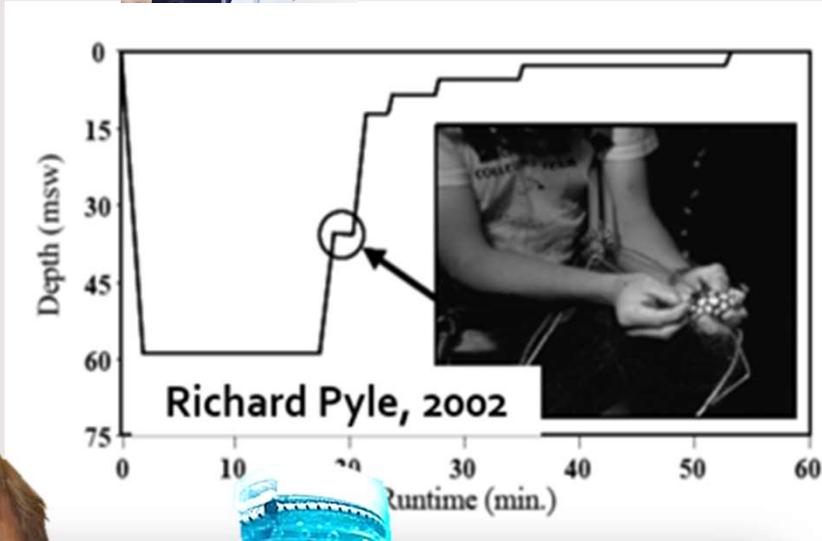
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	439 ml	89%
Legato emoglobina	24 ml	5,5%
Sciolto nel plasma	27 ml	5,5%

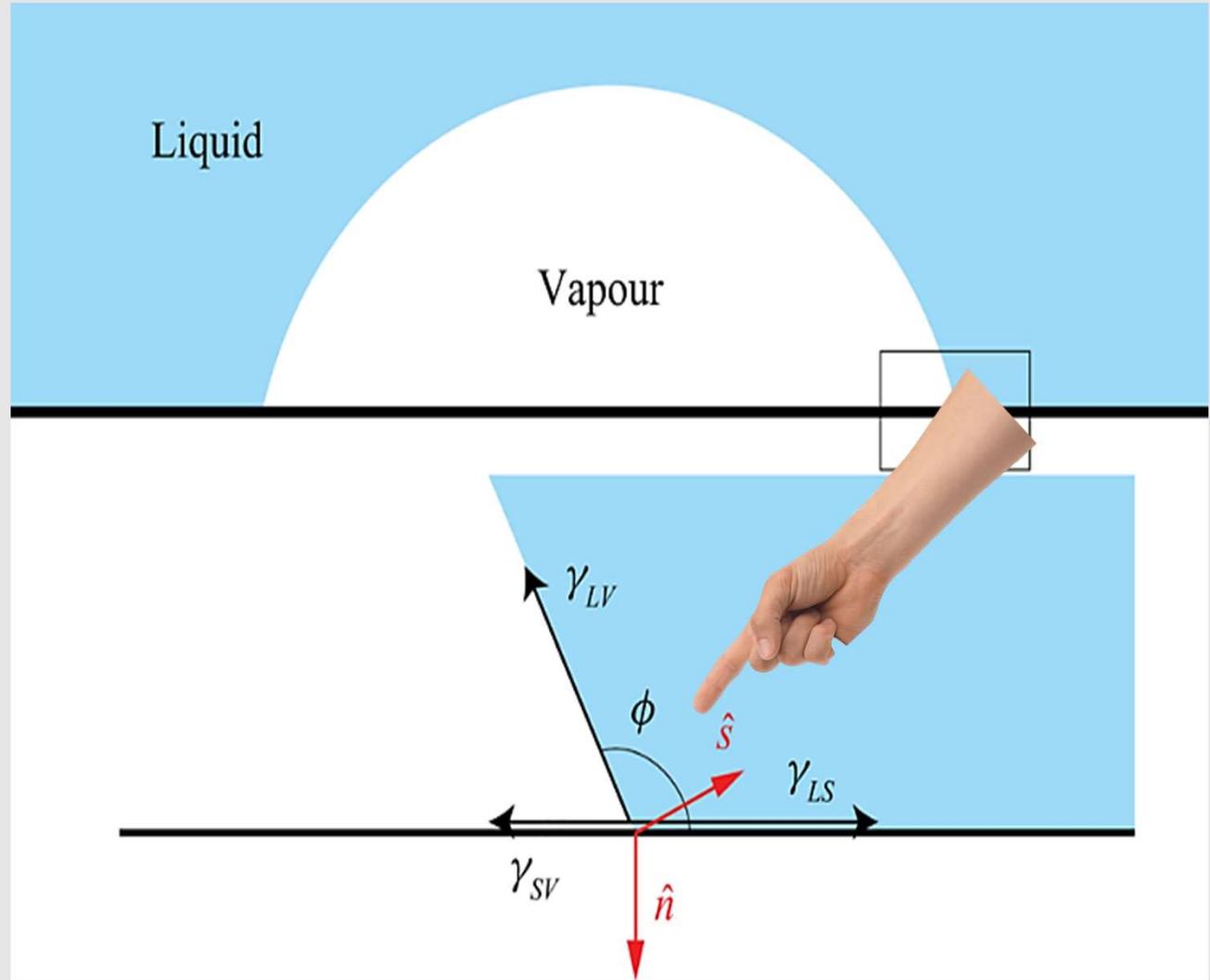
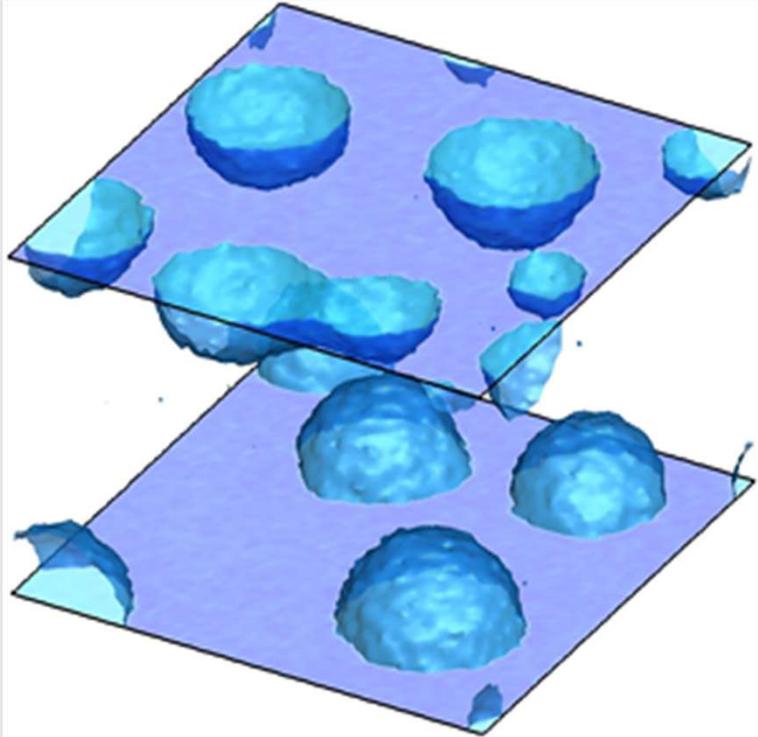
*Gavin Anthony, Simon J Mitchell* «Respiratory Physiology of Rebreather Diving»  
Proceedings of Rebreathers and Scientific Diving Workshop, Durham (USA) 2015

# La decompressione



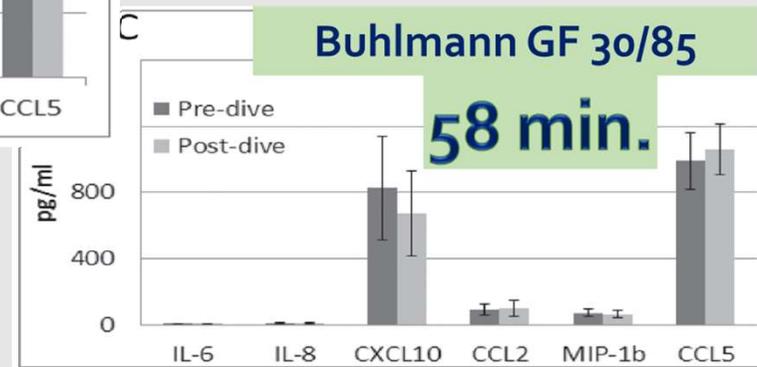
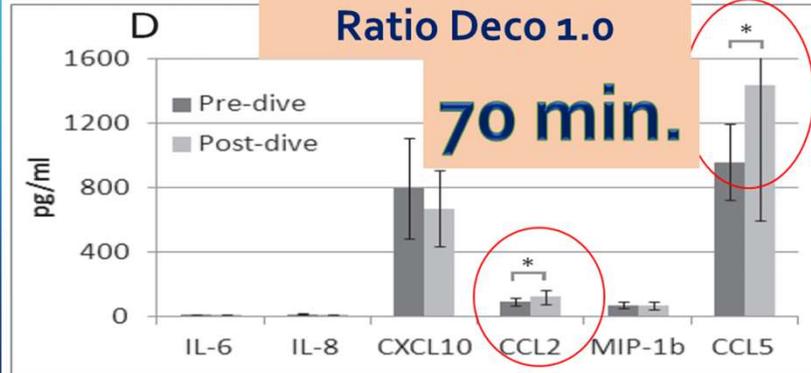
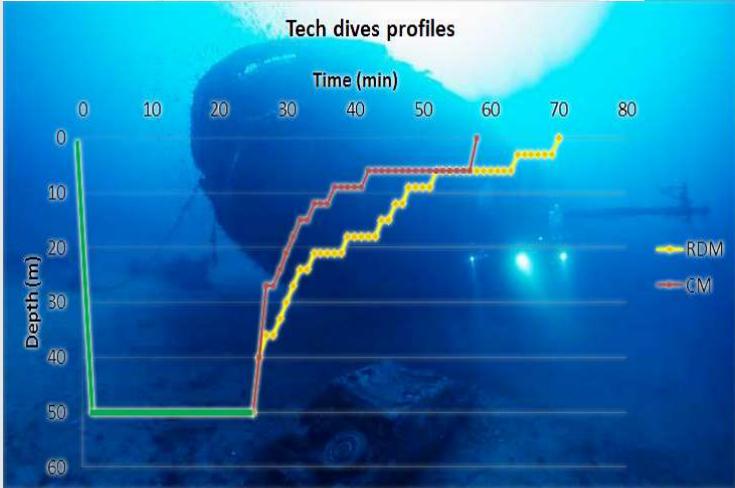
Variabilità individuale per fattori di rischio, alimentazione, allenamento, stile vita







# Decompressione ragionevolmente breve 2017



E. Spisni, P. Longobardi et al, DHMJ 2017



BMI



Fat %



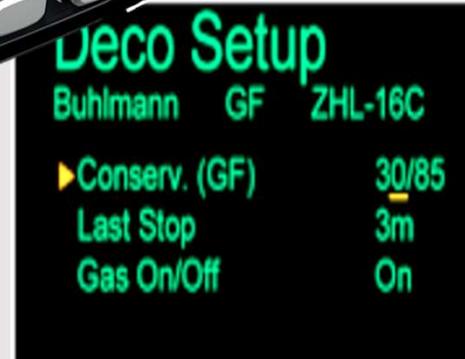
Vo2 max



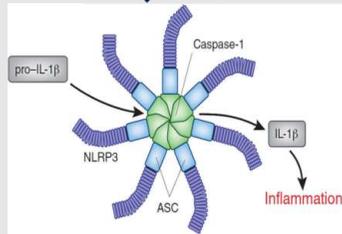
MET



FATTORE DI COMPROMISSIONE	VALORE RILEVATO	RISCHIO RELATIVO IN ATTO
età > 50 anni	53	13
test genetico alterato	NOS	3
frequenza immersioni (< 20 ore/anno)	30	0
globuli bianchi (GB), linfociti (LINF), granulociti neutrofilici (GRAN)	produttore bolle	2
colesterolemia (<280 mg/dl)		
colesterolo LDL (<150 senza comorbidità, <100 mg/dl), trigliceridi (<150 mg/dl), IMA (<130 IMA)	185/81	0
forma fisica (Body Mass Index > 30 e/o %grasso corporeo > 26 donna, > 19 uomo)	BMI 27 %grasso 26,6	0
fumo sigaretta (numero pacchetti/anno <sup>1</sup> )	NO	0
shunt destra sinistra	NO	0
acidosi (emogasanalisi pH < 7,2 con eccesso basi +2 e/o urine pH < 6,5; densità > 1015)	EGA pH 7,38; BE - 4,5 urine: pH 5,5 densità 1014	3
immersione con stress decompressivo <sup>2</sup>	no	0
<b>totale massimo</b>		<b>21,0</b>
<b>probabilità incidente de compressione (ricreativa) = 1 ogni 15.000 immersioni</b>		<b>714</b>



pDCI	GF low	GF high	LB
<500	Correggere i fattori di rischio		
501-1500	80	80	1
>1501	90	90	0

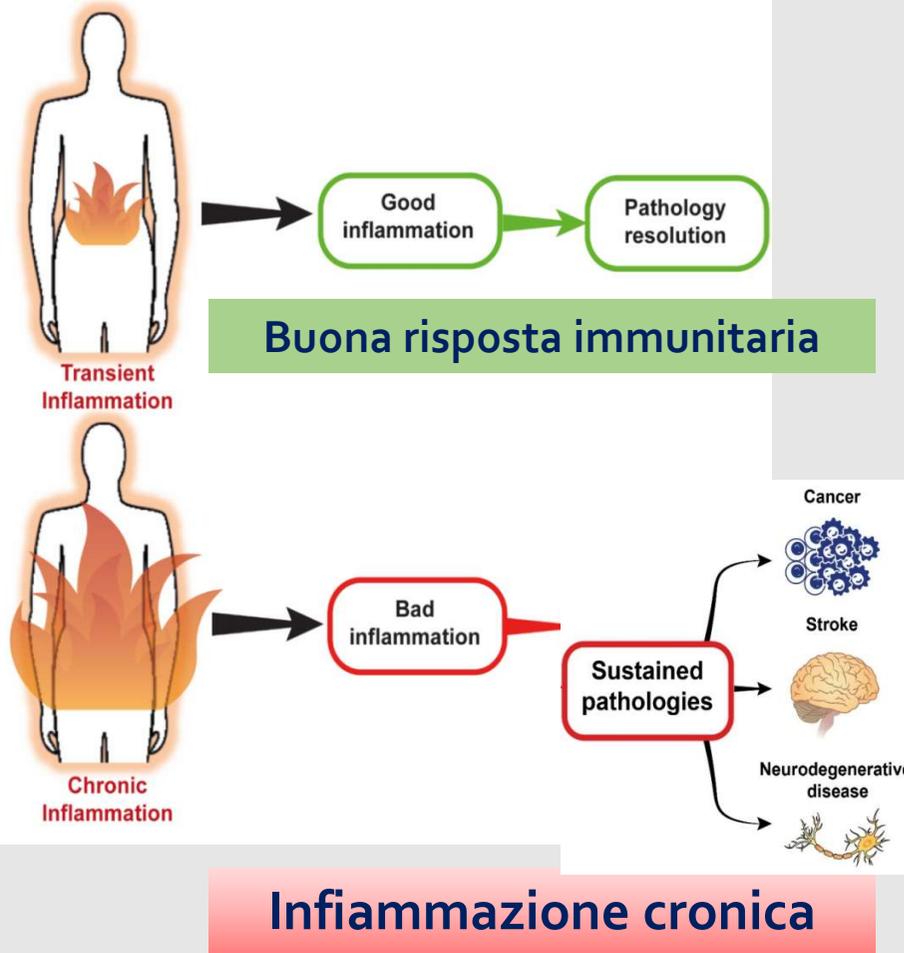


## Inflammasoma NLR3



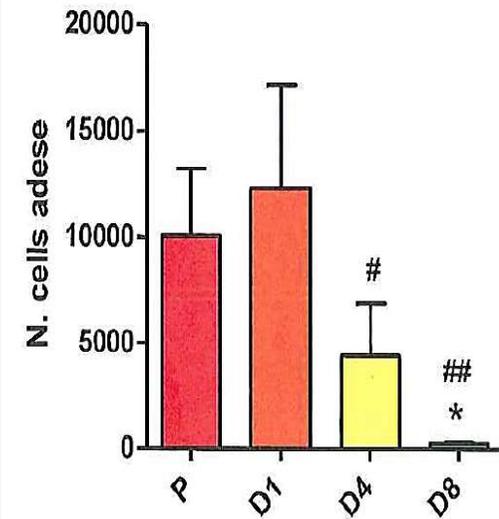
Signal Transduction Lab

Università di Ferrara –  
Patologia sperimentale (P. Pinton)



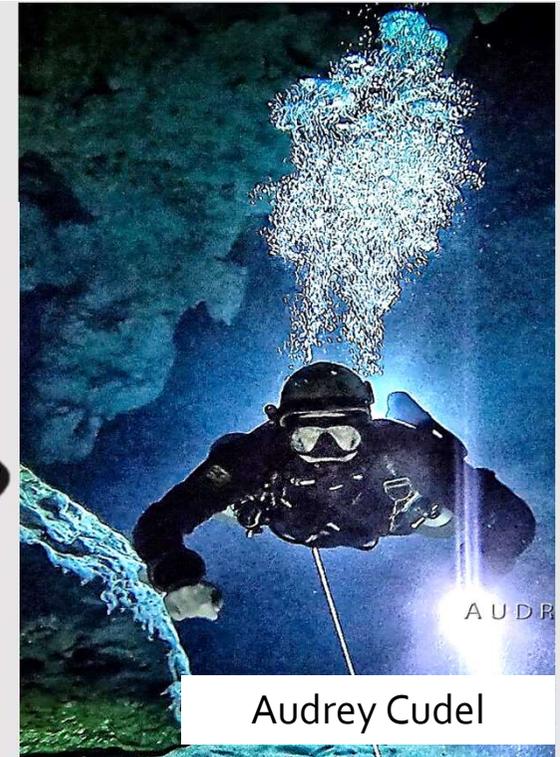
## L'OEA («nitrox») riduce la infiammazione

\*p<0.05 vs P  
#p<0.05, ##p<0.01 vs D1





# Buone prassi per l'immersione



Audrey Cudel

pp O<sub>2</sub> ( $\leq 1,3$  bar)  
pp N<sub>2</sub> ( $\leq 3,2$  bar)  
pp CO<sub>2</sub> ( $\leq 400$  ppm; 40 mmHg)  
pp He il più possibile





**Barbabetola rossa**



**DMAC level 2D**

**Diving Medical Advisory Committee**

Homepage **Courses in Diving Medicine**

About DMAC  
 - Overview  
 - History

DMAC has established an approval system

Approved Courses

The following courses are currently approved by DMAC/EDTCmed:

Course Organiser	Contact Details
AA Fondazione Mistral Italy	Leopoldo Lucchi 115 47521 Cesena (FC) Italy

**DMAC level 1 (MED)**




**SABATO 12 NOVEMBRE**

Milano, Hotel Rafael  
 (Sala Caravaggio) Via Olgettina 60  
 Dalle ore 14:00 alle ore 18:00

**ENTUSIASMO PER UNA SUBACQUEA MIGLIORE**

**Interventi liberi**

"Si intende creare la connessione tra i partecipanti attraverso le emozioni trasmesse dal racconto della propria storia e la comune passione per il Mare."

Corso pratico sull'utilizzo di un ecografo portatile



Partecipazione gratuita, su invito  
 Max 30 partecipanti



[www.fondazionemistral.com](http://www.fondazionemistral.com)

[fondazionemistral@gmail.com](mailto:fondazionemistral@gmail.com)  
[direzione@iperbaricoravenna.it](mailto:direzione@iperbaricoravenna.it)



**Buon Convegno!**