

Anidride carbonica: l'ospite indesiderato (parte 1)

Questo articolo inaugura una serie in tre parti sul tema dell'anidride carbonica, a cui si possono ricondurre molti incidenti subacquei. La seconda e terza parte della serie verranno pubblicate nei prossimi numeri di Alert Diver.

Quella volta c'è mancato poco...

Inizierò con una storia personale. Nel 2016 ho partecipato a un'immersione in grotta nel **Cenote Regina**, nei pressi di Tulum (regione Quintana Roo, Messico). L'obiettivo era esplorare la zona di acqua salmastra, con una profondità massima di 34 metri in quella particolare immersione. Siamo entrati con quattro bombole AL80 (bibo più due stage) in EAN32, più una AL40 di ossigeno puro per deco, che abbiamo sistemato vicino all'ingresso, a 6 metri di profondità. La durata prevista dell'immersione era di 200-210 minuti.

La notte precedente avevo dormito non più di tre ore a causa di impegni di lavoro: col senno di poi, non è stata proprio una buona idea. Ma col senno di poi è tutto più facile, no? Fatto sta che ne avevo una gran voglia e alla fine ho deciso di farla, questo è quanto.

Cenote Regina è un sito di straordinaria bellezza, e all'inizio è andato tutto liscio. Abbiamo raggiunto il limite della pressione di ritorno (*turn pressure*) e abbiamo iniziato il nostro percorso inverso, in direzione dell'ingresso, dopo circa 90 minuti di un'immersione estremamente piacevole. Ci aspettava una pinneggiata di più o meno la stessa durata, seguita da una ventina di minuti di decompressione in acqua bassa.

Poco dopo, intorno al minuto 100, ho iniziato a provare una sensazione molto particolare: il mio diaframma ha iniziato a oscillare ed il respiro si è gradualmente trasformato in un singhiozzo incontrollabile. Ho cercato di concentrarmi per limitare i movimenti incontrollati, ma i singhiozzi si sono fatti più insistenti. Non respiravo in modo fluido ed emettevo più bolle del solito.



Foto: Joram Mennes

Non ci è voluto molto perché anche il mio stato d'animo ne risentisse. Uno stato d'ansia ha iniziato a farsi strada, insieme alla sensazione di non riuscire ad aspirare abbastanza aria dal secondo stadio. Per sicurezza sono passato a quello di backup, ma senza alcun beneficio.

Ho segnalato al team che avevo un problema e ci siamo fermati. Ho iniziato a sentire l'impulso di precipitarmi in superficie, una richiesta proveniente dalle regioni più profonde del mio sistema nervoso centrale, del tutto inutile visto che eravamo a quasi due ore dall'uscita, con trenta metri di roccia e terra sopra di noi.

Ho passato i minuti successivi - non so quanto tempo esattamente, ma mi è sembrata un'eternità - a discutere con una voce nella mia testa che cercava di convincermi che sarebbe stato giusto arrendersi proprio lì. Le altre persone avrebbero capito. Per ricacciare quella voce nel buco da cui era strisciata fuori è stato necessario uno sforzo di volontà. Ammetto senza esitazione che il risultato non era scontato.

Alla fine i singhiozzi si sono attenuati e abbiamo proseguito il percorso del ritorno a velocità ridotta. Il ritardo e il mio ritmo respiratorio più elevato avevano intaccato le nostre riserve. Sebbene non fossimo affatto a corto di gas, è stato per me un gran sollievo trovare la prima stage con altri 110 bar di nitrox.

Abbiamo concluso l'immersione con un ritardo di mezz'ora a causa della mia pausa e del conseguente aumento dell'obbligo di deco. Ma eravamo fuori. Il giorno dopo sono tornato a immergermi in grotta, con il proposito di dormire di più e di "pescare pesci un po' più piccoli", almeno nel prossimo futuro.

Nella discussione successiva all'immersione, abbiamo concluso che la causa principale del mio problema era probabilmente l'accumulo di anidride carbonica nel flusso sanguigno, a cui contribuiva anche la

stanchezza dovuta alla mancanza di sonno. Il che ci porta all'argomento di questo articolo.



Foto: Joram Mennes

Il metabolismo dell'anidride carbonica, in estrema sintesi

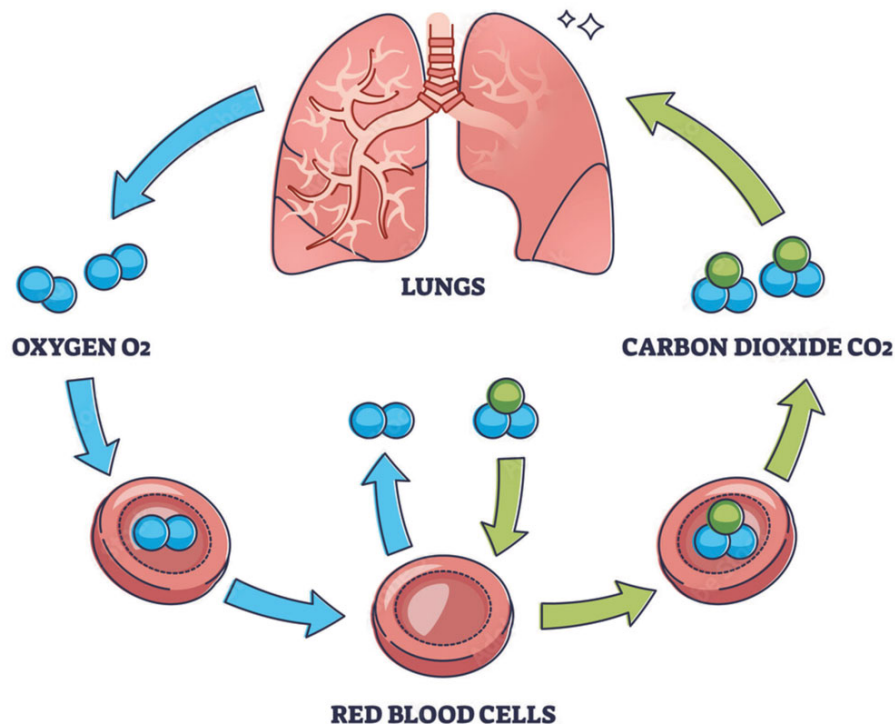
L'anidride carbonica è un prodotto di scarto del nostro metabolismo cellulare. Inaliamo un gas che contiene ossigeno. I polmoni assorbono una parte dell'ossigeno nel flusso sanguigno, dove viene raccolto dai globuli rossi (emoglobina). Il sangue ricco di ossigeno passa attraverso il lato sinistro del cuore, da dove viene pompato prima al cervello e al sistema nervoso centrale, poi al resto del corpo.

Nelle varie parti del corpo si verificano una serie di reazioni biochimiche in cui l'ossigeno si combina con il carbonio (assunto attraverso il cibo) per formare anidride carbonica. Queste reazioni generano l'energia che ci fa andare avanti.

Il sangue impoverito di ossigeno, che ora trasporta anidride carbonica in varie forme, torna verso il lato destro del cuore, che lo pompa verso i polmoni, dove l'anidride carbonica viene rimossa e infine espirata.

Nota: la meccanica reale è molto più complessa. La CO₂ non è solo un prodotto di scarto. Svolge un ruolo importante nella regolazione dell'acidità del sangue e meno del 10% della CO₂ totale contenuta nel sangue viene rimossa ad ogni passaggio attraverso i polmoni. Alcuni dettagli sono disponibili [qui](#).

HUMAN GAS EXCHANGE



Prendere le misure al cattivo

Esistono diverse grandezze fisiologiche misurabili che descrivono questo processo. La capacità dei polmoni di assorbire ossigeno è definita $VO_2 \text{ max}$. Il $VO_2 \text{ max}$ descrive il volume massimo di ossigeno che i polmoni sono in grado di fornire al nostro corpo per la produzione di energia, per unità di tempo e in relazione al peso corporeo. Gli atleti di gare di resistenza lo conoscono bene come misura delle prestazioni cardiovascolari.

Una seconda misura importante è il quoziente respiratorio (QR) o rapporto di scambio respiratorio. Il QR misura il rapporto tra anidride carbonica espirata e ossigeno inspirato. Un QR normale per un essere umano a riposo è pari a 0,8. Esatto: a riposo, espiriamo solo quattro molecole di CO_2 ogni cinque molecole di O_2 che consumiamo. Il resto dell'ossigeno rimane nel corpo. Sotto sforzo, il QR può arrivare a 1,2 e oltre. Ciò significa che il nostro metabolismo sta attingendo alle riserve di ossigeno immagazzinate nei muscoli (chimicamente legate alla *mioglobina*) durante il riposo. Un QR di 1,0 viene definito soglia anaerobica, un altro termine familiare agli atleti.

Sotto sforzo, il nostro corpo ha una maggiore richiesta di ossigeno e produce più anidride carbonica. Quando la quantità di CO_2 prodotta supera la capacità del nostro metabolismo respiratorio di rimuoverla dal flusso sanguigno ed espirare, la CO_2 inizia ad accumularsi. Come ogni apneista sa, la sensazione di fame d'aria e l'urgenza di respirare non sono causate dalla mancanza di ossigeno - nella maggior parte dei casi ce n'è in abbondanza, e la mancanza di ossigeno fa semplicemente svenire - ma dall'eccesso di CO_2 , una condizione nota come *ipercapnia*.

Le foto subacquee che trovate in questo articolo ritraggono lo splendido Cenote Regina. Sono state

scattate da [Joram Mennes](#), con il subacqueo [Stratis Kas](#). Grazie a entrambi per aver realizzato questi magnifici scatti, espressamente per questo contenuto di Alert Diver.

Sull'autore

Tim Blömeke è istruttore di immersioni ricreative e tecniche a Taiwan e nelle Filippine. È un subacqueo con una grande passione per le grotte, i relitti e il circuito chiuso, nonché collaboratore e traduttore per Alert Diver. Vive a Taipei, in Taiwan. Puoi seguirlo su Instagram [@timblmk](#).

Traduttore: Cristian Pellegrini