

Quante e quali sono le formule utilizzate per il calcolo delle tensioni nei compartimenti?

“La velocità con cui varia la tensione di gas inerte in un compartimento è proporzionale alla differenza istantanea fra la pressione parziale del gas inerte nella miscela respirata e la tensione di gas inerte nel compartimento.”

Questa affermazione, sulla cui veridicità si basa tutta la teoria del calcolo numerico della decompressione, si può scrivere con una formula matematica

$$dT_i/dt = K_i (Pp - T_i)$$

ove

T_i è la tensione di gas inerte nel compartimento numero i

t è il tempo

K_i è un coefficiente numerico caratterizzante il compartimento numero i

Pp è la pressione parziale del gas inerte respirato

Da questa formula fondamentale, con opportuni passaggi matematici, si ricava la **formula di Haldane** che può essere scritta in due modi diversi ma perfettamente equivalenti:

$$T_i(t_f) = Pp - (Pp - T_i(t_i))e^{-K_i(t_f - t_i)}$$

oppure

$$T_i(t_f) = T_i(t_i) + (Pp - T_i(t_i))(1 - e^{-K_i(t_f - t_i)})$$

ove

$$K_i = \lg_e 2 / \text{tempo}_{emisaturaz_i}$$

cioè

$$K_i = 0,693... / \text{tempo}_{emisaturaz_i}$$

La formula di Haldane è applicabile solo se la pressione parziale del gas inerte respirato Pp si mantiene costante in tutto l'intervallo di tempo ($t_f - t_i$), cosa che avviene solo per immersioni effettuate a profondità costante.

Quindi questa formula è stata utilizzata per calcolare le tabelle di decompressione ma **non può essere utilizzata nei computers che analizzano immersioni multilivello**; in effetti nei computers da immersione la formula di Haldane viene utilizzata solo per calcolare il **tempo di non decompressione** (tempo residuo in curva o “no deco time”) trasformandola nella forma seguente.

$$(t_f - t_i) = -\frac{1}{K_i} \lg_e \left(\frac{T_i(t_f) - Pp}{Pp - T_i(t_i)} \right)$$

Il valore della tensione nel tessuto i -esimo nel momento finale dell'intervallo cioè $T_i(t_f)$ deve essere sostituita col valore della tensione critica **M**, cioè la massima tensione sopportabile senza incidenti embolici da quel particolare compartimento, il calcolo deve essere ripetuto per tutti i compartimenti ed il tempo di non decompressione risultante sarà il **minimo fra i tempi di non decompressione calcolati per i singoli compartimenti**.

Qualcuno fra i tempi di non decompressione dei singoli compartimenti può risultare negativo (cioè t_i risulta minore di t_f); questo significa che quei compartimenti hanno già superato la loro tensione critica e che è già necessario prevedere soste di decompressione per evitare incidenti embolici dovuti a quei compartimenti.

In tal caso si può calcolare la minima profondità fino alla quale il subacqueo può risalire senza effettuare soste di decompressione o “**ceiling**” che è la minima fra le minime profondità, calcolate per i quei compartimenti, alle quali si riscontra una pressione parziale del gas inerte in valore pari a $T_i(t_i)-M$.

Sempre dalla formula fondamentale sopra indicata può essere ricavata anche la **formula o equazione di Schreiner**:

$$T_i(t_f) = Pp(t_i) + DP \left((t_f - t_i) - \frac{1}{K_i} \right) - \left(Pp(t_i) - T_i(t_i) - \frac{DP}{K_i} \right) e^{-K_i(t_f - t_i)}$$

ove

$$DP = \frac{Pp(t_f) - Pp(t_i)}{t_f - t_i}$$

La formula di Schreiner invece è applicabile solo se la pressione parziale del gas inerte respirato Pp varia con velocità costante in tutto l'intervallo di tempo ($t_f - t_i$), cosa che avviene solo durante ipotetici tratti di discesa o di risalita effettuati a velocità costante; quindi è utilizzata nei software decompressivi in quanto questi descrivono un'immersione proprio come una discesa a velocità costante seguita da una permanenza a quota costante seguita da una serie di tratti di risalita effettuati ciascuno a velocità costante e sempre più bassa avvicinandosi alla superficie.

La formula di Schreiner, nel caso particolare di velocità di variazione di quota nulla ($DP = 0$), con semplici passaggi matematici, si trasforma nell'equazione di Haldane che quindi ne costituisce un caso particolare.

Quale formula si usa davvero nei computers subacquei?

Il computer da immersione segue il subacqueo in un'immersione reale che non avviene né a profondità costante né tantomeno a velocità di variazione di quota costante; il problema si supera considerando l'immersione come un insieme di successivi intervalli brevissimi, lunghi pochi secondi, detti “**intervallo di rilevazione**” o “**intervallo di campionamento**” durante i quali l'immersione possa essere considerata, con buona approssimazione, come se fosse effettuata a quota costante o a velocità di variazione di quota costante.

All'interno del singolo intervallo di rilevazione è possibile usare la formula di Schreiner che, nel caso particolare di velocità di variazione di quota nulla, automaticamente si trasforma nella formula di Haldane.

Una formula che velocizza il calcolo nel singolo intervallo di rilevazione in quanto non richiede di effettuare il calcolo dell'esponenziale ($e^{-K_i(t_f - t_i)}$) è infine la **formula degli Intervalli Finiti** che è ancora più facile da applicare:

$$T_i(t_f) = \frac{K_i(t_f - t_i)}{K_i(t_f - t_i) + 2} (Pp(t_f) - Pp(t_i)) - \frac{K_i(t_f - t_i) - 2}{K_i(t_f - t_i) + 2} T_i(t_i)$$

Questa é una formula approssimata e si discosta tanto piú dall'indicazione esatta quanto maggiore é la durata dell'intervallo di rilevazione, é quindi importante che i computers che la utilizzano adottino **intervalli di rilevazione molto brevi**.