
L'EVOLUZIONE SCIENTIFICA E TECNOLOGICA DEI COMPUTERS

DOTT. LUCA TORCELLO

Istituto Iperbarico - Zingonia

ARCHIVIO RUOCCO

Fino ai primi anni '50, le immersioni venivano effettuate con scafandri da palombaro, a profondità sostanzialmente costanti, con supporto di aria dalla superficie, dove coloro che prestavano assistenza calcolavano anche le necessità di decompressione.

La comparsa dell'autorespiratore ad aria (ARA) ha consentito a un numero sempre più elevato di persone di scendere sott'acqua in maniera autonoma e più semplice, ma, fin da allora è stata sentita la necessità di uno strumento che consentisse di determinare il reale stato della saturazione tissutale e di conseguenza l'eventuale necessità di soste di decompressione.

Nel 1956, Searle (Navy Experimental Diving Unit - NEDU) scrisse: "... sorge una stringente necessità di un piccolo apparecchio portatile da utilizzare per indicare una corretta decompressione durante la risalita..."

Da allora, venne proposto un notevole numero di apparati: inizialmente vennero utilizzati calcolatori analogici elettrici e meccanici, ma solo con l'introduzione in larga scala dei microprocessori fu realmente possibile avere a disposizione strumenti di piccolo formato e ampie capacità di calcolo e quindi veramente utilizzabili.

APPARECCHI "STORICI"

A seguire vi è un elenco con breve descrizione dei vari apparecchi proposti in passato, sia analogici che digitali, costruiti e commercializzati con vario successo, ma comunque, in linea di massima, attualmente non più esistenti sul mercato.

Apparecchi analogici

Foxboro Decomputer Mark I

Proposto nel 1955, era costituito da due compartimenti, con emiperiodo di 40 e 75 minuti rispettivamente e un coefficiente di sovrasaturazione critico di 1.75:1 per entrambi. L'apparec-

chio usava 5 soffietti per determinare la situazione di decompressione.

Attraverso una "finestra" a colori, il sommozzatore poteva valutare la correttezza della sua risalita, mantenendo l'indicatore nella sezione "sicura" della finestra.

I risultati delle prove pratiche non furono del tutto soddisfacenti, dimostrando una sufficiente compatibilità con i dati delle tabelle U.S. Navy, solo per qualche tipo di immersione. Il motivo era da ricercarsi nell'errore nella stima dei periodi di emisaturazione dei soffietti che erano realmente di 27.7 e di 52 minuti, causando pertanto uno scostamento importante dai valori delle tabelle.

Decompressimetro SOS (DCP)

E' stato fino a tempi recenti il più conosciuto strumento di decompressione.

Venne proposto da Carlo Alinari nel 1959 ed è tuttora reperibile in commercio. E' uno strumento pneumatico a 1 compartimento. L'emiperiodo del compartimento varia a seconda della pressione differenziale presente sulle due facce della membrana di ceramica.

Quando il sommozzatore scende, la pressione ambiente comprime la sacca flessibile, spingendo il gas attraverso il filtro di ceramica nella camera a volume costante, simulando così l'assorbimento di gas nell'organismo; la pressione all'interno di quest'ultima aumenta di conseguenza, e viene segnalata dallo spostamento dell'indicatore visibile, mosso da un tubo di bourdon. Durante la risalita avviene un procedimento esattamente contrario, e vengono così evidenziate le eventuali tappe di decompressione.

Valutazioni pubblicate da Howard nel 1975 (v. tabella), effettuate su 10 DCP, mostrarono che, per quanto riguarda i limiti di non decompressione, lo strumento era più conservativo delle tabelle U.S. Navy, per profondità inferiori ai 18 metri, mentre era meno conservativo a quote superiori.

profondità in mt	tempo DCP (min:sec)	tabelle U.S. Navy
12	140:11	200
15	72:34 - 77:57	100
18	60:00	60
21	47:11 - 54:07	50
24	38:40 - 39:54	40
27	30:15 - 32:52	30
30	28:09 - 29:35	25
33	25:35 - 26:43	20
36	21:24 - 22:29	15
39	19:18 - 21:14	10
42	16:11 - 17:13	10
45	14:56 - 16:05	5
48	12:56 - 13:42	5

Tab. 1 confronto fra i limiti di n.d. del DCP e tabelle U.S. Navy (Howard, 1975)

Computer analogico elettrico TRACOR

Sviluppato nel 1963 dalla Texas Research Associates Inc. era costituito da una serie di resistori e condensatori in parallelo, che simulavano l'assorbimento dell'azoto nell'organismo. Lo strumento segnalava, in piedi, di quanto il sommozzatore poteva risalire in sicurezza. I tests mostrarono che lo strumento era inadeguato per immersioni profonde e prolungate ed era troppo sensibile alla temperatura.

Serie di computers analogici DCIEM

A partire dal 1962, il DCIEM (Defense and Civil Institute of Environmental Medicine) sviluppò su studi di D.J.Kidd e R.A.Stubbs, una serie di computers, a quattro compartimenti, per simulare l'assorbimento e la liberazione dell'azoto. Inizialmente i compartimenti erano in parallelo, mentre nell'ultima versione erano in serie. L'incidenza di malattia da decompressione nell'ultima versione (Mark V S) risultò essere dello 0.6 % su 3775 immersioni. In questo modello, i compartimenti avevano un emiperiodo da 5' a 300'. Il quadrante indicava, con due lancette, la profondità attuale e quella a cui il sommozzatore poteva risalire con sicurezza. Il limite operativo era di 60 mt, ma vennero proposti strumenti con limite a 90 mt e anche per l'uso in camera iperbarica. Venne commercializzato per scopi industriali e militari, in quanto la sua com-

piessità, gli alti costi e le frequenti necessità di calibrazione lo rendevano improponibile per scopi sportivi.

Decompressimetro GE

La General Electric produsse nel 1973 uno strumento che utilizzava membrane semipermeabili di silicone per simulare la diffusione dell'azoto, secondo studi di Borom e Johnson. Era costituito da 4 compartimenti, che simulavano emiperiodi di 24, 39, 90 e 144 minuti. I tests iniziali sembra mostrassero soddisfacenti risultati, ma apparentemente tutto finì senza ulteriori prove.

Decomputer Farallon

Proposto nel 1975 dalle Industrie Farallon (attualmente Oceanic) in California, funzionava con membrane semipermeabili. Aveva 4 membrane, che rappresentavano due gruppi di tessuti: due erano per l'assorbimento e due per la liberazione del gas. Vari tests, effettuati presso la Scripps Institution of Oceanography, mostrarono una scarsa affidabilità, sia nei riguardi dei limiti di "curva di sicurezza", che, ancor più, per le immersioni ripetitive; manifestava inoltre un eccessivo numero di guasti meccanici (Flynn, 1978-Royal Australian Navy).

Strumenti digitali

A partire dalla metà degli anni '70, grazie all'avvento dei microprocessori, fu possibile costruire piccoli computers, dedicati al calcolo della decompressione, dotati di maggiore precisione e con minori problemi di calibrazione rispetto agli strumenti analogici, anche se almeno all'inizio un grave problema era rappresentato dalla mancanza di adeguate fonti di energia.

Serie di computers digitali per la decompressione DCIEM XDC

A partire dalla metà degli anni '70, vennero proposti strumenti digitali che utilizzavano il modello di Kidd-Stubbs a quattro compartimenti. Il primo modello era uno strumento da tavolo, che poteva essere utilizzato "sul campo" ricevendo informazioni sulla profondità del sommozzatore o programmando preliminarmente dei profili di immersione. Uno strumento successivo veniva utilizzato durante immersioni assistite dalla su-

perficie e questo è tuttora usato, con modeste modifiche del software, dalla Canadian Navy. Nessuno di questi strumenti poteva essere portato in immersione direttamente dal sommozzatore. Solo il modello XDC-3 o CYBERDIVER fu il primo strutturato in modo adeguato per poterlo fare: era collegato alle bombole e funzionava con batterie a 9 V. Il suo elevato costo e l'autonomia delle batterie di sole 4 ore hanno limitato la sua diffusione.

Computer di immersione DACOR

Alla fine degli anni '70 la DACOR propose un computer in grado di fornire le tabelle di decompressione U.S. Navy; ciò comportava la perdita di qualunque vantaggio legato al calcolo diretto della decompressione. Comunque, al momento della commercializzazione, la fabbrica che doveva fornire le batterie adeguate (il consumo era molto elevato) bruciò e il progetto fu così abbandonato.

Cyberdiver II e III

Nel 1980 la Kybertec (attualmente Newtec) commercializzò il Cyberdiver II che leggeva le tabelle U.S. Navy; era collegato all'erogatore e forniva anche la pressione delle bombole. L'autonomia, data una batteria da 9 V, era da 6 a 12 ore, a seconda della temperatura. L'apparecchio era comunque molto ingombrante e il sistema di calibrazione eccessivamente complesso.

Il modello Cyberdiver III, proposto nel 1981, era in grado di calcolare la decompressione, mostrando la situazione in forma grafica mediante 5 LED's che indicavano la profondità massima consentita di risalita e l'altitudine massima per il volo dopo un'immersione; anch'esso era collegato alle bombole.

U.S. Navy UDC

Sviluppato dal NEDU a partire dal 1980, utilizzava un algoritmo sviluppato da Thalmann, del tipo E - L. Il primo modello mostrava la profondità attuale e le tappe di decompressione a multipli di 3 metri. In quelli successivi vennero evidenziate anche il tempo totale di immersione, il tempo totale di risalita, il tempo di decompressione alla tappa e un indicatore di carica della batteria. I vari prototipi sono stati costruiti da Divetronic, Orca e Tekna, ma non si sa se a tutt'oggi esista un modello operativo.

Decobrain I

Era un decompressimetro basato su tabelle svizzere, per varie altitudini da 0 a 3500 mt, costruito dalla Divetronic. Evidenziava la profondità il tempo di immersione, il tempo di risalita e la prima sosta di decompressione; in superficie dopo l'immersione venivano mostrati la massima profondità, il tempo totale di immersione, l'intervallo di superficie e il tempo di desaturazione.

Pur essendo un decompressimetro basato su tabelle consentiva l'effettuazione di immersioni multilevel, in quanto il computer elaborava i calcoli utilizzando i gruppi di azoto residuo, ma il suo limite era che veniva utilizzato solo 1 compartimento, quello da 80 minuti.

Vari test effettuati (Bassett, 1983) dimostravano che era facile porre il computer in una situazione di errore, che rendeva inutilizzabile lo strumento e, inoltre, che le informazioni tecniche e operative fornite erano insufficienti per usare e interpretare correttamente lo strumento.

*** Apparecchi "attuali"**

Nel 1988 vi erano in commercio 11 computers per l'immersione, nel 1991 (K.Loyst, Dive Computers. A consumer's guide to History, Theory & Performance, Watersport Publishing, Inc) vengono valutati 24 diversi modelli di computer, nel 1993 (Hardy & Shuster, Computer Age, Scuba Diving, Feb. 93) sono stati testati in maniera accurata 16 computers. Attualmente praticamente tutte le ditte che producono e commercializzano attrezzature subacquee possiedono un computer in catalogo e sicuramente l'introduzione di questo strumento è stata la più importante rivoluzione nell'attività subacquea sportiva dai tempi dell'introduzione del GAV. L'utilizzo di questi strumenti non è ancora generalizzato, vi sono ancora molte resistenze, ma ormai sono moltissimi i subacquei che li utilizzano regolarmente, fidandosi ciecamente di quello che dicono.

Gli algoritmi di funzionamento possibili sono molteplici (E - E, E -L, ..) ed elaborati da diversi autori (Spencer, Rogers, Buhlman..): v. tabella nella pagina seguente, e i compartimenti tissutali presi in considerazione sono in numero differente fra un computer e l'altro (da 6 a 12) con periodi di emisaturazione che giungono a 720 minuti.

La necessità di decompressione viene segnalata sia come profondità di tappa, espressa in

multipli di 3 metri, come le tabelle, che come valore di "ceiling", che rappresenta la quota massima a cui il subacqueo può giungere senza superare i limiti della sovraturazione critica. Per lo più, sono dotati di allarmi acustici e/o visivi per l'eccessiva velocità di risalita o il mancato rispetto delle tappe di decompressione, ma anche per diverse altre situazioni. I più recenti forniscono anche la pressione delle bombole, mediante frusta o telemetria, variando anche il programma di decompressione in funzione del consumo di aria. In realtà ritengo che le informazioni assolutamente necessarie per l'immersione, che comunque vengono fornite da tutti, tipo profondità attuale, profondità massima, tempo di immersione ed eventuali tappe di decompressione, debbano essere visibili in maniera assolutamente chiara e senza possibilità di confusione con altri dati, per cui non penso che schermi affollati di numeri o disegni e grafici vari rappresentino un reale vantaggio di un modello rispetto ad un altro che non fornisce dati accessori (temperatura, autonomia ecc.).

Tutti gli strumenti sono forniti di un libretto di istruzione, mediamente sufficientemente chiaro e comprensibile (anche se ciò non è vero in tutti i casi!), comunque per tutti viene consigliato l'utilizzo entro la curva di sicurezza e viene sottolineato il fatto che lo strumento fornisce informazioni sull'immersione, che devono essere vagliate dal sommozzatore. In pratica sono strumenti che non possono e non devono essere utilizzati come vangelo. Vengono comunque sconsigliati alcuni tipi di immersioni: quelle nelle quali la massima profondità viene raggiunta subito prima della risalita, immersioni ripetitive profonde, soprattutto se con corto intervallo di superficie e immersioni ripetitive che richiedono decompressione

In realtà le informazioni che forniscono sono sufficientemente precise e sicure, sicuramente non vi è stato un evidente aumento degli incidenti da decompressione. E' difficile dire se sono più o meno affidabili delle tabelle: vi sono immersioni in cui verosimilmente lo sono (immersioni "quadre"), altre in cui invece sembrerebbero più sicure le tabelle (immersioni multi-level, immersioni ripetute). In considerazione del complessivamente modesto numero di incidenti (cfr. relazione di Marroni), conti precisi potrebbero essere possibili solo analizzando un numero estremamente alto di immersioni e conoscendo anche esattamente quanti sono i subacquei in totale, quanti usano il computer piuttosto che le tabelle e quante immersioni vengono effettuate.

Le ultime novità sul mercato mi sembra abbiano portato solo un aumento della quantità di "gadgets", senza delle modifiche sostanziali, che probabilmente sarebbero comunque poco giustificate, visto che bene o male i vari strumenti presenti sul mercato anche da tempo funzionano in modo soddisfacente. Troverei invece estremamente interessante se potessero funzionare realmente da "scatola nera", registrando l'immersione a intervalli di tempo piuttosto ravvicinati, dell'ordine di qualche secondo, e non, come è possibile adesso, almeno per la gran maggioranza degli strumenti che hanno questa funzione, a intervalli di tempo piuttosto lunghi, di diverse decine di secondi. Questo potrebbe essere molto importante non tanto e non solo per il Log-Book del sommozzatore, ma soprattutto in caso di malattia da decompressione: si potrebbe valutare esattamente il profilo dell'immersione che ha provocato l'incidente e ciò potrebbe essere di estrema utilità per una migliore conoscenza della patogenesi della malattia.

BIBLIOGRAFIA

- . VALIDATION OF DECOMPRESSION TABLES. Thirty-Seventh Undersea and Hyperbaric Medical Society Workshop. H.R.Schreiner & R.W.Hamilton eds, 1987
- PROCEEDINGS OF DIVE COMPUTERS WORKSHOP. American Academy of Underwater Sciences M.A.Lang & R.W.Hamilton eds, 1988.
- DIVE COMPUTERS. A CONSUMER'S GUIDE TO HISTORY, THEORY AND PERFORMANCE. K.Loyst, 1991.
- COMPUTER AGE, J.Hardy & B.Shuster, Scuba Diving, Feb. 1993.

ALBERO GENEALOGICO DEI COMPUTERS SUBACQUEI

Modello Haldaniano	Basati sulle tabelle		Tabelle U.S. Navy	Suunto SME - USN
			Tabelle svizzere	Decobrain 1
	Basati sul modello	Modelli Haldaniani modificati	Modello U.S. Navy compartimento 120'	DataMaster II Data Scan 2
			Limiti di Spencer - modello di Rogers	compartimento 60' DataMaster 111 DataMaster Sport DataMax Sport Data Scan 3
		Modelli Haldaniani	Limiti No-D Spencer	di Nikkola SME SME - ML SME - ML R-! Solution
			Modelli svizzeri	Modello ORCA Delphi Edge Mentor Signatech SkinniDipper
				Hahn - Tekna Computeck
				P-Serie Microbrain (P-3) Microbrain pro (P-4) NC- I I (P-5) DC-II (P-5)
				ZHL-12, 16 Aladin Aladin Sport Aladin Pro Legend Monitor I Monitor 11
		RGBM (Reduced Gradient Bubble Model)		Scubapro DiveVu

Tratta da: K.Loyst. DIVE COMPUTERS. A CONSUMER'S GUIDE TO HYSTORY, THEORY & PERFORMANCE.