

La registrazione di EEG nel casco da palombaro leggero

F. Faralli

La necessità di registrare segnali bioelettrici in ambienti straordinari quale quello subacqueo ha costretto la ricerca a trovare modalità di adattamento ad attrezzature e sistemi di immersione utilizzati sia in ambito ricreativo che in ambito professionale. È dato acquisito il fatto che la miscela di gas respiratori influenzi l'attività elettrica cerebrale, molto spesso in modo non prevedibile; ciò maggiormente in situazioni d'iperbarismo. L'attività d'immersione, sia essa condotta "a secco" in camera iperbarica sia essa condotta in ambiente acquatico, presenta, anche sul piano tecnico, significative difficoltà d'indagine.

L'attività subacquea professionale è caratterizzata dall'impiego di attrezzature che permettono il continuo collegamento dell'operatore con la superficie fornendogli comunicazioni, miscele respiratorie, riscaldamento e illuminazione.

In particolare è da segnalare l'attrezzatura denominata "palombaro leggero".

Il vestito da palombaro, che più si conosce, è costituito da una tuta gommata impermeabile all'acqua (scafandro), un elmo in rame, scarponi zavorrati per camminare sul fondo; l'elmo riceve aria da un tubo di gomma collegato a una pompa ad aria situata in superficie. È questa un'attrezzatura molto pesante che permette scarsa mobilità all'operatore.

Il palombaro leggero ha una muta che isola l'operatore dall'ambiente, lasciando libere solo le mani; la muta è collegata tramite un collare stagno ad un casco, con un grande visore in policarbonato. Collegati al casco sono posti un erogatore, un modulo per telecomunicazioni e valvole per eliminare

la condensa dell'aria inspirata. La muta è collegata alla superficie con un ombelicale per il rifornimento dell'aria in cui vi è anche il cavo per le telecomunicazioni; sulle spalle dell'operatore si pone una bombola per sopperire ad eventuali situazioni di emergenza.

In generale si usa il palombaro leggero, che è dotato di grande mobilità, per lavori sino a profondità di 50\60 mt.

Volendo registrare i segnali elettroencefalografici durante le immersioni, è necessario adattare il sistema di rilevazione al particolare casco che viene utilizzato.

In generale si usa il Casco subacqueo Kirby Morgan (il modello in uso è il KM-37 500-051). Il casco è costituito da due unità: il cofano, che copre la testa del subacqueo, e la corazza che sostiene il peso del casco sulle spalle del subacqueo. Il cofano viene fissato e sigillato alla corazza ed al collo in modo da creare una tenuta stagna.

Il casco è provvisto di un modulo di comunicazione a scambio rapido e di un erogatore bilanciato ad elevate prestazioni che fornisce un flusso di gas respiratorio agevolato durante le attività più intense.

L'interno del casco è stato appositamente modificato al fine di consentire l'inserimento della cuffia EEG sulla quale sono posizionati gli elettrodi che consentono di acquisire i segnali elettroencefalografici prima, dopo e durante l'immersione. I segnali vengono registrati su un apparato Holter racchiuso in una custodia impermeabile posta sulle spalle dell'operatore. La custodia è posta sotto la muta per evitare contatti umidi.

L'adattamento del registratore Holter EEG al casco permette di avere dati unici sulla attività

cerebrale in immersione, con notevoli ricadute in termini di prevenzione e sicurezza.

Il casco offre al subacqueo una vestibilità comoda e sicura per lunghi periodi di tempo, anche quando si agisce in posizione rivolta verso il basso.

Una attrezzatura di questo tipo, se collegata a un impianto iperbarico, consente di lavorare anche a grandi profondità, respirando oltre che aria anche miscele gassose sintetiche quali il trimix (elio-azoto-ossigeno) e l'Heliox (elio-ossigeno).

Per l'acquisizione dei segnali elettroencefalografici si è utilizzata una cuffia con elettrodi cilindrici Ag-AgCl da montarsi con pasta EEG. Sopra di essa si è posizionata una sovracuffia in modo tale da limitare il movimento degli elettrodi durante le operazioni di fissazione del casco alla muta e durante la successiva registrazione.

Si è utilizzata una cuffia con montaggio 10-20 privata degli elettrodi frontali che avrebbero interferito con l'interno del casco.

I tracciati registrati durante i protocolli di immersione hanno presentato pochi artefatti, concentrati soprattutto sui canali occipitali.

Dal punto di vista strettamente tecnico la procedura di registrazione elettroencefalografica in acqua risulta abbastanza complessa e richiede diverso tempo per essere ultimata. Infatti spesso le condizioni ambientali possono presentarsi poco ottimali, per la presenza di correnti parassite che interferiscono con la registrazione dei segnali elettrici cerebrali.

La registrazione dei segnali EEG, anche se offline, permette di verificare le modificazioni dei livelli di coscienza dell'operatore durante le immersioni e individuare le attività EEG che possono precedere un'alterazione di stato di coscienza, si ottimizzano così le condizioni di lavoro, eliminando situazioni di pericolo e si migliorano gli strumenti e le procedure di intervento.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Costi A, Ricci FMF, Labbate P, Del Nero V, Meloni G. Rilevazioni di segnali biologici in mare con casco Kirby Morgan attraverso registrazioni elettroencefalografiche nell'ambito del progetto di ricerca "Iperbarismo e stati alterati di coscienza: il modello della narcosi da azoto". Valutazione preliminare. *Giornale di Medicina Militare* 2021; In Press.

Di Piero V, Cappagli M, Pastena L, et al. Cerebral effects of hyperbaric oxygen breathing: a CBF spect study on professional divers. *Eur J Neurol* 2002; 9: 419-21.

Pastena L, Caraceni A, Gagliardi R, et al. Cognitive potentials (P300) during the breathing of oxygen. 5th European Congress of Clinical Neurophysiology. *Neurophysiol Clin* 1990; 20: Suppl. 1s-99s.

Pastena L, Formaggio E, Storti SF, et al. Bluetooth Communication interface for EEG Signal Recording in Hyperbaric Chambers. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2015; 23: 538-47.

Pastena L, Formaggio E, Storti SF, et al. Tracking EEG changes during the exposure to hyperbaric oxygen. *Neurophysiol* 2015; 126: 339-47.

Pastena L, Gagliardi R, Faralli F, Mainardi G. EEG patterns associated with nitrogen narcosis (breathing air at 9 ATA). *Aviat Space Environ Med* 2005; 76:1031-6.

Pastena L, Gagliardi R, Maroni W, et al. Considerazioni su un caso di iperossia documentata con EEG". *Atti del IX Congresso SIMSI. Lerici (SP)* 1990.

Pastena L, Gagliardi R, Maroni W, et al. Nuove metodologie di rilevamento di dati elettrofisiologici in medicina subacquea e iperbarica. *Atti del IX Congresso SIMSI. Lerici (SP)* 1990.

Storti SF, Formaggio E, Melucci M, et al. Alterations of source and connectivity EEG patterns under simulated deep-sea condition. *Proceedings International Symposium on Biomedical Imaging* 2015; 2015: 339-42.

Storti SF, Formaggio E, Pastena L, et al. Expertise-related global efficiency of functional brain networks in professional and new divers under simulated deep-water. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2015 Jan 24.

Dott. Fabio Faralli, Servizio Sanitario Comsubin, La Spezia

Per la corrispondenza:
fabio.faralli1958@gmail.com