



IL RUOLO DELLA RADIOLOGIA IN MEDICINA SUBACQUEA

*Angelo Iovane, Raffaello Sutura,
Fabrizio Candela, Piero Giovanni Cimino*
DI.BI.MEF. - A.O.U.P. "Paolo Giaccone" - Palermo

La medicina subacquea ha avuto sviluppo recente, tra la fine dell'800 e l'inizio del '900, essendo comparsa in seguito alla messa in utilizzo dei primi apparati per l'immersione prolungata.

In atto, sono oltre 7 milioni di persone nel mondo che partecipano alle attività subacquee con apparecchiature da immersione, pertanto è molto frequente incontrare nella pratica clinica un paziente con disordini correlati all'attività subacquea, spesso dovuti alla compressione-decompressione dei soggetti durante le immersioni.

La radiologia applicata in medicina subacquea ha un ruolo utile nello screening al fine di individuare i soggetti inabili alle immersioni, predisposti a patologie da immersione; inoltre, risulta fondamentale per la conferma di alcune patologie tipiche della medicina subacquea ed ha un ruolo importante in medicina legale nei rari casi di valutazione post-mortem di vittime da immersione.

Di seguito elenchiamo le patologie da immersione più frequenti e l'eventuale ruolo della radiologia ha comunque un ruolo.

Barotraumi dell'orecchio:

I barotraumi dell'orecchio medio si verificano più spesso durante la discesa, quando un subacqueo non riesce ad equilibrare la pressione tra l'aria dell'orecchio medio e l'acqua ambiente. La pressione ed il volume seguono la legge di Boyle: $PV = K$ (dove K è una costante, a temperatura costante, il volume $[V]$ di un gas varia in modo inversamente proporzionale alla pressione $[P]$ a cui il gas è sottoposto). Per esempio, quando un sommozzatore discende, l'aumento della pressione dell'acqua ambiente comprime il gas contenuto negli spazi corporei, come quello dell'orecchio medio. Il subacqueo deve affrontare questa perdita di volume con l'aggiunta di più gas nei suoi spazi corporei (equilibrazione) per evitare lesioni, facendo una dolce manovra di Valsalva, ma questa manovra può essere compromessa se la tromba di l'Eustachio è ostruita. La pressione esterna può essere così grande da implodere (rottura) la membrana timpanica, o può solo provocare dolore ed emorragia della membrana timpanica. Altri sintomi associati possono includere vertigini, acufeni, e perdita dell'udito.

I barotraumi dell'orecchio interno sono generalmente causati da una manovra di Valsalva troppo violenta, con conseguente rottura della finestra rotonda o ovale a causa dello squilibrio pressorio tra l'orecchio medio ed interno, e conducono frequentemente ad una sordità neurosensoriale permanente.

Il ruolo della radiologia è marginale, in alcuni soggetti è stata testata la TC per individuare eventuali fattori predisponenti, ma non sono state trovati correlazioni particolari.

Pneumoencefalo:

Solitamente è il risultato di un trauma. Nei subacquei è possibile in seguito o ad una rapida ed incontrollata risalita che provoca una iper-pessurizzazione dei seni paranasali con conseguente rottura della dura madre e penetrazione di aria nello spazio subaracnoideo fronto-parietale. Un altro meccanismo può essere la rottura dell'osso mastoide da iper-pessurizzazione.

La radiografia convenzionale (RX) e la tomografia computerizzata (TC) basale sono essenziali per la diagnosi. La RX può riscontrare l'aria intracranica libera come aree di radio-trasparenza a livello delle cisterne basali, del solco cerebrale, dei ventricoli laterali o della ghiandola pituitaria.

La RX può riscontrare fino ad almeno 2 cc di aria intracranica libera, mentre la TC fino ad almeno 0,5 cc [Fig.1]. La TC risulta di fondamentale importanza nel monitorare il progresso di riassorbimento dell'aria libera.

Sindrome da decompressione (DCS):

Insieme alla embolia gassosa arteriosa (AGE) la DCS è una delle patologie più letali per i subacquei, ed è classicamente nota in due tipi, tipo I e tipo II. Nel tipo I le bolle si formano in tessuti periferici, come le articolazioni, determinando dolore e intorpidimento locale. Nel tipo II, le bolle di nitrogeno si formano nel sistema nervoso centrale, determinando deficit neurologici corrispondenti all'area di midollo spinale o encefalo coinvolta.

La diagnostica per immagini ha un ruolo notevole grazie all'uso della RM per escludere una DCS [Fig.2].

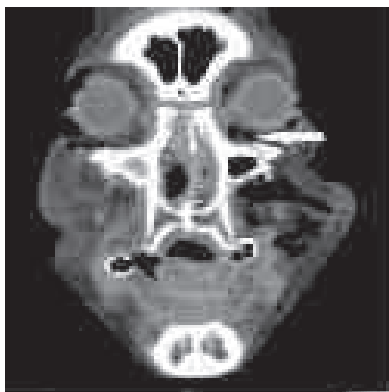


Fig. 1



Fig. 2

La tomografia ed emissione di positroni (PET) con T-99m per misurare il flusso sanguigno regionale cerebrale sembra avere un ruolo nel diagnosticare importanti variazioni di flusso in soggetti con DCS.

L'ecografia, specie con tecnica Doppler, gioca un ruolo importante nella diagnosi e nel monitoraggio di pazienti con DCS grazie alla sua capacità di riscontrare le bolle di nitrogeno nello spazio intravascolare specie durante la decompressione.

Barotraumi polmonari:

Spesso si manifestano come sindrome da iper-inflazione polmonare, in cui, durante l'ascensione, il gas che si espande viene intrappolato in parti del polmone come risultato di ostruzione o di apnea; ciò è particolarmente pericoloso a causa del fatto che il gas può entrare nel circolo arterioso, scatenando un'AGE.

La RX può avere una parte importante per la valutazione iniziale; Harker et al, raccomandano di eseguire una RX nei pazienti con difficoltà respiratorie, per escludere un pneumotorace e nei pazienti con sospetta diagnosi di AGE.

Secondo alcuni studi, nei soggetti con barotrauma polmonare, al controllo radiologico il 52% aveva infiltrati polmonari, il 32% pneumo-mediastino, il 26% enfisema sottocutaneo, il 10% aria intravascolare, il 6% pneumo-pericardio, ed il 6% pneumotorace [Figg.3-4].

La TC ha un ruolo secondario e solitamente viene utilizzata per scoprire nei pazienti con barotrauma eventuali bolle d'aria o cisti non riscontrate alla radiografia convenzionale [Fig.5], e per determinare se il soggetto barotraumatizzato può essere dichiarato idoneo a future immersioni.

Embolia gassosa arteriosa (AGE):

L'AGE, con circa il 30%, è al secondo posto, dietro l'annegamento, come causa di morte più comune tra i subacquei. I sintomi della AGE sono generalmente diagnosticati su base clinica, come il DCS, tuttavia tali sintomi si manifestano immediatamente o entro alcuni minuti dall'emergenza dall'acqua. Si tende ad usare in marina la regola "dei dieci minuti", per cui ogni sintomo neurologico che si sviluppa entro 10 minuti dal momento dell'uscita

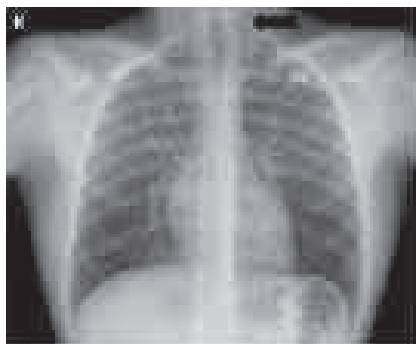


Fig. 3

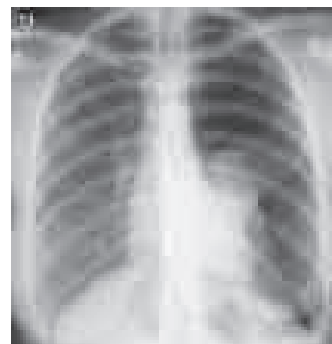


Fig. 4

dall'acqua è considerato legato all'AGE.

La ricompressione immediata in tali casi è di fondamentale importanza.

In taluni casi, comunque, la diagnostica per immagini può essere notevolmente utile; la radiografia del torace post-procedura è imperativa dopo toracotomia, mentre la risonanza magnetica (RM) può avere un ruolo in caso di danni dell'encefalo, solitamente di natura ischemica.

L'ecocardiografia gioca un ruolo fondamentale nella valutazione dei pazienti con forame ovale patente, che risulta essere una predisposizione all'AGE senza un barotrauma polmonare.

Ematoma orbitale:

In rari casi, i gradienti pressori causati da inadeguata regolarizzazione della pressione della maschera facciale possono causare un barotrauma orbitale, con edema, emorragia subcongiuntivale, ed ecchimosi.

La TC e la RM possono essere utili nel valutare l'apparato orbitario ed escludere eventuali danni delle ossa, dei muscoli oculari, del globo oculare e del nervo ottico [Fig.6].

Osteonecrosi disbarica (DON):

È una necrosi avascolare che coinvolge i soggetti dediti alle immersioni in assenza di altri fattori di rischio classici. Le lesioni sono classificate in iuxta-articolari o midollari.

L'incidenza è elevata ed arriva a circa il 20% dei soggetti dediti alle immersioni ed è maggiore in quelli sottoposti a maggiori tempi o maggiori profondità di immersione. Il sito più comune è la testa femorale (bilateralmente nel 36% dei casi) e la diafisi prossimale della tibia.

La patogenesi della DON è ancora poco chiara, ma la teoria prevalente è che bolle di gas si formino nel midollo, determinando ostruzione venosa e necrosi ossea.

La diagnosi di DON non è agevole, tuttavia, risulta di importanza critica in quanto le lesioni iuxta-articolari possono essere debilitanti e sono stati osservati in alcuni casi degenerazioni maligne della DON. Ai soggetti con diagnosi di DON dovrebbe essere preclusa la possibilità di effettuare immersioni.

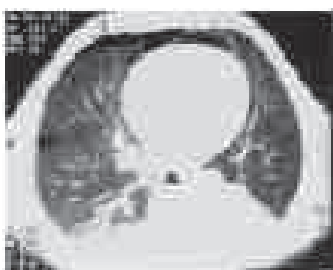


Fig. 5

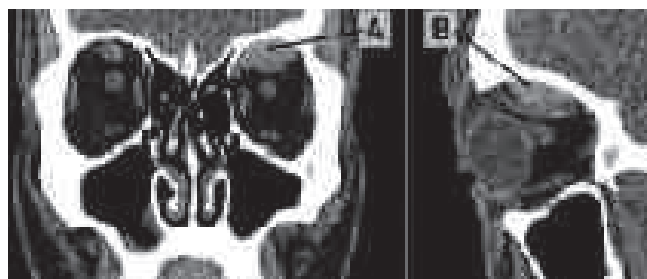


Fig.6

La radiografia permette di riscontrare aree di aumentata densità vicino alle superfici articolari, così come aree di sclerosi subcondrale a “sole nascente” determinate da nuovo osso formatosi su trabecole necrotiche.

Queste aree solitamente si manifestano entro 2-3 mesi fino anche a 12 mesi dal barotrauma.

La diagnosi differenziale di DON va fatta con: isole di compatta ossea, difetto fibroso corticale, fibroma non ossificante, displasia fibrosa, pseudocisti subcondrali.

Rispetto alla RX, la RM ha il vantaggio di scoprire le alterazioni ossee dovute alla DON in fase più precoce [Fig.7] e per tale motivo alcuni autori la raccomandano come alternativa alla RX per lo screening di soggetti con diagnosi sospetta di DON.

La scintigrafia ossea è capace di riscontrare le lesioni già a 2-3 settimane dall'evento iperbarico, tuttavia molti casi risultano essere falsi positivi e non evolvono verso lesioni RX-apprezzabili.

Valutazione post-mortem:

La maggior parte dei medici legali richiede molto spesso una RX pre-autopsia per i casi di morte da incidente subacqueo. Infatti, una semplice RX del torace permette di distinguere l'annegamento dal pneumotorace come causa di morte, spesso difficile da distinguere all'autopsia; nei casi di annegamento in acqua salata, la RX tipicamente rivela la presenza di edema polmonare.

La TC è utile per dimostrare facilmente l'intrappolamento di aria nei tessuti e nei vasi presenti in casi di barotrauma ed AGE, specie nell'aorta e negli atri.

La RM post-mortem è utile nel dimostrare casi di morte da AGE cerebrale o da barotraumi polmonari.

CONCLUSIONI:

Contrariamente all'opinione diffusa che la radiologia abbia scarso ruolo nella medicina subacquea, sempre più lavori scientifici in letteratura tendono a ribaltare questo concetto.

La radiologia è uno step importante nello screening dei soggetti che devono



Fig. 7



Fig. 8

sottoporsi alla prima immersione, in quanto una semplice RX può escludere patologie polmonari pre-esistenti che rendano il soggetto più suscettibile ai barotraumi.

La TC dovrebbe essere richiesta in quei soggetti che soffrano di patologia polmonare ostruttiva cronica, enfisema, o altre condizioni patologiche polmonari.

L'ecocardiografia dovrebbe essere sempre utilizzata in quei pazienti con sospette patologie cardiache (ad es. forame ovale patente).

I subacquei che emergono con perdita di coscienza possono beneficiare di una RX prima della ricompressione per escludere un pneumotorace o un'infiltrazione diffusa dei polmoni.

A distanza dall'evento traumatico iperbarico, la radiologia ha un ruolo fondamentale in casi selezionati; la TC o la RM possono confermare o escludere DCS o AGE nei pazienti con sintomi neurologici.

I subacquei di lunga durata dovrebbero sottoporsi spesso ad esami RX per escludere la DON che, se presente, esclude la possibilità di future immersioni.

In medicina legale, dopo morte per annegamento o barotrauma, la RX permette di identificare la causa della morte in molti casi.

BIBLIOGRAFIA

1. Carson WK, Mecklenburg B. The role of radiology in dive-related disorders. *Mil Med.* 2005 Jan;170(1):57-62.
2. Warren LP Jr, Djang WT, Moon RE, et al. Neuroimaging of scuba diving injuries to the CNS. *AJR Am J Roentgenol.* 1988 Nov;151(5):1003-8.
3. Sparacia G, Banco A, Sparacia B, et al. Magnetic resonance findings in scuba diving-related spinal cord decompression sickness. *MAGMA.* 1997 Jun;5(2):111-5.
4. Reuter M, Tetzlaff K, Hutzelmann A, et al. MR imaging of the central nervous system in diving-related decompression illness. *Acta Radiol.* 1997 Nov;38(6):940-4.
5. Replogle WH, Sanders SD, Keeton JE, et al. Scuba diving injuries. *Am Fam Physician.* 1988 Jun;37(6):135-42.
6. Clenney TL, Lassen LF. Recreational scuba diving injuries. *Am Fam Physician.* 1996 Apr;53(5):1761-74.
7. Héritier F, Schaller MD, Fitting JW, et al. The pulmonary manifestations of diving accidents. *Schweiz Z Sportmed.* 1993 Sep;41(3):115-20.
8. Schwerzmann M, Seiler C. Recreational scuba diving, patent foramen ovale and their associated risks. *Swiss Med Wkly.* 2001 Jun 30;131(25-26):365-74.
9. Uzun G, Toklu AS, Yildiz S, et al. Dysbaric osteonecrosis screening in Turkish Navy divers. *Aviat Space Environ Med.* 2008 Jan;79(1):44-6.
10. Bolte H, Koch A, Tetzlaff K, et al. Detection of dysbaric osteonecrosis in military divers using magnetic resonance imaging. *Eur Radiol.* 2005 Feb;15(2):368-75. Epub 2004 Oct 15.
11. Davidson JK. Dysbaric disorders: aseptic bone necrosis in tunnel workers and divers. *Baillieres Clin Rheumatol.* 1989 Apr;3(1):1-23.
12. Kenney IJ, Sonksen C. Dysbaric osteonecrosis in recreational divers: a study using magnetic resonance imaging. *Undersea Hyperb Med.* 2010 Sep-Oct;37(5):281-8.
13. Shinoda S, Hasegawa Y, Kawasaki S, et al. Magnetic resonance imaging of osteonecrosis in divers: comparison with plain radiographs. *Skeletal Radiol.* 1997 Jun;26(6):354-9.