Chirurgia oculare con uso intraoperatorio di gas ed idoneità all'attività subacquea

Uno dei problemi più importanti dell'attività subacquea è la prevenzione degli incidenti legati alla presenza di gas nell'organismo umano. Infatti mentre i liquidi del nostro corpo sono praticamente incompressibili, i gas invece rispondono a variazioni della pressione nei tessuti con variazioni del volume occupato dal gas stesso. Con l'aumentare della pressione tissutale i gas diminuiscono di volume e tendono a "sciogliersi" nei liquidi organici. Con la diminuzione della pressione tissutale, invece, i gas aumentano di volume e tendono a passare dalla fase liquida a quella gassosa, con la formazione di bolle. Queste ultime sono la causa della cosiddetta "Malattia da decompressione".

In quali punti del nostro organismo troviamo in condizioni normali i gas? Come viene insegnato a tutti i subacquei, nei polmoni, nelle vie aeree, nell'orecchio medio, nei seni paranasali, nell'intestino ecc. Ma ci sono alcune condizioni inusuali in cui un gas è presente in punti dell'organismo in cui non dovrebbe normalmente esserci. Escludendo alcune particolari condizioni patologiche, la causa più frequente di questa presenza inusuale di gas è quella iatrogena, cioè indotta da pratiche mediche. I gas sono utilizzati dai medici a scopi diagnostici o terapeutici. A scopo diagnostico sono a volte utilizzati ad esempio in radiologia nello studio del colon. A scopo terapeutico sono usati qualche volta durante interventi chirurgici come ad esempio in alcune fasi di interventi di chirurgia addominale, ginecologica ed oculistica. In questi casi la presenza di gas nel periodo post-operatorio può costituire una controindicazione alle immersioni subacquee. In questo articolo ci occuperemo dell'uso dei gas negli interventi dell'occhio, in particolare negli interventi di chirurgia vitreo-retinica, e come questo uso possa indurre a limitare le attività subacquee dei pazienti nel periodo successivo all'intervento. Per rendere il discorso più comprensibile a tutti, eviteremo l' uso di formule matematiche ed esporremo concetti fisici facilmente intuibili.

La storia

La prima osservazione di una bolla di gas nell' occhio di un animale venne riferita nel 1607. Robert Boyle costruì una camera ipobarica in cui introdusse diversi animali. Nell' occhio di una vipera sottoposta a decompressione con la sua macchina, egli notò la presenza di una bolla di gas, pur non potendone spiegare il meccanismo esatto di formazione. In realtà questa può essere considerata la prima segnalazione sperimentale di malattia da decompressione nella storia della medicina. L'uso dei gas nella chirurgia dell' occhio risale invece agli inizi del secolo scorso.

Il primo caso di tentativo di trattamento del distacco di retina con gas intravitreale risale al 1909. Il gas introdotto era aria. Nella seconda metà del secolo scorso si iniziò ad usare l'aria come coadiuvante negli interventi chirurgici di cerchiaggio sclerale per il distacco di retina. Successivamente furono usate, e sono attualmente ancora in uso, gas puri o miscele di gas a lunga permanenza intraoculare negli interventi per le patologie vitreo-retiniche, in particolare negli interventi di pneumoretinopessia e di vitrectomia.

Uso attuale dei gas nella chirurgia oculare.

Nella chirurgia del segmento anteriore dell' occhio, in particolare della cataratta e del glaucoma, il gas usato è in pratica solo l'aria. L'uso di gas in questa chirurgia è comunque attualmente raro, in quanto alcune sostanze polimeriche con proprieta' visco-elastiche hanno sostituito, per lo meno nella pratica chirurgica più moderna, l'uso dell' aria. La funzione dei gas in questi casi è quella di creare "spazio" e "piani di clivaggio" nelle strutture endooculari che il chirurgo deve trattare. Trattandosi di quantità di aria

molto piccole nella camera anteriore, il gas viene riassorbito nel giro di uno o due giorni e non costituisce quindi un problema per i pazienti che successivamente si dedichino alla subacquea dopo la guarigione della ferita operatoria. Ricordiamo comunque che, anche se nell'occhio non c'è più gas, è prudente comunque aspettare almeno 2 mesi dopo questi interventi prima di immergersi, per evitare complicanze infettive o traumatiche della ferita operatoria.

Nella chirurgia del segmento posteriore dell'occhio

L'uso di gas a lunga permanenza all' interno dell' occhio può costituire un problema serio per i pazienti operati che vogliono dedicarsi ad attività subacquee troppo precocemente. Questi gas sono usati nella chirurgia vitreo-retinica, in particolare nella chirurgia del distacco di retina e delle malattie della macula. In questi casi la funzione del gas non è quella di "fare spazio" o aiutare la visualizzazione di strutture endooculari (che anzi ne risultano di più difficile identificazione), ma quella di tamponamento. Per tamponamento si intende la spinta esercitata dal gas contro la retina per facilitare il suo riposizionamento nella sua sede naturale quando la retina è staccata. Il distacco di retina è una patologia in cui la retina si separa dalla parete dell'occhio a cui è normalmente attaccata. Per fare un paragone facilmente comprensibile, si può considerare l'occhio come una stanza.

L'interno della stanza è rivestito da una tappezzeria. Se si forma uno strappo nella tappezzeria, l'umidità può infiltrarsi sotto di essa e scollarla tutta. Lo strappo nella tappezzeria è il paragone che meglio si adatta alle rotture retiniche. La causa delle rotture retiniche è da ricercare nel distacco posteriore di vitreo, un fenomeno sostanzialmente fisiologico che avviene normalmente ad una certa età nella maggior parte delle persone. Non ci dilungheremo su questo complesso argomento, ma possiamo dire che a seguito di questo fenomeno in alcuni casi la retina viene lacerata provocando rotture retiniche più o meno grandi. La maggior parte delle rotture retiniche non danno origine ad un distacco di retina. Però molte di queste rotture vengono trattate col laser quando l'oculista ritiene che siano pericolose per una evoluzione verso il distacco di retina (Fig 1 e 2).

Anche alcune degenerazioni retiniche, predisponenti alla rottura retinica, sono a volte trattate. Quando la rottura evolve in distacco di retina, tra la retina e la parete dell' occhio si forma uno strato di liquido che impedisce i normali scambi metabolici tra la retina e la coroide, ricca di vasi, che fornisce normalmente il nutrimento alle cellule nervose retiniche. Il distacco, se non curato, tende ad estendersi a tutta la retina provocando cecità.

L' obiettivo della chirurgia del distacco di retina è quello di chiudere la rottura retinica e far riassorbire il liquido sottoretinico. La chiusura del foro nella retina può essere ottenuto con la cosiddetta chirurgia episclerale, in cui si posiziona un elemento indentante (generalmente di spugna o di gomma di silicone) sulla parete esterna dell' occhio. In questo caso la parete del bulbo viene spinta contro la retina dall' esterno, ottenendo la chiusura funzionale della rottura. La chiusura della rottura retinica può essere ottenuta invece dall' interno con l'intervento di vitrectomia, in cui si asporta con appositi strumenti il corpo vitreo e si introduce un elemento tamponante (sotto forma gassosa o liquida) che spinge dall'interno la retina contro la parete dell'occhio, chiudendo la rottura e favorendo il riassorbimento del liquido sottoretinico.

Il progresso delle tecniche chirurgiche nella chirurgia del distacco di retina ha portato ad un aumento dell'uso di gas in questi interventi. Negli ultimi anni, in casi selezionati, è entrata in uso una procedura mini-invasiva chiamata "pneumoretinopessia" che consiste in una inezione di gas nell'occhio seguita da un trattamento laser della rottura retinica che è la causa del distacco di retina. Il distacco di retina viene così' guarito senza l' uso di strumenti chirurgici, ma con la iniezione di gas che spinge la retina contro la parete

dell'occhio, riattaccandola. La bolla di gas così introdotta tende a "galleggiare", cioè a disporsi nella parte più alta dell'occhio (Figura 2). Se il paziente è sdraiato, la bolla spinge contro il cristallino. Se il paziente è in piedi o seduto a busto eretto, la bolla di gas comprime la retina della parte superiore dell'occhio. E' necessario quindi che nelle prime 24 – 36 ore dopo l'intervento il paziente mantenga una posizione prescritta dal chirurgo, tale che la bolla di gas comprima esattamente la zona della rottura retinica da cui parte il distacco di retina. In genere entro un mese il gas immesso nell'occhio è riassorbito completamente dai tessuti oculari.

Tempo di permanenza del gas nell'occhio dopo l'intervento

I diversi tipi di gas hanno una durata di permanenza diversa nell' occhio. Dopo l'iniezione nell' occhio, l'aria inizialmente non cambia di volume, mentre altri gas, come l'esafluoruro di zolfo ed i perfluorcarbonati gassosi tendono ad espandersi ed aumentare di volume nei primi giorni dopo l'intervento, per poi gradatamente essere riassorbiti completamente. Quando l'iniziale espansione non è desiderabile, si introducono nell' occhio, invece di gas puri, delle miscele di gas con aria, appositamente calcolate in modo da non provocare una iniziale espansione nell' occhio.
Sia con i gas puri che con le miscele, dopo qualche giorno inizia un riassorbimento del gas da parte dei tessuti, con una diminuzione delle dimensioni della bolla intraoculare. Il tempo totale richiesto dai tessuti per riassorbire completamente la bolla varia a seconda del tipo di gas. A volte è necessario che il tamponamento della retina duri 3 o 4 settimane. In genere comunque dopo poco più di un mese qualunque tipo di gas introdotto è comunque riassorbito dai tessuti oculari.

La pressione intraoculare

La pressione intraoculare è comunemente misurata dall'oculista con un apparecchio chamato tonometro. La pressione intraoculare (che sarebbe meglio chiamare pressione intraoculare relativa) è data dalla differenza tra la pressione assoluta all'interno dell'occhio e la pressione assoluta dell'aria ambiente. Una pressione compresa tra i 10 ed i 20 mm di mercurio è considerata normale. Questo vuol dire quindi che la pressione assoluta all' interno dell'occhio è normalmente da 10 a 20 mm Hg più alta di quella assoluta dell'aria ambiente. Quando si introduce un gas nell'occhio in sala operatoria, dopo un iniziale aumentodella pressione intraoculare che dura qualche ora, la pressione si stabilizza e ritorna ai 10-20 mm Hg, in quanto c'è un lento scambio di gas tra la bolla ed i tessuti oculari. Come vedremo in seguito, quando è presente una bolla di gas nell'occhio, rapidi sbalzi di pressione esterna (come nelle immersioni o nei viaggi in aereo) provocano variazioni della pressione intraoculare. Infatti la bolla di gas intraoculare non può fuoriuscire dall'occhio né essere assorbita con sufficiente rapidità dai tessuti.

Abbiamo detto che la pressione intraoculare è data dalla differenza fra la pressione assoluta interna e quella esterna. Quindi in presenza di una bolla di gas intraoculare, se la pressione esterna diminuisce, come nei viaggi aerei, la pressione intraoculare aumenta. Sempre in presenza di una bolla di gas intraoculare, se la pressione esterna aumenta, come nelle immersioni subacquee, la pressione intraoculare diminuisce. Un aumento della pressione intraoculare è pericoloso per i danni che la bolla di gas provoca sulle strutture intraoculari aumentando di volume. Una diminuzione della pressione intraoculare è ugualmente pericolosa per la compressione dei tessuti perioculari sul bulbo oculare (che per così' dire si affloscia).

Gas intraoculare ed immersioni subacquee

Consideriamo una immersione ad occhio nudo o con lente a contatto ma senza maschera subacquea. Durante la discesa sott'acqua la pressione esterna dell'acqua si trasmette a tutti i tessuti oculari. In questo caso la pressione esterna dell' acqua corrisponde a quella interna in tutti i punti dell'occhio. La pressione

intraoculare (relativa) come precedentemente definita tende a rimanere stabile, ma la pressione assoluta intraoculare aumenta rispetto a quella presente alla superficie dell'acqua. L'ambiente iperbarico porta alla riduzione di volume della bolla di gas eventualmente introdotta nell'occhio prima dell' immersione, portando al collasso della parete oculare, con possibili danni alle strutture endooculari.

In realtà i subacquei normalmente indossano una maschera piena di aria. Quindi il calcolo delle pressioni è reso più complesso dalla presenza della bolla d'aria nella maschera. L' interfaccia tra aria e viso del subacqueo è il punto critico del gradiente pressorio. Se non si esegue la manovra di compensazione della maschera, la pressione dell'aria nella maschera diventa inferiore quella esterna dell'acqua. Il risultato è una "suzione", il cosiddetto colpo di ventosa della maschera. I tessuti dell' occhio e della faccia che, avendo una pressione superiora a quella all' interno della maschera, sono spinti ad "entrare" nella maschera stessa. Questo fenomeno è percepito come "effetto ventosa" dal subacqueo. Il risultato è comunque una deformazione e spostamento dei tessuti dell'occhio verso l'interno della maschera, un edema dei tessuti ed a volte emorragie. Infatti con la discesa aumenta di molto, rispetto alla superficie dell'acqua, la differenza tra la pressione nei vasi sanguigni e nei tessuti interstiziali e la pressione dell'aria nella maschera.

Sono perciò frequenti i casi di subacquei in cui una pressione non ben compensata nella maschera provoca danni della superficie oculare, con dolore e emorragie sottocongiuntivale. Molto più rari, fortunatamente, i danni e le emorragie all'interno dell'occhio.

Nel caso di un subacqueo sott'acqua che abbia una bolla di gas nell' occhio, se la pressione nella maschera è uguale a quella esterna dell'acqua, la bolla di gas endooculare, come descritto nel caso dell'occhio nudo sott'acqua, si riduce di volume e si può avere un collasso dell'occhio. Le variazioni di pressione all' interno della maschera, a parità di pressione esterna dell' acqua, possono provocare variazioni di volume del gas all'interno dell'occhio. Nel caso del colpo di ventosa della maschera una pressione nella maschera inferiore a quella dell'acqua (e quindi a quella dell'occhio) può provocare un aumento del volume di un bolla di gas intraoculare. Questo può portare ad un allungamento del bulbo ed uno spostamento in avanti del cristallino e di altre strutture oculari. Il caso contrario non è possibile, in quanto un pressione nella maschera superiore a quella dell'acqua (e quindi dell'occhio) porta alla fuoriuscita di aria dalla maschera ed al riequilibrio della pressione nella maschera che diventa uguale a quella esterna.

Da queste considerazioni fisiche e fisiologiche deriva chiaramente la raccomandazione che non bisogna fare immersioni fin quando persiste gas nell' occhio dopo un intervento chirurgico oculare. Questa raccomandazione si può leggere anche nei foglietti di istruzione dei produttori dei flaconi di gas usati nell'intervento chirurgico.

Gas intraoculare e viaggi in aereo

Spesso i subacquei raggiungono in aereo luoghi di immersione lontani. Il viaggio in aereo è pericoloso per l'occhio se esiste del gas intraoculare. La pressurizzazione delle cabine degli aerei corrisponde in genere alla pressione atmosferica in montagna a circa 1500 metri sul livello del mare . La pressione intraoculare assoluta, come precedentemente definita, tende a rimanere stabile, ma quella relativa (la differenza cioè rispetto a quella esterna) aumenta rispetto a quella dell' aereoporto di partenza (ovviamente se l'aereoporto è sotto i 1500 m sul livello del mare).

Questo porta nell' aereo ad una espansione della bolla di gas inserita nell'occhio in ambiente (sala operatoria) a pressione atmosferica generalmente più vicina a quella del livello del mare, e quindi più alta. La bolla di gas così espansa può portare a danni intraoculari per lo spostamento e la compressione dei tessuti intraoculari. Bisogna evitare perciò viaggi in aereo se è presente una bolla di gas nell'occhio.

Idoneità alle immersioni

Trattamento laser per rottura retinica.
Questo trattamento è spesso oggetto di richiesta di chiarimenti da parte dei pazienti subacquei. In alcuni casi è associato all'introduzione di gas (pneumoretinopessia) di cui parleremo ancora più avanti. Nella maggior parte dei casi, invece, è eseguito senza l'introduzione di gas nell'occhio. Si tratta di trattamento profilattico delle rotture retiniche che viene eseguito per prevenire l'insorgenza di un distacco di retina. In certi casi un piccolo distacco localizzato può essere bordato con un trattamento laser che ne blocca l'estensione ad altri settori della retina, evitando quindi guai peggiori. In alcuni tipi di intervento chirurgico per distacco di retina si esegue un trattamento laser dopo che la retina è stata riaccollata con tecniche chirurgiche episclerali o endooculari (vitrectomia o pneumoretinopessia). In tutti i casi il trattamento laser consiste nel provocare microscopiche ustioni della retina che, cicatrizzando, bloccano l'infiltrazione di liquido dal vitreo verso lo spazio sottoretinico. Non esistono controindicazioni alle immersioni subacquee dopo trattamenti laser per rotture retiniche o degenerazioni retiniche senza distacco di retina se non è stato introdotto gas nell'occhio. Bisogna ovviamente evitare traumi oculari e sforzi per circa 3 settimane dopo il trattamento, finché la cicatrice retinica diventa salda. Bisogna inoltre evitare i colpi di ventosa della maschera durante le immersioni.

Intervento di cataratta, pneumoretinopessia, vitrectomia, chirurgia episclerale per distacco di retina.
Dopo questi interventi chirurgici si consiglia di astenersi, a scopo precauzionale, dalle immersioni e dai viaggi in aereo per circa 2 mesi. In questo lasso di tempo il gas eventualmente usato durante l'intervento ha sicuramente il tempo di essere riassorbito dai tessuti oculari. Eventuali attività subacquee e voli aerei possono essere permessi dopo nulla osta del medico oculista anche più precocemente, quando non siano stati introdotti gass nell'occhio durante l'intervento o, se il gas è stato usato, quando l'oculista verifichi, alle visite di controllo, che non sia più presente gas intraoculare e la ferita operatoria sia completamente guarita.

Fig. 1	Fig. 2	Fig. 3

Ringraziamenti

Si ringraziano Diego Dick, Giorgio Orlandelli, il dott. Paolo Perosa del Centro Diving Cala Lunga di La Maddalena per la collaborazione alla stesura di questo articolo.