

CONVEGNO SCIENTIFICO APNEA

Domenica 15 Febbraio 2015

Sala Convegni del Castello Pasquini
Castiglioncello (LI)



PROGRAMMA CONVEGNO

8:30 Registrazione Partecipanti

9:00 Apertura Convegno
(Saluto del Presidente e delle Autorità)

9:30 Dott. Claudio Marabotti
*(Fisiologia e fisiopatologia cardiovascolare
dell'immersione in apnea)*

10:15 Dott. Ferruccio Chiesa
*(Problematiche mediche nell'immersione profonda in
apnea)*

11:00 Coffee break

11:30 Dott.ssa Elisa Dinelli
(L'orecchio e l'immersione in apnea)

12:15 Dott. Danilo Cialoni
(L'edema polmonare da immersione in apnea)

13:00 Conclusione e consegna attestati di
partecipazione





INDICE

Location.....	pag. 1
Ringraziamenti.....	pag. 2
Prefazione.....	pag. 4
Introduzione e breve storia dell'Apnea	pag. 9
Relatori.....	pag. 19
Dott. Marabotti Claudio.....	pag. 19
Dott. Chiesa Ferruccio.....	pag. 28
Dott.ssa Dinelli Elisa.....	pag. 36
Dott. Cialoni Danilo.....	pag. 59
Associazioni.....	pag. 74
Clonclusione.....	pag. 55

LOCATION



Il castello Pasquini fu costruito a partire dal 1889 come residenza del barone Lazzaro Patrone, che al contempo aveva acquistato vasti appezzamenti di terreno da Diego Martelli. Durante i lavori furono pertanto demoliti i vecchi edifici della passata proprietà, mentre i terreni agricoli furono trasformati in un rigoglioso parco d'impronta romantica.

Il castello, realizzato ad imitazione delle costruzioni medioevali, fu affiancato dalla casa del casiere, in stile neogotico, e da una cappella decorata secondo le tendenze eclettiche.

Inoltre, il barone Patrone offrì parte dei propri terreni per la costruzione della stazione ferroviaria di Castiglioncello, a patto che il fabbricato viaggiatori riprendesse lo stile del castello al fine di armonizzarsi con esso. Il medesimo barone si interessò anche dello sviluppo dell'intera località, ma i suoi progetti, come quello dell'ippodromo, non ebbero seguito.

Nel 1938 il castello fu ceduto ad altri proprietari ed intorno

agli anni quaranta fu acquistato dalla famiglia Pasquini. Dopo un periodo di abbandono, nel 1981, divenne proprietà dell'amministrazione comunale di Rosignano Marittimo, che col tempo ne ha fatto il centro di una serie di manifestazioni ed eventi culturali, come il Premio Letterario Castiglioncello-Costa degli Etruschi.

RINGRAZIAMENTI



Ringraziamenti
all'amministrazione
comunale e in particolare
all' Assessore Licia

Montagnani che ha reso possibile l'evento in questa location. E' stata Presidente del CCN – Centro Commerciale Naturale di Castiglioncello, contribuendo fortemente alla sua nascita, mettendo insieme decine e decine di commercianti della frazione balneare per creare, a partire dallo scorso anno, numerosi ed originali eventi (Giardini di mare, Foodies, le Sirene della Bandiera Blu, ecc.).

Ha rassegnato le proprie dimissioni dalla Presidenza del CCN dopo aver accettato la nomina ad Assessore.

Assessore con deleghe a: Turismo, Commercio Agricoltura , Sport e Parchi

<Accolgo con grande piacere il Convegno sull'Apnea organizzato dalla sezione Territoriale FIAS di Livorno.

La valenza di questa associazione spazia dallo sport, alla cultura ed allo studio del territorio marino, per arrivare alla salute, indispensabile per praticare questa attività così affascinante anche se può essere insidiosa se non praticata in modo corretto.

Lo sport è salute, benessere, socializzazione e cultura. La riscoperta dei nostri fondali marini e la loro promozione può rappresentare un valore aggiunto nella valorizzazione turistica del nostro territorio e la disciplina nelle tecniche respiratorie, di cui oggi andremo a parlare, può sicuramente essere di aiuto anche a chi non la userà per una sana immersione.

Do il mio più caloroso benvenuto a tutti i partecipanti.

Licia Montagnani>

Assessore Turismo Commercio Agricoltura Sport Parchi

Comune di Rosignano Marittimo

PREFAZIONE

La Sezione Territoriale FIAS di Livorno si è costituita nel 1986 ed ai sensi degli articoli 36 e seguenti del Codice Civile è oggi una “Associazione Sportiva Dilettantistica”. E’ una associazione apolitica e senza scopo di lucro e nei limiti di legge può svolgere attività commerciale.

La Sezione territoriale FIAS oltre ai fini sportivi e formativi ARA e APNEA ha anche la finalità di collaborare con le Istituzioni e con gli Istituti di Studio e di Ricerca per la salvaguardia e la valorizzazione dell’ambiente marino; di conseguenza potrà occuparsi della divulgazione delle informazioni e delle conoscenze e partecipare alla formazione professionale degli operatori.

La “Sezione Territoriale FIAS” di Livorno è affiliata allo **CSAIN-CONI** e riconosciuta **CMAS**.

La nascita della Sezione Territoriale rappresenta una delle realtà Storiche Nazionali, oggi, come già nel passato, rappresentata dall’Istruttore e Presidente Cirivasi Fanino.

Grazie all’amicizia e alla volontà degli Istruttori Bicchielli Pablo e Barsotti Lorenzo è nata una collaborazione attiva tra la Sezione Territoriale FIAS Livorno e One Breath anch’essa ASD nel settore Apnea con didattica Apnea

Academy. Tale connubio ha lo scopo di elevare la qualità del servizio formativo e organizzativo agli appassionati di tale disciplina dimostrando serietà, competenza, organizzazione e una collaborazione attiva chiaro segno di apertura mentale, il tutto a favore della crescita in sicurezza degli appassionati dell' APNEA.

Per gli apneisti la vita sommersa non rappresenta solo la curiosità per l'esplorazione di altri confini, se pur ormai in gran parte noti, ma un'esperienza da vivere direttamente cercando il giusto equilibrio psicofisico.

Sotto la superficie del nostromare infatti si “nasconde” una vita esuberante che si sviluppa nelle tre dimensioni, ricca di innumerevoli esseri diversi tra loro e di meravigliosi luoghi di immersione che nulla hanno da invidiare ai famosi fondali tropicali.

Ormai il turismo balneare italiano sta subendo una forte concorrenza da parte dei mari tropicali (comprese le destinazioni a breve raggio) sicuramente superiori per qualità dei servizi, qualità ambientale e costi complessivi. Si rende allora necessario per valorizzare il nostro territorio, mettere in evidenza le peculiarità del Mare Mediterraneo spingendo ad apprezzare una meravigliosa vita acquatica, sia animale che vegetale, presente a tutte le profondità e visitabile con

corsi di formazione e conoscenza per tutte le età e anche senza legame con le attrezzature di autorespiratore.

Inoltre, l'Apnea, specialmente negli ultimi anni, è diventata molto popolare specialmente tra i giovani ed allora un Convegno di Studi sarà sicuramente utile a conoscere meglio le problematiche legate a questo sport per poterlo praticare con soddisfazione, ma soprattutto in sicurezza ed evitare eventuali incidenti spesso legati alla cattiva conoscenza dei propri limiti.

Non bisogna poi dimenticare che:

- i fondali del mare antistante la costa, noti come “le Secche di Vada”, sono di una bellezza esuberante e quindi l'occasione ci permette di farne conoscere le caratteristiche e le peculiarità a tutti coloro che vorranno venire a trovarci;
- le batimetriche presenti ne “le Secche di Vada” consentono a tutti coloro che praticano l'Apnea di immergersi in piena sicurezza e secondo le proprie capacità: si va infatti dai pochi metri nei pressi del faro sino a profondità ragguardevoli per gli apneisti più esperti;
- lo Sport dell'Apnea, non utilizzando mezzi ausiliari ma contando solo sulle proprie capacità atletiche consente

all'uomo di essere parte dell'ambiente senza disturbarne gli equilibri.

L'esperienza di scienziati di fama nazionale da molti anni impegnati nello studio e nella ricerca, anche attraverso l'esperienza diretta delle loro immersioni, permetterà al convegno di avere un carattere divulgativo.

È da ricordare, inoltre, che nel periodo estivo per chiunque voglia provare l'esperienza delle uscite in mare anche in Apnea, vengono organizzati corsi specifici tenuti da Istruttori qualificati.

Ringraziamo tutti della presenza a questo evento poichè come rafforzativo di tale splendida disciplina, la FIAS Sezione Territoriale di Livorno organizza in collaborazione con One Breath, Apnea Academy, Centro Sub Pisa e con il patrocinio del DAN Europe e del Comune di Rosignano Marittimo, il presente Convegno Scientifico di Apnea in data 15 Febbraio 2015 nella Sala Convegni del Castello Pasquini di Castiglioncello.



Lo scopo di tale Convegno è dedicato alla presentazione degli ultimi studi scientifici del settore APNEA grazie alla ricerca medica presso il Master "Medicina Iperbarica e Subacquea" CNR e Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa e del gruppo di ricerca della Fondazione DAN Europe. È grazie agli atleti, agli Istruttori e soprattutto ai Ricercatori e Docenti che saranno presenti a questo importante Convegno Scientifico che si analizzeranno le basi delle possibilità future di miglioramento formativo generale in tutte le didattiche del settore APNEA.

INTRODUZIONE e BREVE STORIA DELL'APNEA

Questo Convegno Scientifico è un evento voluto da una persona che ama da sempre l'apnea e il mare: Pablo

Vive dalla nascita sul mare di Castiglioncello nel quale nuota dall'età di 4-5 anni e segue il padre subacqueo con braccioli e maschera, crescendo esplorando i fondali marini.

Le ferie estive le trascorre con la famiglia all'Isola d'Elba e, sempre ragazzino, conosce quei fondali dedicandosi spesso alla subacquea ricreativa seguendo le orme paterne, in tal modo riesce ad apprendere molto presto i primi rudimenti subacquei dell'apnea.

Le giornate in cui da piccolo trasmettevano in tv i record in apnea sono per lui da coprifuoco e le passa incollato alla televisione in bianco e nero, quando l'Apnea si sviluppò come vero e proprio sport agonistico, grazie all'immenso contributo di due grandi campioni: Enzo Maiorca e Jacques Mayol.

L'uomo esegue immersioni in apnea da più di 2000 anni. I raccoglitori di spugne dei mari della Grecia o quelli di perle del Golfo Arabico e dell'Oceano Indiano, le pescatrici "ama" dei mari del Giappone e della Corea hanno per secoli svolto l'immersione in apnea per mestiere. Oggi queste figure

professionali sono quasi scomparse e sono state sostituite da altre, mentre si è imposta sempre più l'immersione in apnea condotta a scopi ricreativi o sportivi. Ciò ha reso maggiormente pressanti i problemi di sicurezza relativi a questa pratica, indubbiamente pericolosa se non viene svolta con l'accortezza e la preparazione dovute. È emersa



inoltre la necessità di una migliore comprensione dei complessi fenomeni di adeguamento fisiologico che sono associati a tale attività. L'interesse dei fisiologi per lo studio dell'immersione in apnea può essere fatto risalire agli anni Cinquanta del XX secolo;

Erano i tempi in cui vennero smentiti tutti i medici che sostenevano che il corpo umano si sarebbe immediatamente collassato dopo il raggiungimento dei 50 metri di profondità. Enzo Maiorca, infatti, effettuò una discesa NO – LIMITS a -51 metri, grazie all'ausilio di una speciale slitta zavorrata, da lui chiamata simpaticamente la “cafittera”, riuscendo successivamente a risalire in superficie incolume con l'aiuto di un palloncino gonfiato ad aria. Sconvolse l'intero gruppo di medici che lo davano ormai per spacciato e fu l'inizio di

una disciplina.

La corsa umana verso gli ABISSI non si fermò qui, infatti, nel 1970 Jacques Mayol effettuò una serie di immersioni intorno ai 70 metri di profondità sempre in modalità no – limits, riscrivendo completamente i limiti umani fino ad allora conosciuti.

Le ricerche del limite umano da parte di questi due



campioni si fermarono a ben - 101 metri per Enzo Maiorca e a -105 metri per Jacques Mayol alla fine degli anni 80 del secolo scorso.

Nel 1977, affascinato da questa disciplina e amante del mare, all'età di tredici anni, parte e va in città alla ricerca della sua prima attrezzatura subacquea la quale si evolverà ininterrottamente nel tempo e sarà contenuta nel saccone militare che ancora oggi lo accompagna nelle sue giornate di benessere tra lui e il mare.

Inizia quindi la sua esperienza in apnea da autodidatta con i consigli del padre e di altri subacquei locali più grandi e più esperti, dimostrando sempre rispetto per il mare e per la profondità.

Dal '76 al '92, durante gli studi, è atleta di discipline sportive parallele.

Nel 1984 vede il Manifesto in paese del "1° CORSO SUBACQUEO", dove il padre si iscrive e dove vorrebbe iscriversi anche lui. In realtà i corsi erano iniziati circa 10 anni prima, ma quello era un corso con rilascio "ufficiale di brevetto".

Il servizio militare in un corpo speciale, anche se gli permette di essere a casa spesso per soddisfare la sua esigenza e il suo benessere di scendere due volte alla settimana in mare in apnea sia di giorno che di notte, non gli concede invece di partecipare al Corso al quale, invece, il padre si iscrive nell'attesa e nella speranza di ripeterlo insieme al figlio.

E' solo nel 1985 che inizia la formazione didattica ufficialmente riconosciuta da Subacqueo con il Dott. Ferruccio Chiesa già ricercatore di fisiologia dell'Apnea e Istruttore nella Scuola Federale Provinciale FIAS LIVORNO.

La Sezione Provinciale ha sede di fronte all'ingresso principale del Castello Pasquini di Castiglioncello ed è per lui luogo immancabile culturale e di svago.

Nel 1994 partecipa all'Esame Istruttori all'Isola d'Elba dove, sia la Commissione Nazionale, sia il suo Maestro di Subacquea, Dino Potestà, gli stringono la mano in segno di piena fiducia e si complimentano per l'esame sostenuto con evidente naturalezza.

Le parole del Maestro Istruttore Dino Potestà al padre risuonano nella mente con soddisfazione ancora oggi: “ Angiolino, il tuo futuro subacqueo è in buone mani !”

Dal 1994 in poi è membro della Federazione Italiana Attività Subacquee ricoprendo, senza interruzioni, cariche in Consiglio Provinciale e incarichi nel Centro Tecnico Territoriale che oggi dirige.

Non fa mai il subacqueo di professione, ma ha un'Equipe di altri tre Subacquei esperti con lui in una barca attrezzata che lo accompagna ancora oggi. Ha al suo attivo circa 650 immersioni ricreative e didattiche con ARA e circa 1500 ore di Apnea soprattutto nel Mar Mediterraneo e con brevi esperienze maldiviane, oltre a eventi formativi specifici.

Nel frattempo assistiamo all'inizio di una lunghissima avventura verso le profondità marine da parte dell' uomo, infatti durante il decennio degli anni '90, due giovani apneisti di nome Umberto Pelizzari e Pipin Ferreras

incominciarono a sfidarsi stravolgendo sempre più i limiti umani e le potenzialità dell'uomo sott'acqua raggiungendo rispettivamente le profondità di -130 e -163 metri.

Fu proprio Pelizzari che diede il via alla nascita delle nuove discipline apneistiche oltre a quella del no - limits. Infatti, Umberto raggiunse nel '94 la quota di -73 metri solamente con l' ausilio di due pinne che lo accompagnarono durante la discesa e la risalita. In



seguito, raggiunse anche i -82 metri nel '97 e fu il primo uomo AL MONDO a raggiungere i -150 in NO LIMITS

Nel 1995 Pablo legge che Umberto Pelizzari con l'elbano Renzo Mazzarri fonda "Apnea Academy" un'associazione ideata per la diffusione e l'insegnamento dell'apnea, che diventa poi scuola di formazione e di ricerca per l'apnea subacquea. I due organizzano a Genova il primo corso per selezione di Istruttori Apnea Academy chiedendo ai partecipanti tre minuti di apnea e 25 metri di profondità e 3-4 giorni di tempo. Pablo essendo già Istruttore FIAS e

avendo già a quel tempo tali requisiti decide di iscriversi. Le giornate organizzate per tale evento non collimano purtroppo con il suo lavoro ed è costretto a rinunciare a malincuore a partecipare. In seguito si dedica annualmente all'insegnamento come Istruttore e all'Apnea in mare, vera passione e momento importante del suo "ego".

Conosce nello stesso anno Piero Landucci, durante una crociera subacquea in Apnea sul Banco di Scherki effettuata partendo da Pisa con un motorsailer bi albero di 18 metri del subacqueo Carlo Doveri amico di Olschki e altri famosi subacquei pionieri della disciplina. I fondali in quelle acque internazionali sono tutti cappelli di secca sui 25 – 30 metri che precipitano a -500 m. in quel posto fantastico che solo pochi hanno avuto il piacere di vivere.

Piero Landucci, apneista talentuoso, che ha la capacità di compensare senza toccare il naso, ex membro della squadra nazionale Mares di Apnea, in quella crociera di sette persone tutte esperte di mare, stringe amicizia con Pablo e gli apre il mondo che attendeva: l'apnea ad alti livelli.

L'apnea intanto cambiava. Umberto Pelizzari dominava la scena mondiale con record fantastici entrando in competizione con il, fino allora incontrastato, Pipin Ferreras.



"Pelo", così lo chiamano gli amici, faceva tesoro dell'esperienza di Maiorca che preparava i suoi record allenandosi fisicamente in modo instancabile e di quella di Mayol che invece si preparava facendo yoga ricercando un'altissima concentrazione attraverso la meditazione, il controllo del respiro e il rilassamento.

E' solo recentemente che Pablo si iscrive per puro divertimento e sua crescita formativa a un Corso Apnea della didattica Apnea Academy comunicando all'Istruttore Lorenzo Barsotti solo alla fine del corso di essere a sua volta un Istruttore.

Durante quel corso capisce molto bene che Pelizzari ha preso il meglio di Maiorca e soprattutto di Mayol , migliorandolo.

E' l'inizio di una bella storia.

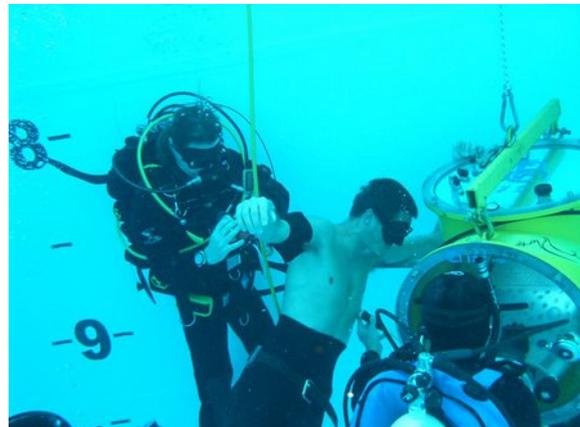
Conosce e nasce una bella amicizia con gli Istruttori Apnea Academy Lorenzo Barsotti, Alessandro Campinoti, Danilo Cialoni ed è in coppia con Daniele Gonnelli miglior allievo del corso, poi divenuto Istruttore Apnea Academy a sua volta, il quale durante il corso eguaglia spontaneamente e senza difficoltà il primo record mondiale di Pelizzari in statica del 1988; conosce molti altri ottimi apneisti con i

quali condivide e proseguirà volentieri i momenti di crescita formativa in tale bellissima disciplina.

Nutre profondo rispetto per la didattica Apnea Academy intelligentemente costruita e divulgata da Umberto Pelizzari e i suoi collaboratori.

Preferisce prevalentemente l'apnea dinamica libera in mare sia di giorno che di notte e ama condividere momenti di benessere nel rincorrere i pesci anche solo per ammirarli nel loro mondo.

La conoscenza diretta dei ricercatori e relatori Ferruccio Chiesa, Danilo Cialoni e Claudio Marabotti gli stimolano già dal 2013 la voglia di organizzare questo evento Scientifico sulle ultime novità di ricerca nel settore Apnea e ipotizza un convegno senza "razze",



aperto intelligentemente a tutti quelli che amano l'apnea e che apprezzino la cultura in tale settore.

Nella giornata di questo evento, chi conosce Pablo, sa che gode della vostra presenza, condivide la gioia della conoscenza culturale e vede chiunque sia presente come una

persona che ama e condivide con lui questa disciplina e per tale motivo, potenziale amico apneista indipendentemente da quale sezione o didattica arrivi.

Un ringraziamento particolare alla disponibilità dimostrata da tutti i relatori che partecipano a questo evento più volte rimandato solo per dovere di serietà organizzativa e alle persone che, appena richiesto, hanno dato intelligentemente collaborazione all'organizzazione, oltre alle istituzioni che hanno concesso l'onore del patrocinio a questo importante evento scientifico.



Pablo Bicchielli 15 Febbraio 2015

<<...io in apnea sarò per sempre... >>

RELATORI



Dott. Claudio Marabotti

Claudio Marabotti, M.D.

Fellow of The American Society of Physiology

Specialist in Cardiology, Nuclear Medicine, Underwater and Hyperbaric Medicine

Associate Researcher, CNR Institute of Clinical Physiology,
Pisa - ITALY

External Faculty Member, Master in Underwater & Hyperbaric Medicine

Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa - ITALY

ARGOMENTO TRATTATO:

Fisiologia e fisiopatologia cardiovascolare dell'immersione subacquea

Le attività subacquee, sia in condizioni di apnea, sia durante respirazione subacquea mediante autorespiratore ad aria (ARA), sono ampiamente praticate sia per scopi lavorativi



che ricreativi. Peraltro, lo studio nell'uomo delle modificazioni fisiologiche durante immersione libera è stato per lungo tempo ostacolato dalla difficoltà di ottenere misurazioni di segnali biologici in soggetti completamente immersi.

Le informazioni sulla fisiologia dell'immersione sono state pertanto ottenute principalmente dallo studio di animali marini opportunamente strumentati o, nell'uomo, mediante modelli (immersione in superficie, immersione del solo volto, immersioni in camera iperbarica) incapaci peraltro di simulare compiutamente l'immersione libera. Solo recentemente, lo sviluppo di strumenti appositamente progettati per la rilevazione di biosegnali nell'uomo completamente immerso fino a profondità rilevanti, ha permesso di compiere progressi decisivi nella comprensione della fisiologia dell'immersione.

Per motivi di chiarezza espositiva (e per rispettare la cronologia delle acquisizioni fisiologiche) verrà inizialmente descritta la risposta cardiovascolare all'immersione dei mammiferi marini considerati il paradigma dell'ottimale adattamento all'ambiente acquatico. Successivamente verranno riassunte le attuali conoscenze sugli effetti dell'immersione in apnea sull'apparato cardiovascolare

umano e, infine i dati attualmente disponibili sulla fisiologia dell'immersione con ARA.

RISPOSTA ALL'IMMERSIONE NEI MAMMIFERI MARINI

La stimolazione di recettori posti in regione nasale e nelle vie respiratorie superiori evocata dall'immersione provoca, nei mammiferi marini, una risposta cardiovascolare complessa che comprende una brusca riduzione della portata cardiaca (legata a riduzione sia della frequenza cardiaca che della gittata sistolica), una vasocostrizione selettiva dei distretti cutaneo e splancnico (con una pressoché totale esclusione dei distretti muscolari, ricchi in mioglobina e più protetti dall'ipossia) con una perfusione sostanzialmente inalterata del circolo cerebrale .

L'effetto netto di tali modificazioni è una riduzione del consumo di Ossigeno, una tendenza all'aumento della quota metabolica anaerobica ed un rallentamento della deplezione di Ossigeno polmonare.

E' interessante notare come i mammiferi marini abbiano dimostrato la possibile modulazione volontaria di queste complesse modificazioni emodinamiche, potendo "decidere" di attivarle in misura maggiore o minore in base all'intensità

dell'immersione programmata.

RISPOSTA CARDIOVASCOLARE ALL'IMMERSIONE IN APNEA NELL'UOMO

Una risposta all'immersione qualitativamente simile, almeno superficialmente, a quella osservata nei mammiferi marini è stata documentata anche nell'uomo usando diversi modelli sperimentali di apnea (a secco a pressione ambiente, a secco in camera iperbarica, durante immersione in superficie, con o senza l'immersione del volto). Anche l'uomo presenta una risposta cardiovascolare complessa caratterizzata da bradicardia, riduzione della portata cardiaca, aumento delle resistenze periferiche. L'effetto di conservazione dell'Ossigeno di tali modificazioni è stato recentemente suggerito da uno studio in cui la desaturazione del sangue arterioso risultava più lenta nei soggetti che effettuavano apnee protratte con il volto immerso rispetto alle condizioni di controllo a secco.

I meccanismi che inducono la complessa risposta all'immersione nell'uomo sono molteplici. In primo luogo, la stimolazione termica/tattile dei recettori trigeminali faciali induce una risposta riflessa (diving reflex) che presenta una duplice via efferente vegetativa: l'aumento del tono vagale

induce la ben documentata bradicardia da immersione; la stimolazione simpatica determina la vasocostrizione periferica. L'intensità del diving reflex risulta essere modulata da diversi fattori: la persistenza o meno della respirazione (maggiore intensità durante apnea volontaria), la temperatura dell'acqua (maggiore intensità per temperature più basse) e la zona del volto stimolata (maggiore intensità per stimolazione della zona perinasale e periorale, minore per stimolazione della fronte).

All'effetto immediato del diving reflex si sommano, durante il protrarsi dell'apnea, gli effetti progressivi di ipossia e ipercapnia. L'aumento del flusso cerebrale durante apnea prolungata è infatti legato all'effetto vasodilatante dell'ipercapnia sul circolo cerebrale. L'aumento delle resistenze periferiche e la depressione della contrattilità miocardica recentemente osservati in atleti di elite studiati durante apnea a secco con risonanza magnetica cardiaca sembrano invece correlati agli effetti dell'ipossia.

Altri fenomeni contribuiscono alle modificazioni circolatorie durante immersione. In primo luogo, l'effetto "antigravitario" dell'immersione (unito ad una venocostrizione attiva da stimolazione termica) riduce il pooling di sangue periferico nel distretto venoso. Dall'altro lato la minore compressibilità



toracica rispetto all'addome determina un aumento della pressione trans-diaframmatica (a sua volta fattore determinante per il ritorno venoso). L'insieme di questi fenomeni determina un aumento del ritorno venoso con un incremento del contenuto ematico intratoracico (blood-shift) che può essere stimato in 700-1000mL rispetto alle condizioni di ortostatismo a secco.

Infine, una contrazione della milza, con mobilizzazione di sangue ad elevato ematocrito usualmente sequestrato all'interno dei capillari splenici, è stata osservata nell'uomo dopo immersione in apnea.

Un contributo fondamentale alla comprensione della fisiologia dell'apnea nell'uomo è costituito dall'impiego di un ecocardiografo-Doppler scafandrato (utilizzabile fino alla profondità di 30 metri). Con tale strumento si è potuta documentare, per la prima volta, la risposta cardiovascolare in soggetti durante immersione libera. I risultati di tali studi possono essere riassunti in tre punti fondamentali:

- anche l'uomo presenta una risposta cardiovascolare all'immersione qualitativamente simile a quella descritta negli animali marini (bradicardia, riduzione della gittata sistolica e, quindi, della portata cardiaca). Durante immersione è stata inoltre osservata la comparsa di un

pattern di riempimento ventricolare sinistro di tipo restrittivo/costrittivo.

- Tali modificazioni cardio-circolatorie sono state osservate solo in profondità (mentre risultavano non significative durante immersione in superficie, con o senza volto immerso), suggerendo un ruolo fondamentale dell'aumento della pressione ambientale
- E' stata pertanto formulata l'ipotesi che la riduzione del volume toracico indotta dalla pressione ambiente (unita all'aumentato volume ematico intratoracico) potessero indurre un effetto costrittivo sul cuore e, di conseguenza, determinare la riduzione della portata cardiaca. Tale ipotesi è stata confermata da uno studio in cui l'espansione toracica ottenuta mediante un singolo atto respiratorio subacqueo faceva scomparire il pattern restrittivo del riempimento ventricolare sinistro e riportava la portata cardiaca ai valori basali.

Riassumendo, la risposta cardiovascolare all'immersione nell'uomo appare superficialmente simile a quella osservata negli esseri viventi maggiormente adattati all'ambiente subacqueo. Ma mentre questi ultimi presentano spiccate capacità di fine regolazione neurologica delle risposte all'immersione, nell'uomo sembrano prevalere meccanismi

passivi, prevalentemente legati alle modificazioni fisiche ambientali.

MODIFICAZIONI CARDIOVASCOLARI DURANTE IMMERSIONE CON ARA

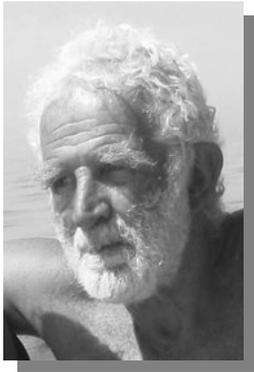
Pochi dati sono al momento disponibili riguardo agli effetti cardiovascolari dell'immersione con ARA. L'utilizzo dell'ecocardiografia Doppler subacquea ha permesso di documentare, nella fase di risalita da immersione a 25m, una riduzione dei volumi ventricolari e della gittata cardiaca (ma non della frequenza cardiaca), suggerendo anche nei subacquei che proseguono l'attività respiratoria, una risposta parzialmente simile a quella descritta in apnea. Recenti dati ottenuti dal nostro gruppo in subacquei studiati con eco-Doppler cardiaco durante e subito dopo immersione a basse profondità (5-10m) hanno evidenziato la comparsa di un pattern diastolico restrittivo durante immersione ed una dilatazione ventricolare nella fase post-immersione.

Una menzione particolare merita, infine, l'effetto delle bolle gassose circolanti, frequentemente osservate dopo immersione con ARA in subacquei asintomatici (prevalenza 50-80% dei casi).

Tali bolle, definite silenti per sottolinearne il carattere

benigno, sono risultate capaci di determinare modificazioni ecocardiografiche suggestive per un sovraccarico pressorio del piccolo circolo e di elevare i livelli plasmatici di ACE (Angiotensin Converting Enzyme), marcatore di danno endoteliale polmonare.





Dott. Chiesa Ferruccio

Medico Cardiologo ed Iperbarico

Ex Primario di Unità Coronarica

Istruttore e Fotografo Subacqueo

Specializzazione in Medicina del Nuoto e delle Attività subacquee presso l'Università di Chieti - 1984

Docente (Cardiologia subacquea) presso l'Università di Chieti - 1997/2005

Docente presso il Master di Medicina Subacquea ed Iperbarica - CNR e Scuola Superiore Sant'Anna - Pisa

Istruttore (in successione) FIAS, PADI, FIPSAS

Membro della Commissione Tecnico-Scientifica della FIPSAS

Autore di oltre 120 pubblicazioni su riviste scientifiche nazionali e internazionali

Collaboratore di riviste di argomento subacqueo

ARGOMENTO TRATTATO:**Problematiche mediche
nella immersione profonda in Apnea**

Durante ed immediatamente dopo una immersione profonda in Apnea nell'organismo umano si attuano complessi adattamenti funzionali al nuovo ambiente straordinario, che riguardano strutture ed apparati della massima importanza vitale.

L'insieme delle modificazioni da apnea, specialmente in immersione profonda, impegna l'intero organismo tanto che il limite tra *fisiologia* e *fisiopatologia* viene spesso superato, con l'insorgenza di alterazioni funzionali a carico del Cuore, del Polmone e del Cervello.

Ulteriori manifestazioni patologiche possono conseguire alla pratica - purtroppo molto diffusa anche a livello didattico - della *Respirazione Glosso-Faringea (Carpa)*.

Particolare interesse deve essere posto, da parte del Medico, alle controindicazioni dell'immersione profonda in Apnea.

Un capitolo a parte è rappresentato infine dalle frequenti alterazioni dell'Apparato Uditivo in immersione, che rappresentano da sole la maggiore percentuale di incidenti subacquei sia in Apnea (*Breath-hold*) che in Respirazione



Iperbarica (*SCUBA e Miscele varie*).

Dal momento che la materia attinente ai Sistemi Cardiocircolatorio, Respiratorio e Acustico sarà trattata da altri Relatori di questo Congresso, mi limiterò qui a parlare :

- 1 - Delle Manifestazioni Nervose
- 2 - Della Respirazione Glosso-Faringea
- 3 - Delle Controindicazioni Mediche all'Apnea profonda.

1 – Apnea profonda e Sistema Nervoso

Sistema Nervoso Autonomo

Nella immersione in apnea si osserva un forte impegno del Sistema autonomo nelle due sezioni **Parasimpatica (Vagale)** e **Simpatica**. La stimolazione vagale è responsabile della riduzione, talora estrema della frequenza cardiaca, che inizia fin dai primi momenti della immersione e progredisce con il raggiungimento di profondità elevate. A livello sperimentale (Camera iperbarica), simulando apnee profonde si sono registrati valori di 20-30 battiti per minuto, con brevi fasi di eccezionale riduzione della frequenza cardiaca a 5-6 battiti per minuto.

Ma accanto alla attivazione parasimpatica (vagale) si attua

per vari motivi (stress, impegno fisico, freddo, fatica ecc.), anche una attivazione simpatica: si genera un contrasto tra le due opposte sezioni neurovegetative (**Autonomic Conflict**), che può portare a squilibri di regolazione cardiaca, con insorgenza di aritmie.

Sistema Nervoso Centrale

Durante immersione in apnea si assiste ad una rapida modificazione dei gas respiratori a livello ematico: aumento della Anidride Carbonica (CO₂) e riduzione (dopo una iniziale fase di Iperossia) dell'Ossigeno (O₂). Da un valore iniziale di PaO₂ pari

a 95-100 mmHg (con relativi valori di PO₂ di 4-5 mmHg a livello dei mitocondri del Neurone) si scende rispettivamente fino a 40 mmHg di PaO₂ e di 1-2 mmHg di PO₂ a livello mitocondriale.

Il passaggio rapido dalla *Iperossia iniziale* alla *Ipossia successiva* determina la produzione eccessiva di *Radicali liberi dell'Ossigeno*, in particolare dell' *Anione Superossido*. Ipossia Mitocondriale e Radicalite sono alla origine della Incoordinazione motoria (samba) e del Black-out (ex sincope ipossica)

Una ulteriore manifestazione neurologica da anni osservata



in pescatori orientali di perle (da cui il nome di “**Taravana**”, in lingua Tuamoto) e successivamente comparsa e studiata in apneisti occidentali, consiste nella comparsa di alterazioni psichiche (disorientamento, confusione mentale ecc.) e motorie (difficoltà di parola e di scrittura ecc.). Per quanto la patogenesi del Taravana sia ancora controversa, sulla base di evidenze mostrate da TAC e RMN l’ipotesi più accreditata è quella di assimilare la manifestazione alla Malattia da Decompressione propria della respirazione iperbarica.

2 - Respirazione Glosso-Faringea

Respirazione G.F. Inspiratoria (*Glossopharyngeal insufflation*)

Viene praticata prima della immersione allo scopo di aumentare la quantità di aria nel torace. Tale respirazione, iniziata nel 1951 per aiutare pazienti con gravi difficoltà ventilatorie, è stata più recentemente adottata da molti apneisti, anche a livello didattico, con l’intento (in buona parte fittizio) di aumentare la durata della immersione in profondità. Si tratta di una metodica estremamente pericolosa per la possibilità di suscitare incidenti di natura cardiocircolatoria (vedi Tabella 3) talora di estrema gravità.

Deve essere severamente vietata a livello di didattiche federali, e lasciata, sotto la loro responsabilità, ad atleti di livello superiore, consapevoli di quanto possa accadere nel loro fisico.

Respirazione G.F. Espiratoria (*Glossopharyngeal Exufflation*)

Viene praticata in profondità, allo scopo di richiamare aria dai polmoni per rendere possibile il compenso della cassa del Timpano.

Come la forma inspiratoria è gravata dalla possibile insorgenza di gravi complicazioni cardio-polmonari.

3 - Controindicazioni Mediche all'Apnea Profonda

Controindicazioni Respiratorie

Tra le controindicazioni respiratorie all'Apnea un posto di rilievo deve essere conferito all' *Asma Bronchiale*, per la possibilità che l'ambiente freddo e lo sforzo fisico possano suscitare un attacco violento in immersione. Particolare riguardo deve essere rivolto a chi ha presentato in anamnesi episodi di *Pneumotorace* la cui eventuale comparsa in immersione può comportare seri pericoli anche di



annegamento. Il reperto (raro e occasionale nel giovane atleta) di *Fibrosi Polmonare*, di *Polmone Policistico*, di *Enfisema*, e di varie affezioni a carico della *Pleura*, comporta la necessità di non concedere l'idoneità medica all'Apnea. Nei riguardi del *Fumatore di Tabacco* deve essere attuata una strategia di dissuasione, tenendo presenti le gravi conseguenze (scambi respiratori alterati, possibilità di patologia cardiovascolare, riduzione della Emoglobina per legame con CO ecc.).

Controindicazioni Cardiocircolatorie

Molti incidenti gravi - talora letali - che si verificano in corso di immersione in Apnea vengono frettolosamente catalogati come conseguenza di *Balck-Out* o di *Annegamento*. Qualche volta però, specie in fasce di atleti di età più avanzata, possono essere causati da *Infarto Miocardico* o da *Insorgenza di Aritmie*.

E' assolutamente necessario, ai fini di evitare per quanto possibile incidenti del genere, attuare una indagine clinica ed elettrocardiografica di base a tutti i praticanti Apnea, ricorrendo a più approfondite indagini (Test ergometrico, Ecografia cardiaca, Eco stress, RMN fino eventualmente a Coronarografia) in casi dubbi.

Altre controindicazioni mediche

Sarà compito del Medico indagare su altre componenti potenzialmente pericolose in ambito **Neurologico e Psichiatrico** (Epilessia, Paresi o Paralisi, difficoltà motorie o psichiche ecc.), **Otologico** (Lesioni Timpaniche, Stenosi delle tube di Eustachio, Otiti, Patologie varie dell'Orecchio medio e interno), **Endocrino** (valutazione caso per caso di Diabetici, Distiroidei, Surrenali, Obesi ecc.), **Ematologico** (Anemie, Pastrinopatie ecc.), **Oculistico e Osteo-muscolare**.

Particolari attenzioni dovranno essere volte ad una **Dieta** opportuna e ad un **Allenamento** specifico.



Dott.ssa Dinelli Elisa

Specialista in Otorinolaringoiatria.

Master in Medicina Subacquea ed Iperbarica, Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa.

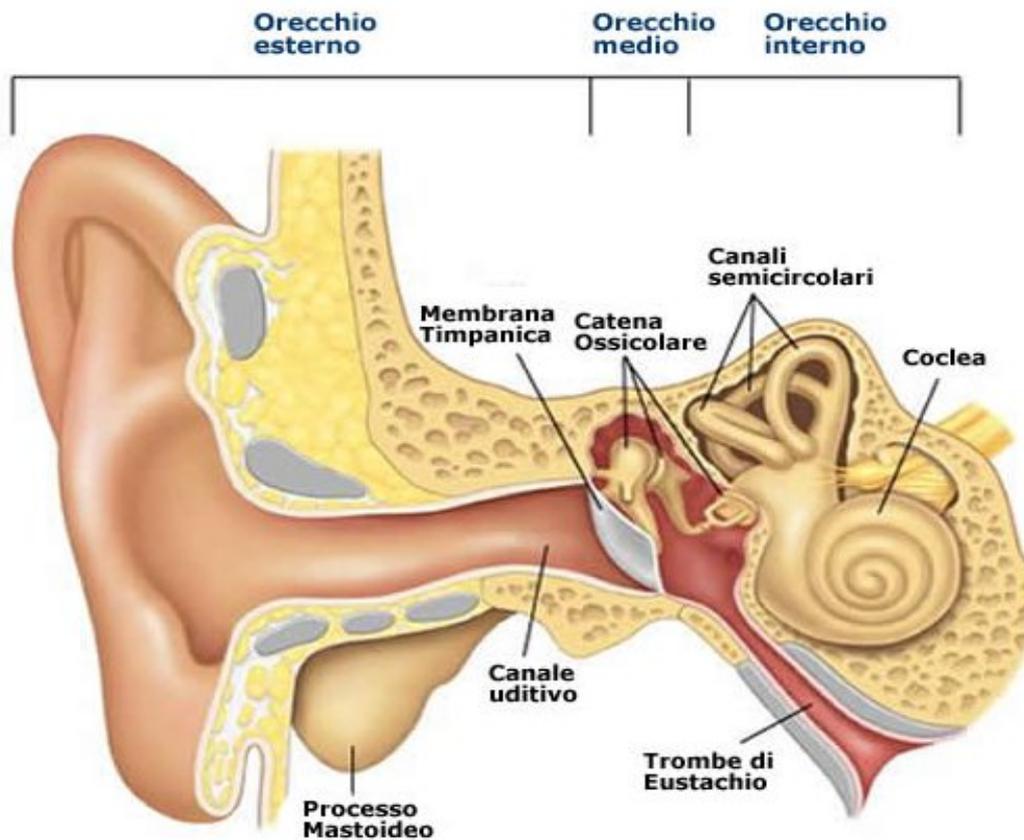
Laureata in Medicina e Chirurgia e specializzato in Otorinolaringoiatria e Patologia Cervico-Facciale presso l'Università degli Studi di Pisa. Ha partecipato a numerosi corsi sulla chirurgia endoscopica dei seni paranasali, sulla microchirurgia dell'orecchio e sulla diagnosi e terapia dei disturbi respiratori in sonno. Ha conseguito nel Marzo 2012 il diploma di Master in Medicina Subacquea ed Iperbarica presso la Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa.

ARGOMENTO TRATTATO:

L'orecchio e l'immersione

L'orecchio è uno degli organi più delicati che viene ad essere coinvolto e sollecitato ripetutamente durante le attività subacquee, in apnea soprattutto. Da un punto di vista anatomico e funzionale può essere effettuata una distinzione

tra orecchio esterno, medio ed interno.



La porzione esterna è costituita dal padiglione auricolare e dal condotto uditivo esterno (CUE), ed ha la funzione di ricevere l'informazione sonora e di convogliarla verso la membrana timpanica (MT); quest'ultima costituisce la parete laterale della cassa timpanica o orecchio medio, la cavità pneumatica vera e propria dell'orecchio, dove sono accolti gli ossicini deputati alla trasmissione del suono (martello, incudine e staffa) costituendo il sistema timpano-ossiculare, la cui integrità è necessaria per la corretta trasmissione dell'onda sonora alle strutture recettoriali dell'orecchio



interno; sulla parete anteriore della cassa timpanica è presente inoltre l'ostio della tuba di Eustachio, un canale osteo-cartilagineo che collega la cassa del timpano alla parete laterale della cavità rinofaringea. Tale struttura è di fondamentale importanza ai fini compensatori, infatti è attraverso di essa che l'aria passa dal rinofaringe all'orecchio medio e viceversa, permettendo il riequilibrio volumetrico dei gas respiratori durante le variazioni della pressione ambientale. A pressione ambiente la tuba uditiva si apre periodicamente per effetto di atti involontari di deglutizione assicurando il rinnovo dei gas endotimpanici. Nel corso di una immersione subacquea, la rapidità con cui aumenta la pressione ambientale nella fase di discesa non consente la compensazione spontanea della cavità dell'orecchio medio, in quanto la fisiologica apertura dalla tuba viene impedita dalla momentanea depressione endo-timpanica che mantiene in ventosa le pareti tubariche. Il subacqueo dovrà quindi ricorrere a particolari manovre di compensazione per garantire la corretta ventilazione dell'orecchio. La direzione della tuba è obliqua verso l'interno, in avanti ed in basso. La lunghezza totale è in media di 36 mm (1/3 per la porzione ossea più vicina all'ostio tubarico e 2/3 per la porzione cartilaginea in prossimità dell'ostio rinofaringeo). Il diametro

è di 2 mm a livello dell'istmo (punto di congiungimento tra le due porzioni). La parete mediale dell'orecchio medio contiene due membrane o "finestre" (ovale e rotonda) che permettono la trasmissione del suono all'orecchio interno; all'interno di esso è possibile distinguere il labirinto anteriore (contenente la coclea cioè la sezione uditiva dell'orecchio) e il labirinto posteriore (il sacculo, l'utricolo e i canali semicircolari che formano l'apparato vestibolare, deputato al mantenimento dell'equilibrio). Nell'orecchio interno sono contenuti dei liquidi (perilinfia ed endolinfia) che permettono attraverso il loro spostamento la trasformazione dell'energia meccanica vibratoria in energia bioelettrica; tale impulso verrà poi trasferito alle fibre del nervo acustico e successivamente alle aree encefaliche relative. Delle tre porzioni esaminate l'orecchio medio è la cavità più spesso sede di incidenti barotraumatici durante le attività subacquee.

Il Barotrauma

Il Barotrauma è un danno meccanico più o meno grave e/o più o meno reversibile di un tessuto esposto ad una variazione pressoria ambientale. Le lesioni barotraumatiche sono proprie delle cavità aeree in quanto i liquidi sono



incomprimibili e non soggetti a variazione di volume al variare della pressione esterna. La legge di Boyle ci permette di capire il comportamento dei gas quando sottoposti a pressioni variabili, affermando che a temperatura costante il volume varia in modo inverso con la pressione totale. Ciò accade esclusivamente quando le strutture che contengono i gas sono deformabili o semi deformabili; l'orecchio medio può essere ricondotto ad un oggetto semi deformabile essendo caratterizzato da struttura ossea e solo per una minima parte da membrane elastiche sulle quali si riverseranno le variazioni di forma dovute alle variazioni volumetriche. Gli incidenti barotraumatici dell'orecchio non dipendono quasi mai dalle capacità apneistiche dell'individuo; più spesso invece il barotrauma è legato all'incapacità dell'atleta di ascoltarsi o di andare oltre un limite che il suo corpo ha posto. Infatti la maggior parte di tali eventi non è legata ad una mancata compensazione, bensì ad una compensazione forzata in condizioni sfavorevoli. Quasi sempre nella pratica clinica vi è il riscontro anamnestico di un problema anche banale evidente prima dell'immersione che il subacqueo generalmente minimizza, ad esempio un comune raffreddore. Esistono infatti stati flogistici delle tube e delle strutture vicine (riniti, rinosinusiti,

flogosi delle vie aeree superiori, ripetute sollecitazioni in seguito a prolungati allenamenti di apnea in mare) che possono portare ad un blocco momentaneo della compensazione; quando ciò si verifica occorre evitare di forzare la discesa, perché potrebbe proprio essere tale forzatura la causa del barotrauma. In tali condizioni infatti le pareti tubariche sono adese e difficilmente l'aria potrà trovare un varco; laddove si riesca a superare l'ostacolo sarà stata eseguita una manovra compensatoria molto energica attraverso un'espirazione forzata e l'aria sotto pressione si sarà espansa nella cassa timpanica con violenza e velocità, potendo così lesionare le delicate strutture accolte al suo interno. Considerando il volume di aria contenuto nell'orecchio medio dell'uomo alla superficie del mare, che è pari a 1,5 ml circa, e supponendo di immergerlo ad una profondità di 10 metri a temperatura costante, avremo, applicando la legge di Boyle, che il volume si riduce esattamente della metà (0,75 ml). Questa piccola modificazione del volume potrà avere effetti anche molto gravi a carico dell'orecchio che possono portare in casi estremi a situazioni di pericolo per la vita, per la comparsa di vertigini, vomito, aspirazione ed annegamento. Le variazioni di volume dei gas nei primi dieci metri sono quindi

particolarmente delicate per la genesi dei barotraumi.

Possono essere distinti in base alla sede di lesione barotraumi a carico dell'orecchio esterno, medio ed interno, e classificati in base al meccanismo patogenetico che li determina in barotraumi da contrazione del volume di gas con meccanismo implosivo, o da espansione del volume di gas con meccanismo esplosivo. A loro volta le lesioni da contrazione del volume di gas (meccanismo implosivo) sono suddivise in base al momento di comparsa: in immersione durante la discesa, o dopo l'emersione, come nel caso di immersioni con autorespiratore ad ossigeno (ARO) dove possono essere "differiti" e comparire alcune ore dopo l'emersione (*middle ear oxygen absorption sindrome*). I traumi da espansione dei gas (meccanismo esplosivo) sono viceversa quelli che si manifestano in risalita al diminuire della pressione ambientale (sinonimi: blocco inverso o *inverted squeeze*).

Barotrauma dell'orecchio esterno in discesa (meccanismo implosivo)

In condizioni normali il CUE si riempie di acqua e quindi non dovrà essere compensato perché non vi sarà presenza di aria; esistono però alcune possibilità di occlusione del CUE

che portano alla creazione di una camera d'aria tra membrana timpanica e ostruzione:

- a) tappo di cerume ostruente il condotto
- b) cappuccio della muta troppo aderente
- c) tappi per le orecchie usati non correttamente
- d) otite esterna con stenosi infiammatoria del condotto
- e) cinghiolo della maschera stretto intorno alle orecchie

In tali condizioni la contrazione volumetrica di questo spazio potrebbe creare un fastidioso effetto ventosa sulla membrana timpanica provocando un barotrauma o anche una perforazione timpanica. Possono formarsi anche edema ed emorragie petecchiali a livello della porzione di condotto interessata. Nei casi più gravi si possono formare delle bolle siero-ematiche che rompednosi possono produrre un'importante emorragia del condotto uditivo (otorragia). Per evitare tali incidenti è opportuno riemergere e provvedere ad esempio ad allagare le aree tra cappuccio e orecchio o praticare dei piccoli fori sul cappuccio in prossimità del CUE. Nei mesi invernali la bassa temperatura dell'acqua potrebbe irrigidire la membrana timpanica rendendo difficoltosa la compensazione; in questi casi è conveniente l'utilizzo di appositi tappi auricolari dotati di una valvola che permette la creazione di un'intercapedine di acqua a



temperatura corporea che agevola le manovre compensatorie.

Barotrauma dell'orecchio medio in discesa (meccanismo implosivo)

È il più comune evento patologico riscontrato nei subacquei; consegue alla mancata o più spesso alla forzata compensazione volumetrica dei gas presenti nella cassa timpanica attraverso la tuba uditiva in seguito a variazioni della pressione ambientale; la membrana timpanica è la struttura maggiormente sollecitata e più spesso sede di lesione in caso di incidente barotraumatico a livello dell'orecchio medio; questo avviene a causa del suo ridotto spessore che le impedisce di deformarsi, pertanto la compensazione deve essere frequente e delicata. Requisiti fondamentali sono la pervietà tubarica che rende possibile il passaggio dell'aria dal rinofaringe all'orecchio, e la corretta comunicazione di tutti gli spazi delle vie aeree superiori che garantisce il trasferimento dell'aria contenuta nei polmoni alle strutture superiori e finalmente nell'orecchio.

In caso di mancata compensazione la tensione all'orecchio comincia a comparire a 2 metri di profondità quando la riduzione del volume di gas endotimpanico è del 20%. Si avrà poi retrazione della membrana timpanica con dolore,

iperemia ed edema della mucosa della cassa con possibile stravaso ematico, fino alla rottura della membrana timpanica; esiste una scala di gravità anatomico-clinica che individua 6 diversi gradi di lesioni barotraumatiche dell'orecchio medio (classificazione di Wallace Teed). I sintomi inizialmente sono rappresentati da una sensazione di pressione auricolare che ben presto diventa un dolore importante se la discesa continua. In caso di rottura della membrana timpanica si ha immediata risoluzione del dolore ed equalizzazione della pressione. L'orecchio medio viene così allagato dall'acqua che avrà una temperatura inferiore a quella corporea che provocherà una stimolazione calorica dei canali semicircolari con comparsa di vertigine improvvisa con percezione che tutto ruoti vorticosamente (vertigine oggettiva), nausea e vomito. Quest'ultima evenienza è molto pericolosa per la possibilità di inalazione ed annegamento. Una volta emersi si evidenzierà una ipoacusia trasmissiva per i toni medi e gravi con acufeni causati dalla rottura timpanica.

Barotrauma dell'orecchio medio in risalita (meccanismo esplosivo - blocco inverso, “*inverted squeeze*”)

Questa patologia è causata dall'espansione del gas contenuto nell'orecchio medio per la diminuzione della pressione



ambientale che si manifesta durante la fase di risalita. Normalmente nella fase di risalita i subacquei non devono effettuare compensazioni perché il volume in eccesso di gas dall'orecchio medio viene smaltito passivamente con apertura spontanea delle tube e compensazione secondo gradiente della pressione ambientale. Una tuba di Eustachio patologicamente chiusa rappresenta il momento patogenetico fondamentale di questa lesione; l'aumento pressorio dell'orecchio medio comporta l'immediata estroflessione della membrana del timpano con eventuale rottura della stessa e una sintomatologia identica a quella descritta per la rottura del timpano in discesa. Solitamente chi incorre in questa tipologia di incidente ha già avuto difficoltà compensatorie nella fase di discesa (a causa di riniti o flogosi delle vie aeree superiori), che è stata comunque portata a termine magari forzando la manovra compensatoria; durante la risalita l'edema della regione peritubarica impedirà la fuoriuscita dei gas endotimpanici e si avvertirà dolore; in questo caso occorre fermarsi, scendere di qualche metro o comunque fino ad una batimetrica che produca sollievo e riprovare, eseguendo la manovra di Toynbee (deglutizioni ripetute). Non esiste altro metodo per sbloccare le orecchie in risalita. La manovra di Valsalva aumenterebbe ancora di più

la pressione nell'orecchio.

Sindrome da assorbimento dell'ossigeno nell'orecchio medio (“*middle ear oxygen absorption syndrome*”)

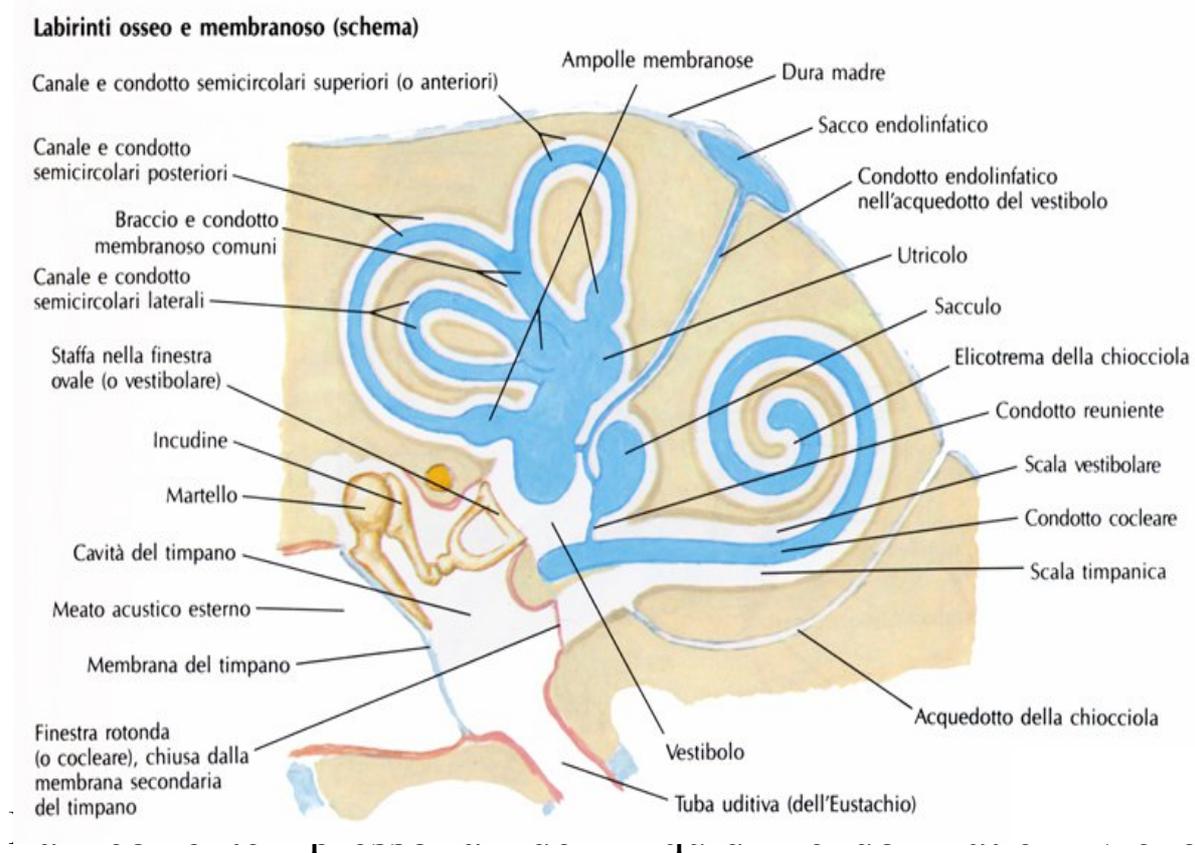
E' un quadro clinico barotraumatico poco conosciuto che può complicare le immersioni prolungate con autorespiratori a circuito chiuso ad ossigeno (ARO), o le ricompessioni terapeutiche con tabelle ad ossigeno di lunga durata. La caratteristica di questo barotrauma è di comparire a distanza dall'emersione (barotrauma differito). I subacquei dopo una immersione in saturazione di ossigeno, hanno nell'orecchio medio una concentrazione di O₂ vicina al 100%. Questo essendo un gas metabolico può essere riassorbito dall'epitelio respiratorio dell'orecchio medio, con la conseguenza di creare una pressione negativa dell'orecchio medio capace di creare una pressione negativa intratimpanica con versamento sieroso. I sintomi sono dolore acuto, senso di ovattamento auricolare. La terapia consiste nel somministrare preparati a base di decongestionanti nasali, analgesici, antibiotici, antistaminici, a seconda dello stadio. La prevenzione consiste nell'istruire il sommozzatore ad eseguire, dopo l'immersione in saturazione di ossigeno, alcune manovre di compensazione in aria per lavare l'ossigeno accumulato nell'orecchio medio. E' controindicato



addormentarsi dopo queste immersioni in quanto nel sonno l'apertura della tuba di Eustachio è rallentata rispetto al periodo di veglia con possibilità di riassorbimento dell'O₂ contenuto nell'orecchio medio e comparsa di barotrauma.

Barotrauma dell'orecchio interno

Per definizione i liquidi non subiscono variazioni di volume al variare della pressione (legge di Boyle) quindi l'orecchio interno in teoria dovrebbe essere protetto dalle variazioni di pressione. L'orecchio medio con la catena degli ossicini trasmette il segnale sonoro all'orecchio interno tramite una via di comunicazione chiusa dalla platina della staffa (finestra ovale), l'energia sonora viene così trasmessa ai liquidi labirintici con generazione di un movimento da parte delle cellule ciliate che trasformano quest'onda in energia elettrica che può essere inviata alla corteccia uditiva dai nervi acustici.



compensata da un'altra apertura nell'orecchio medio che si chiama finestra rotonda ed è chiusa dalla membrana secondaria del timpano o membrana dello Scarpa. La staffa si introflette nella finestra ovale, comprime l'endolinfa e la membrana secondaria si estroflette nell'orecchio medio compensando l'aumento di pressione. Viceversa quando la staffa si retrae. Ecco che proprio per questi rapporti con l'orecchio medio le variazioni del volume di gas in quest'ultimo possono trasmettersi all'orecchio interno provocando la rottura meccanica delle finestre con fuoriuscita di perilinfa (fistola labirintica), la rottura delle

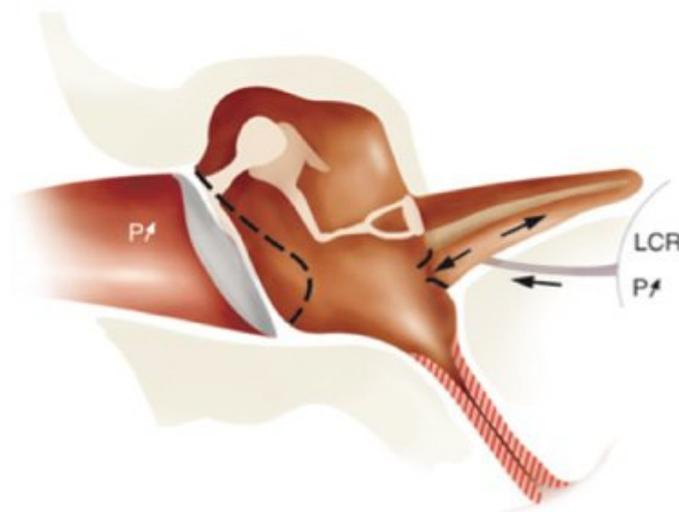


membrane cocleari o emorragie endococleari. I casi in cui si sospetta la fistola devono essere immediatamente ospedalizzati per la possibilità di chiusura chirurgica della breccia di comunicazione dell'orecchio interno con quello medio. La terapia e la prevenzione sono identiche a quelle per il blocco inverso.

Barotrauma dell'orecchio interno in discesa (meccanismo esplosivo di Goodhill)

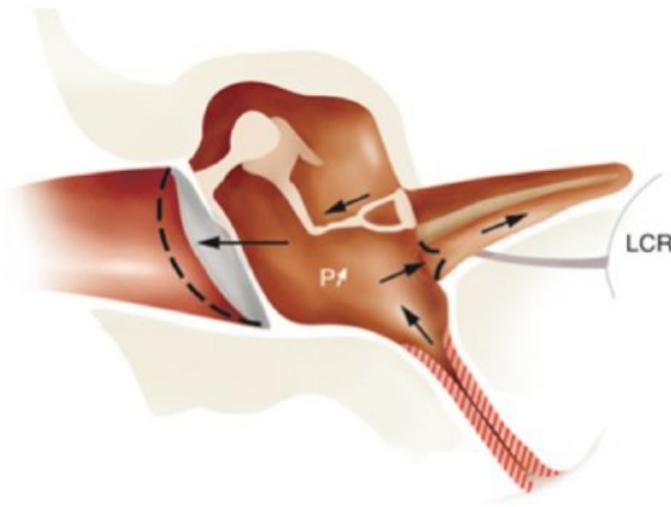
Si associa ad una difficoltosa compensazione dell'orecchio medio causata da una ostruzione tubarica; durante la discesa una manovra di Valsalva violenta e forzata produce una iperpressione che viene trasmessa dal liquido cefalorachidiano (LCR) della fossa cranica posteriore alla scala timpanica della coclea attraverso il canale cocleare; questa iperpressione, aggravata dalla depressione presente nella cassa timpanica, può provocare la rottura della finestra rotonda verso l'orecchio medio producendo una fistola perilinfatica. Il risultato finale di quest'ultima evenienza è quello della comparsa di una ipoacusia ad insorgenza improvvisa e grave vertigine, che generalmente compaiono in risalita o all'arrivo in superficie (in caso di immersione con ARA difficile diagnosi differenziale con le manifestazioni otologiche dell'embolia gassoso-arteriosa che compaiono

negli ultimi metri o all'arrivo in superficie).



Barotrauma dell'orecchio interno in risalita (meccanismo implosivo di Goodhill)

Si verifica in seguito alle stesse problematiche evidenziate per il barotrauma dell'orecchio medio in risalita: una tuba di Eustachio patologicamente chiusa rappresenta il momento patogenetico fondamentale di questa lesione; l'aumento pressorio dell'orecchio medio si trasmette a livello della finestra rotonda comprimendola verso l'orecchio interno e spostando la catena ossiculare lateralmente con trazione verso l'alto della staffa e della finestra ovale; si crea un'onda perilinfatica di direzione opposta al "colpo di pistone" ma con le stesse potenzialità lesive.



Esiste una particolare forma di barotrauma dell'orecchio interno in risalita definito "vertigine alternobarica" ; si tratta di una transitoria sensazione di vertigine rotatoria preceduta da una marcata sensazione di "fullness" (ovattamento auricolare). Può durare da qualche secondo fino a 10 minuti, con risoluzione generalmente spontanea. E' legata ad una asimmetrica variazione pressoria tra le due casse timpaniche che si trasmette all'orecchio interno (via finestre) con stimolo asimmetrico sul sistema vestibolare. Si tratta di una condizione potenzialmente pericolosa.

Prevenire il barotrauma dell'orecchio mediante l'esecuzione della corretta tecnica compensatoria

La prima regola è non immergersi in condizioni sfavorevoli, quali stati flogistici delle prime vie aeree come riniti o rinosinusiti. Bisogna ricordare di non forzare mai la

compensazione, perché anche quando riusciremo a vincere la resistenza tubarica in discesa è probabile che si verifichi un blocco inverso in risalita per l'incapacità dell'aria a defluire in modo spontaneo dalla tuba uditiva. Anche l'utilizzo dei decongestionanti nasali prima del tuffo è da proscrivere poiché ad un primitivo effetto decongestionante, subentra un rebound con congestione nasale. In caso di blocco inverso non compensare, ridiscendere di un metro e riprovare compiendo qualche atto deglutitorio o estendendo lievemente la testa, per permettere l'apertura passiva della tuba di Eustachio. Premesso ciò rimane fondamentale eseguire la manovra compensatoria in maniera corretta e imparare le tecnica giusta. Occorre quindi avere consapevolezza di quello che si sta facendo senza lasciare al caso la riuscita della manovra. Occorre ricordare a questo proposito che la classica manovra di Valsalva è inadatta per i tuffi in apnea a profondità maggiori di 10 metri; questo perché prevede un continuo richiamo di aria a livello polmonare con una grande spesa energetica per spingerla nelle tube e quindi nell'orecchio; si corre inoltre il rischio di utilizzare grandi volumi di aria per un singolo atto compensatorio con conseguente riduzione delle capacità apneistiche. La manovra può risultare lenta se associata a discese molto





rapide e diventa pericolosa al raggiungimento di quote più profonde in prossimità del volume residuo polmonare. Infatti i polmoni se opportunatamente isolati attraverso la chiusura della glottide sono in grado di auto compensarsi attraverso il fenomeno del *blood shift*; essi durante la discesa in apnea si riempiono di sangue diventando incomprimibili; durante la risalita con un processo inverso restituiscono il sangue al circolo ematico. Se si tenta di richiamare aria dai polmoni in queste condizioni aprendo la glottide si verificherà una suzione di ciò che è presente a livello polmonare ovvero aria e sangue, con emottisi alla riemersione e lesioni polmonari. Inoltre qualora le tube uditive fossero chiuse per fenomeni flogistici, la manovre di Valsalva forzata potrebbe rimuovere il blocco, ma la repentina ondata di aria che arriva sotto pressione all'orecchio medio potrebbe essere causa di barotrauma. Per tutti questi motivi è preferibile e indicato eseguire la manovra di Marcante Odaglia / Frenzel. Tale manovra non prevede sforzi espiratori, infatti viene eseguita a glottide chiusa gestendo l'aria presente nella cavità rinofaringea. Le vie aeree vengono chiuse e la lingua funge da pistone per comprimere l'aria che è stata precedentemente richiamata dai polmoni e immagazzinata nel rinofaringe. Questa compressione determina un aumento pressorio che,

associato all'apertura del palato molle, induce a sua volta la delicata apertura delle tube uditive con conseguente compensazione dell'orecchio medio. È pertanto possibile utilizzare l'aria richiamata da una singola traslazione polmonare per molteplici compensazioni pur mantenendo la glottide chiusa. È una manovra economica e più sicura perché più delicata, senza i potenziali rischi barotraumatici a livello auricolare e polmonari. Proprio per il minor volume di aria spostato sarà necessaria una maggiore frequenza compensatoria. Inoltre la compressione dell'aria con il movimento linguale consente una più veloce esecuzione e quindi una velocità di caduta più elevata. Può infine essere eseguita a profondità che inducono un volume polmonare inferiore al volume residuo previo precedente riempimento di aria della cavità orale. Tuttavia l'apprendimento di tale manovra richiede una consapevolezza maggiore, un notevole allenamento e una buona coordinazione del palato molle, della glottide e dei muscoli linguali. Esiste poi la manovra "*hands free*" che richiede delle doti anatomiche naturali grazie alle quali l'apneista apre volontariamente, imparando a muovere i muscoli che circondano le tube di Eustachio, le tube stesse. In realtà le tube non si aprono in modo evidente ma l'azione muscolare ne previene la contrazione indotta



dall'aumento di pressione e quindi il collassamento delle pareti tubariche. È come la Frenzel una manovra sicura perché evita sbalzi pressori all'interno dell'orecchio medio e previene la comparsa di barotraumi. Esiste poi la manovra di Frenzel – Fattah (*mouth fill*) che è sommariamente identica alla Frenzel ad eccezione del fatto che ad una certa profondità si esegue il *mouth fill* (riempimento della bocca di aria), si chiude la glottide e si usa questa riserva di aria per tutta la discesa senza dover più richiamare aria dai polmoni. Le tube di Eustachio durante la manovra restano costantemente aperte, pertanto la compensazione è agevole e continua.

Alterazioni anatomiche predisponenti al barotrauma e suscettibili di chirurgia

Partendo dal presupposto che l'apneista esegua correttamente e consapevolmente la manovra compensatoria, possono esistere delle condizioni anatomiche che ne ostacolano la riuscita. Per il distretto di pertinenza otorinolaringoiatrica queste anomalie possono interessare le fosse nasali con evidenza di importanti deviazioni settali e/o marcata ipertrofia di turbinati inferiori, soprattutto in corrispondenza delle code che si trovano a circa un centimetro dall'ostio

tubarico rinofaringeo e possono quindi andare a bloccare la funzionalità tubarica. In questi casi occorrerà valutare l'opzione chirurgica di settoplastica e decongestione dei turbinati inferiori, più spesso eseguita con radiofrequenze. Ancora può essere presente una rinosinusite cronica polipoide massiva, soprattutto in pazienti pluri allergici, con ostruzione subtotale delle fosse nasali e grave ostacolo alla pervietà tubarica; anche in questa condizione, previa esecuzione di accertamenti strumentali quali tomografia assiale computerizzata (TC) e/o risonanza magnetica nucleare (RMN), si dovranno eseguire procedure chirurgiche endoscopiche volte al ripristino della normale ventilazione naso-sinusale e conseguentemente tubarica. Sebbene più spesso presenti in epoca infantile possono essere evidenziate voluminose vegetazioni adenoidee ostruenti il rinofaringe in prossimità dell'ostio tubarico; sarà necessaria l'asportazione di tale tessuto per ripristinare la normale pervietà tubarica. In caso di pregressa adenoidectomia e/o interventi rinofaringei si possono trovare esiti cicatriziali con stenosi dell'ostio tubarico che dovranno essere rimossi con opportune procedure chirurgiche endoscopiche. Possono essere presenti anche condizioni infiammatorie croniche sia nasali che rinofaringee con importante edema della mucosa che riveste



l'ostio tubarico e suo conseguente restringimento. In questi casi sarà opportuno impostare una corretta terapia medica locale a base di lavaggi e docce nasali con soluzioni saline sterili e decongestionanti topici per ricreare un normale trofismo mucoso e una corretta ventilazione nasale. A livello auricolare la presenza di esostosi ostruenti il CUE potrà inoltre predisporre a lesioni barotraumatiche dell'orecchio medio e della MT. Anche in questo caso la rimozione di tali neoformazioni ossee mediante canaloplastica permetterà il recupero dell'attività subacquea.



Dott. Cialoni Danilo

Il Dr Cialoni fa parte dal 2008 del gruppo di ricerca della Fondazione DAN Europe. Segue numerosi progetti di ricerca nel campo della fisiologia, fisiopatologia e bioingegneria sia delle immersioni in apnea che con autorespiratore. Ha collaborato per molti anni con l'Istituto di Fisiologia Clinica del CNR di Pisa (IFC) per ricerche nello stesso settore ed è stato docente al Master di medicina subacquea ed iperbarica della Scuola S. Anna di Pisa. Egli stesso esperto apneista ed istruttore in questa disciplina collabora da anni con il pluricampione del Mondo di Apnea Umberto Pelizzari dal quale apprende i segreti di questa disciplina e vince alcune medaglie di argento e bronzo in gare di livello internazionale a squadre. Partecipa inoltre come security divers ai campionati del mondo di apnea profonda AIDA che si svolgono ad Ibiza nel 2001 con il gruppo della nazionale italiana che tra l'altro vincerà quella edizione. Proprio questa dublice impostazione gli permette una visione sia da atleta che da ricercatore di questa appassionata disciplina.



ARGOMENTO TRATTATO:

L'edema polmonare del subacqueo

Una patologia molto frequente al termine di una o più immersioni in apnea (e più raramente anche in SCUBA) è correlata al manifestarsi di una sintomatologia caratterizzata da tosse, senso di costrizione toracica, espettorato striato di sangue ed in alcuni casi emottisi franca, sempre associati a dispnea di vario grado. Si può indicare questa situazione come un quadro di sintomi respiratori acuti (ARS)

Quadri clinici analoghi sono stati osservati anche in ambienti diversi dalla subacquea come nel nuoto, negli sport caratterizzati da intenso sforzo fisico⁷ e soprattutto nell'edema da alta montagna (HAPE).

In tutti questi casi un improvviso aumento della pressione intra-capillare polmonare è stato identificato come uno dei meccanismi patogenetici alla base del fenomeno.

Sintomi respiratori acuti (ARS) dopo immersioni in apnea sono stati riportati per la prima volta da Boussuges et al. nel 1991, già in questo lavoro gli autori, che descrivono tre case report, suggeriscono che la riduzione del volume polmonare

e l'aumento della pressione intratoracica siano le cause principali della patologia.

L'aumento della pressione trans-murale intra-capillare determina modificazioni ultrastrutturali della parete capillari polmonari descritte e ben dimostrate nei lavori di West J.B et al.

Nonostante i meccanismi di adattamento cardiotoracico in ambiente e situazioni straordinarie come l'immersione in apnea, non siano ancora perfettamente conosciuti, è noto che meccanismi di compensazione come il "blood shift", se pur affascinanti da un punto di vista fisiologico, sottopongono le strutture anatomiche di competenza a stress molto superiori rispetto a quelli per cui la natura le ha selezionate.

Recenti studi e test specifici hanno permesso di dimostrare che proprio queste sollecitazioni potrebbero essere alla base dei quadri di ARS che si riscontrano nei subacquei.

Considerato l'elevata diffusione di questa disciplina sia a fini ricreativi che sportivi abbiamo ritenuto importante impostare un'indagine epidemiologica volta a valutare la prevalenza di ARS in un campione di popolazione praticante apnea a varie profondità. A questo scopo è stata condotta un'analisi retrospettiva mediante questionari somministrati ad un

campione di apneisti, si è inoltre cercato di studiare le associazioni tra alcuni possibili fattori di rischio e la patologia in esame.

Recentemente sono stati eseguiti test per identificare possibili predisposizioni genetiche al fenomeno ARS, predisposizioni genetiche già dimostrate nei casi di HAPE.

Materiali e metodi:

Sono stati utilizzati due questionari.

Per indagare la prevalenza del fenomeno è stato eterosomministrato un primo questionario, indirizzato ad un gruppo selezionato di 212 apneisti (194 uomini, 18 donne; età media 34 ± 6.91 anni) tutti istruttori di apnea (affiliati ad Apnea Academy) con standardizzati livelli di preparazione specifica:

- Profondità minima in assetto costante 30m
- tempo di apnea statica 4 minuti
- distanza in apnea dinamica 75 metri

Tutti i soggetti hanno raggiunto queste quote minime per l'ammissione al corso istruttori e possono essere considerati apneisti molto esperti.

Il questionario comprendeva, oltre ai dati anagrafici, la domanda sulla comparsa di crisi di tosse e/o costrizione toracica e/o del segno emottisi e/o di veri e propri quadri documentati di edema polmonare acuto, dopo un immersione in apnea.

Particolare attenzione è stata dedicata alla presenza del sintomo legato al discomfort respiratorio per accertare l'origine polmonare del disturbo.

Agli stessi soggetti è stato successivamente somministrato un secondo questionario, contenete informazioni su dati biometrici, anamnestici (quali la presenza di patologie croniche, l'uso di farmaci, tabagismo, allergie ed asma), si è proceduto inoltre a richiedere informazioni sulla pratica dell'apnea e dati specifici sugli episodi caratterizzati dal manifestarsi del quadro clinico.

Per quanto concerne le informazioni generali sulla pratica dell'apnea sono stati indagati i seguenti possibili fattori di rischio: anni di pratica della disciplina, profondità massima di immersione raggiunta durante la propria carriera, intesa come proprio record in apnea in assetto costante, pregressi episodi di perdita di coscienza oppure di "samba", abituale difficoltà di compensazione ed abituale presenza di sensazione di

costrizione sul torace indotto dalla pressione.

Per quanto concerne le informazioni sugli episodi caratterizzati dal quadro patologico sono stati indagati i seguenti fattori di rischio, profondità raggiunta, tipo di disciplina praticata il giorno dell'episodio, tipo di attrezzatura utilizzata, stagione in cui si è svolta l'immersione, tempo trascorso prima dell'episodio, difficoltà di compensazione durante l'immersione, situazioni di particolare stress, freddo, e presenza di contrazioni diaframmatiche involontarie. Sono anche stati richieste indicazioni sulla sintomatologia riscontrata il giorno dell'episodio più grave, presenza di dolore, bruciore, tosse, dispnea, tachicardia ed emottisi e sul momento dell'immersione in cui l'atleta aveva avvertito il presentarsi del disturbo.

Infine indicazioni su eventuali trattamenti terapeutici.

In un momento successivo un gruppo selezionato casualmente dei soggetti partecipanti al questionario è stato sottoposto a prelievo di materiale biologico all'interno del cavo orale per lo studio di associazioni statisticamente significative tra alcuni specifici geni e ARS.

In particolare sono stati indagati l'angiotensin-converting enzyme (ACE) gene insertion/deletion polymorphism,

l'endothelial nitric oxide synthase gene (eNOS) il G894T polymorphism e il T786C, implicati a vario titolo nel controllo della pressione arteriosa sistemica e periferica.

Inoltre sono stati indagati 'Interleukin-1 beta (IL1B rs16944), Interleukin 1 receptor antagonist (IL1RN rs419598), Glutathione S-transferase Mu 1 (GSTM1),Glutathione S-transferase theta-1(GSTT1),Superoxide dismutase 2 (SOD2 rs4880 implicati nella risposta infiammatoria e nello stress ossidativo

Analisi Statistica:

I dati raccolti con il primo questionario sono stati espressi in termini di percentuale del numero di soggetti che hanno risposto positivamente alla domanda sulla presenza di emottisi, tosse, dispnea, costrizione toracica.

Successivamente è stata applicata un'analisi bayesiana con livello di significatività impiegato del 10 %.

Sui dati raccolti con il secondo questionario è stata condotta un'analisi descrittiva per individuare le caratteristiche del campione. Sono stata successivamente cercate eventuali associazioni fra quelli che abbiamo ipotizzato essere fattori di rischio per i verosimili episodi di emottisi ed è stato

calcolato il rischio (odds ratio) di avere un episodio di emottisi associato alle variabili dicotomiche (fattori di rischio).

La significatività è stata testata con il test chi quadro ($p < 0.05$).

Risultati:

Il primo questionario è stato completato da 212 soggetti 56 di questi (26,4%) hanno risposto affermativamente alla domanda sulla presenza di almeno un episodio caratterizzato da emottisi, tosse, costrizione toracica, sempre associato a difficoltà respiratoria a conferma del coinvolgimento polmonare.

L'82 % di questi hanno riferito tra questi sintomi la presenza di emottisi.

Il secondo questionario è stato completato da 106 soggetti (95m 11f).

Dai questionari non abbiamo evidenziato differenze staticamente significative tra i soggetti positivi ed i negativi per quanto riguarda età, sesso, anni di pratica di immersione, fumo, allergie, pratica di altri sport e storia

clinica e dati biometrici quali altezza e peso.

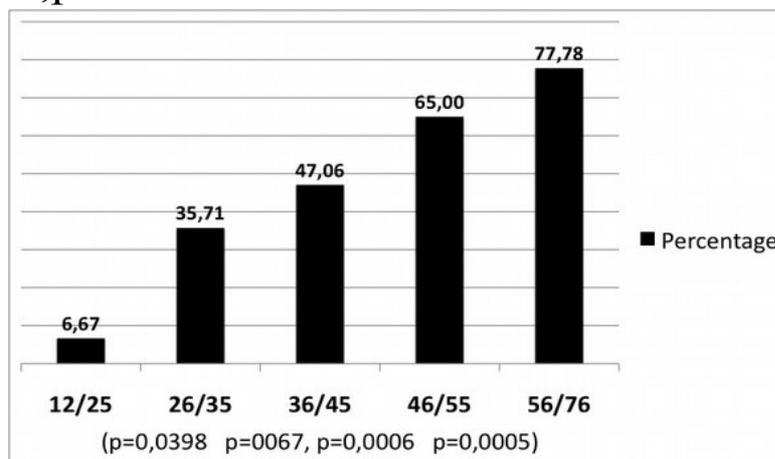
Dai risultati dell'indagine è invece emersa una differenza statisticamente significativa per quanto riguarda la profondità di immersione, intesa come proprio record personale, dimostrando una curva di rischio con crescita esponenziale all'aumentare della profondità.

I casi di emottisi aumentano in modo considerevole soprattutto quando il record personale dell'intervistato per immersioni in apnea in assetto costante, supera i 36 metri, anche se si evidenziano numerosi casi per classi di profondità inferiori.

Per classi di profondità comprese tra 36 e 45 metri il valore percentuale di coloro che hanno avuto almeno un episodio di emottisi raggiunge già il 47,06%.

Oltre i quarantasei metri il numero dei positivi al fenomeno sovrasta decisamente quello dei negativi raggiungendo il 65% per coloro che hanno un personale compreso tra 46 e 55 metri, ed il 77,78% per coloro con personale di profondità in immersione in apnea in assetto costante superiore a 56 metri.

Altri indicatori possibili di rischio di emottisi hanno dimostrato associazioni ai limiti della significatività statistica tra questi in particolar modo: difficoltà di compensazione, sensazione di fastidio toracico legato alla pressione, presenza di contrazione diaframmatiche



involontarie, stress mentali e fisici.

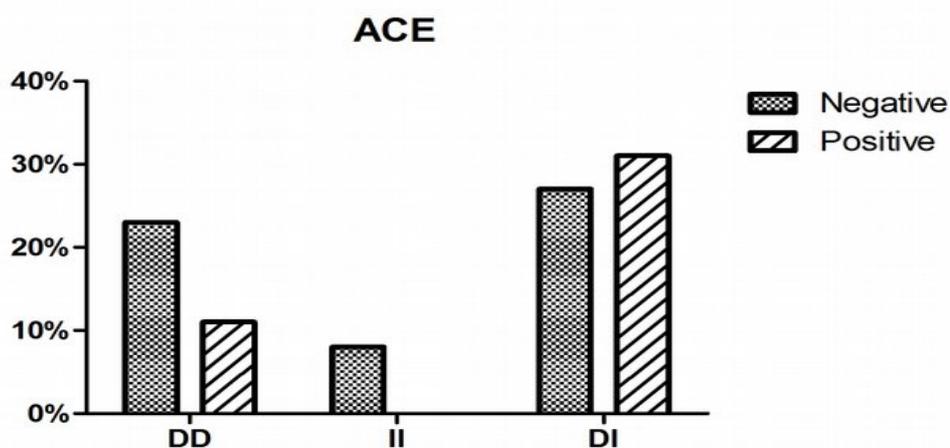
Inoltre l'82% dei soggetti positivi ha dichiarato di aver avuto contrazioni diaframmatiche durante la risalita, il 54% ha dichiarato di aver individuato con chiarezza il momento in cui si è verificato il problema, di questi il 71 % dichiara tra gli ultimi metri di discesa e la profondità massima, il 29% durante la risalita.

I sintomi più frequentemente importanti descritti nei casi di emottisi sono tosse 83%, fastidio toracico 41% dolore o bruciore in regione toracica 18 % ma ben 82% dei soggetti dichiara di aver avuto emottisi, tutti riferiscono dispnea a

conferma dell'origine polmonare del problema.

L'analisi genetica eseguita sul campione di soggetti positivi e negativi evidenzia una associazione statisticamente significativa tra ACE insertion/deletion polymorphism ed i soggetti positivi per ARS $p=0,0061$, correlazione emerge anche tra nitric oxide synthase gene (eNOS) polimorfismo G894T e T786C specialmente per specifiche combinazioni di polimorfismi $p= 0,0055$.

Non si evidenziano associazioni statisticamente significative per gli altri geni testati.



P Value 0.0061

Discussione:

L'analisi dei dati raccolti evidenzia che oltre il 26% dei soggetti intervistati presentano positività per i sintomi di tosse, costrizione o fastidio toracico, emottisi e difficoltà

respiratorie al termine di immersione in apnea.

Anche se gli episodi in acuto si risolvono spontaneamente ed in poche ore riteniamo che il fenomeno vada attentamente osservato soprattutto per gli effetti che episodi ripetuti nel tempo potrebbero avere sull'integrità della funzionalità della barriera alveolo-capillare.

Ricordiamo inoltre che alcuni casi hanno richiesto il ricovero ospedaliero.

Dai dati emersi è indiscutibile la relazione tra profondità e fenomeni di emottisi, riteniamo però altrettanto importanti le correlazioni evidenziate dai questionari tra i casi positivi e difficoltà di compensazione e contrazioni diaframmatiche.

Quest'ultimo dato è in linea con quanto emerso nel lavoro di Esen Kiyani (2), nel quale gli autori individuano proprio nelle contrazioni diaframmatiche, in questo caso volontarie, un importante fattore co-causale.

Queste ulteriori informazioni ci forniscono interessanti spunti di riflessione sia sui meccanismi patogenetici del fenomeno sia su possibili meccanismi di prevenzione.

Entrambi questi dati infatti giustificano le considerazioni empiriche fatte negli anni dai praticanti questa disciplina secondo i quali manovre di sforzo compiute in profondità

aumenterebbero la possibilità di incorrere nel disturbo.

In effetti manovre di Valsalva forzate e/o le cospicue contrazioni diaframmatiche involontarie, che si verificano al termine delle prove di apnea, manovre diaframmatiche volontarie utilizzate da molti apneisti in profondità per migliorare la compensazione della membrana del timpano ed aumentare i tempi di apnea, aumentano la pressione a livello toracico e possono ragionevolmente fungere da evento scatenante in una situazione già portata al limite, per quello che concerne la meccanica toracica, lo stress dei volumi polmonari e l'aumento delle pressioni intra-capillari, dai fenomeni di emo-compensazione.

Il tutto in linea con i meccanismi patogenetici di stress failure dei capillari che verosimilmente, come in altre situazioni simili, svolgono un ruolo decisivo nello svilupparsi del fenomeno.

Un contributo essenziale alla comprensione del fenomeno si è avuto grazie a test eseguiti al termine di immersioni in apnea durante un campionato del mondo di apnea specialità assetto costante. In questo lavoro gli autori dimostrano che, in analogia con test simili eseguiti in alta montagna, il passaggio di liquidi dai capillari polmonari agli alveoli



durante immersione in apnea si verifica (con gradi di gravità diversa) anche in soggetti asintomatici. Questo dimostra che il fenomeno è progressivo e proporzionale con molta probabilità all'aumento della pressione intracapillare.

Ulteriore conferma si ha da recenti test svolti su soggetti praticanti apnea in specialità dinamica. Anche in questo caso infatti, pur mancando lo stimolo iperbarico, lo sforzo fisico (in analogia con altri sport) e le contrazioni diaframmatiche determinano un incremento dei liquidi extravascolari.

In entrambi questi lavori l'accumulo di liquidi extravascolari è stato investigato grazie a tecniche di ecografia polmonare ormai ben definite.

E' stato ampiamente dimostrato in letteratura come in condizione di esercizio estremo (nuoto e rugby) o esposizione a condizioni ambientali estreme, come l'alta montagna, si possono verificare fenomeni di emottisi associati a quadri di edema polmonare, che presentano caratteristiche sovrapponibili all'edema dei subacquei.

In questi altri sport ed in modo particolare nei casi di HAPE sono stati eseguiti anche numerose indagini genetiche sugli stessi polimorfismi investigati dal nostro gruppo di lavoro. Anche questi risultati sono esattamente

sovrapponibili con quanto riscontrato nei test genetici eseguiti su subacquei ed a tal proposito ricordiamo che i polimorfismi investigati sono tutti coinvolti a vario titolo nella regolazione della pressione arteriosa centrale e periferica.

I nostri risultati sembrano quindi indicare un meccanismo patogenetico legato ad un incremento della pressione intratoracica in soggetti predisposti geneticamente al fenomeno. Quello che emerge ancor più chiaramente è però che i soggetti con alcuni fenotipi specifici, gli stessi selezionati nelle popolazioni che vivono in alta montagna, si collocano sempre nel gruppo dei soggetti negativi al fenomeno.

Questo sembra indicare che soggetti con specifici fenotipi potrebbero essere maggiormente protetti rispetto alla possibilità di sviluppare un edema del subacqueo.

La comprensione dettagliata di questo fenomeno necessiterà di ulteriori approfondimenti, ulteriori test genetici e studi specifici sul controllo della pressione arteriosa sotto sforzo ed in condizioni di ipossia sono già in corso.



FIAS

SEZIONE TERRITORIALE DI LIVORNO
ORGANIZZA IN COLLABORAZIONE CON:

One
Breath



Associazione Sportiva

CentroSubPisa





SEGUI
F.I.A.S. LIVORNO
ANCHE SUI SOCIAL:



FOLLOW US...

SITO INTERNET: www.fiaslivorno.wix.com

E-MAIL: fiaslivorno@gmail.com



**Pablo
Bicchielli**

Nasce
sul mare a Castiglioncello.

Istruttore FIAS e brevetto
Apnea Academy

Ha attualmente l'incarico di
Direttore del Centro Tecnico
Territoriale per la sezione
FIAS Livorno, incarico più
volte ricoperto negli ultimi 20
anni

Ha al suo attivo 650
immersioni in ARA e 1500
ore di apnea in mare con
esperienze didattiche da
docente dal 1994.

Città: Livorno

Provincia:LI

Regione: Toscana

Cellulare: 335-7503479



**Lorenzo
Barsotti**

Nasce a Pisa e ama il mare.

Istruttore Apnea Academy e
membro dello staff agli Stage
International di Umberto
Pellizzari

Allievo diretto del Campione
Mondiale a squadre Danilo
Cialoni

E' fondatore e Presidente
dell'associazione sportiva
dilettantistica One Breath che
si dedica esclusivamente
all'Apnea con didattica
Apnea Academy

Abilitato NO LIMITS

Città: Pisa

Provincia:PI

Regione: Toscana

Cellulare: 328- 1856191

CON IL PATROCINIO DI:



Comune di
Rosignano Marittimo



DIVERS ALERT NETWORK **EUROPE**