

فصل یازده

باروتروما(صدمات در اثر فشار) ریوی

PULMONARY BAROTRAUMA

LUNG BAROTRAUMA

باروترومای ریوی

باروترومای ریوی، آسیب ریه است که از تغییرات فشار (طبق قوانین Boyles را) ایجاد می‌شود. باروترومای ریوی میتواند در اثر صعود یا نزول رخ دهد. باروترومای صعود به غواصی scuba و باروترومای نزول به غواصی آزاد (نگهداشتن تنفس) مربوط است.

PULMONARY BAROTRAUMA OF ASCENT

باروترومای ریوی صعود

(“BURST LUNG”)

«Burst ریه» ترکیدن ریه

ترکیدن ریه دومین علت شایع غرق‌شدگی است در نتیجه عامل مرگ‌ومیر غواصان جوان تفریحی Scuba به شمار میرود.

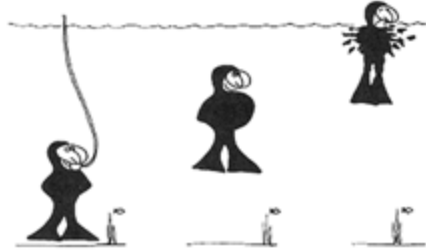
به طور نرمال ریه‌های مرد غواص ۶ لیتر هوا را درون خود جای می‌دهد. هوا در آلونولها و راههای هوایی موجود میباشد. اگر غواص تنفس کاملی را در عمق ۲۰ متری (۶۶ فوت) بگیرد و سپس به سطح بازگردد، حجم ۶ لیتری به ۱۸ لیتر گسترش مییابد، چرا که فشار در عمق ۲۰ متری برابر با ۳ ATA و در سطح برابر با ۱ ATA میباشد.

در این وضعیت، برای جلوگیری از انبساط بیش از حد ریه‌ها، غواص باید ۱۲ لیتر از هوا را (با اندازه‌گیری در سطح) قبل یا در حین صعود خارج سازد. اگر او این هوا را خارج نسازد، انبساط گاز ریه‌های او را مانند بالون متورم میسازد (در صورتیکه آنها بیش از ۱۰٪ متورم شوند) احتمال پارگی ریه‌های طبیعی نیز امکان دارد.

هنگامیکه غواص به سطح نزدیک می‌شود، این انبساط ۱۰ درصدی میتواند با فشار بیش از حد ۸۰ میلی‌متر جیوه ایجاد شود که با اختلاف فشار بین عمق ۱ متری (کمتر از ۴ فوت) در سطح معادل است، و باروترومای ریوی را ایجاد میکند و این حادثه حتی ممکن است برای غواص scuba در استخر شنا نیز رخ دهد.

غواصان حتی در استخرهای کم عمق نیز باروترومای ریوی رخ می‌دهد و می‌تواند باعث مرگ غواص گردد. مثل

همهٔ باروتروماهای دیگر، این بیماری بیشتر در عمقهای سطحی ایجاد می‌شود تا عمقهای زیاد. با نزدیک شدن به سطح و دگرگونی عمق، حجم گاز تغییر بیشتری مییابد.



شکل ۱۱.۱

Clinical Features of Pulmonary Barotrauma

اگر پارگی ریه به علت انبساط بیش از حد حجم باشد، هر یک از چهار پیامد زیر یا همهٔ موارد رخ می‌دهد:

Lung tissue damage

آسیب بافت ریه

Emphysema (gas in the tissue)

آمفیزم (گاز در بافتها)

Pneumothorax (gas in the chest cavity)

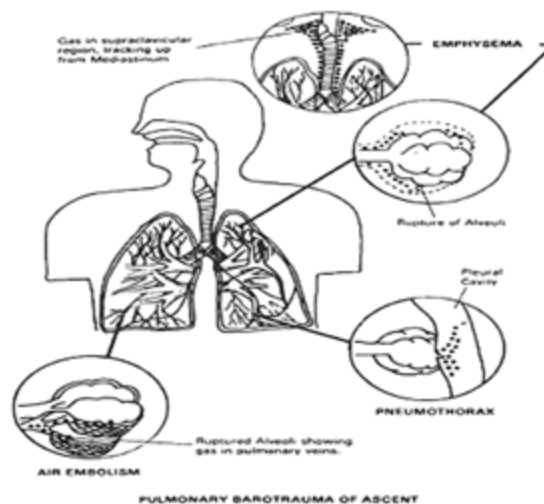
پنوموتوراکس (گاز در حفره قفسه سینه)

Air embolism (gas bubbles in the blood)

آمبولی هوا (حبابهای گاز در خون)

Pulmonary Barotrauma of Ascent

باروترومای ریوی حاصل از صعود



شکل ۱۱.۲

علائم بالینی گوناگون، پارگی ریه ناشی از صعود

The various clinical manifestations of a ruptured lung on ascent

Lung Tissue Injury

آسیب بافت ریه

اگر ریه‌ها بیش از حد متورم شوند، قسمت عمده بافت ریه آسیب می‌بیند و ساختار ریه به کل تخریب می‌شود. خونریزی، کبودی و تخریب کلی ریه‌ها باعث مشکلات تنفسی شدید می‌شود.

Clinical features

ویژگیهای بالینی

تنگی نفس، درد هنگام تنفس، سرفه، سرفه خونی و شوک جزء علائم اصلی می‌باشند. این علائم به سرعت باعث مرگ غواص می‌شوند.

Treatment

درمان

غواص باید مورد معاینه قرار گیرد و به محض بروز علائم باروترومای ریوی درمان شود. صرفاً بافت ریه آسیب می‌بیند و جدای از اقدامات اصلی احیا، کمکهای اولیه خاصی را نمیتوان انجام داد. (به فصل ۴۰ و ۴۲ نگاه کنید). بیمار باید اکسیژن دریافت کند و بلافاصله به بیمارستان منتقل شود.

Surgical Emphysema

آمفیزم جراحی

پاره شدن alveoli باعث می‌شود تا گاز رها شود به بافت‌های ریه برسد. هوا در امتداد بافت ریه به طرف تیغه میانی قفسه سینه^۱ در خط میانی هدایت می‌شود. از اینجا هوا به گردن انتقال می‌یابد یا در موارد حاد در اطراف کیسه قلب (کیسه پریکاردیال) و یا حتی حفره شکمی دنبال می‌شود. اگر غواص عملیات غواصی عمیق و طولانی را انجام دهد، و هنوز هم بار نیتروژنی در بافت‌هایش موجود باشد، نیتروژن در فضای هوا منتشر شده و چند ساعت بعد پخش می‌شود و با علائم زیادی بروز میکند.



وجود هوا در بافتها باعث فشار و آسیب جدی، رگهای خونی، اعصاب، حنجره، یا مری می‌شود. در موارد شدید، هوا در قلب فشرده می‌شود و باعث عملکرد بد قلب می‌شود، در اینصورت، قلب نمیتواند به کار خود ادامه دهد.

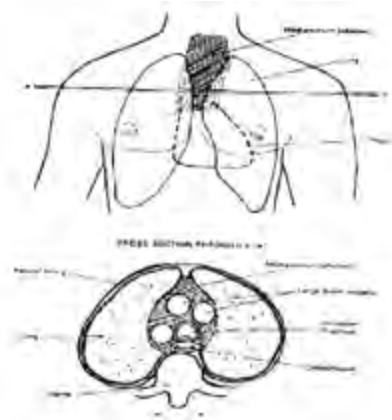
Clinical features

ویژگیهای بالینی

در صورتیکه هوا از طریق بافتها به آرامی انتقال یابد، زمان زیادی صرف می‌شود تا علائم ظاهر شود. هوا ممکن است در تیغه میانی و اطراف قلب باعث درد قفسه سینه و تنگی نفس شود. هوا در گلو باعث تغییرات صدا، (صدایی که آهنگ «tinny» یا «brassy» را ایجاد میکند) تنگی نفس و/یا مشکلات بلع می‌شود.

حس ترق و تروق^۱ در زیر پوست اطراف گردن و به خصوص درست بالای تیغه های استخوانی (فضای فوق ترقوه) احساس می‌شود.

هوا مثل «حبابهای برنج در زیر پوست» یا «کاغذ سلوفان»، با فشار زیر دست احساس می‌شود. غواص ممکن است از احساس پُری در گلو شکایت کند.



شکل ۱۱.۳

برش طولی، عرضی (تیغه میانی وسط سینه)^۲ را در شکل مشاهده می‌کند تیغه در عمق قفسه سینه میان ریه و بالای قلب قرار دارد و محل ارتباط آن را با بافتهای گردن میتوان دید.

Treatment غواص

درمان

باید مورد معاینه قرار گیرد و به محض بروز علائم باروترومای ریوی درمان شود. آمفییزم ریوی فقط به اکسیژن درمانی صد در صد پاسخ می‌دهد. جراحی یک شیب نفوذی را برای نیتروژن به وجود می‌آورد که در این صورت حبابهای هوا را حذف میکند.

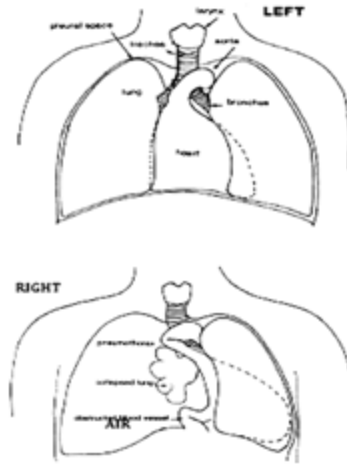
crackling	۱
mediastinum	۲

اگر درمان صورت نگیرد، بیماری به کُندی برطرف خواهد شد، اما بهبودی و درمان آن ممکن است روزهای زیادی به تأخیر افتد. جراحی آمفیزم را درمان می کند و مانع بشریت آن می گردد و اتاق فشار گذاری باعث کوچک شدن حبابها می گردد. اگر هوا تنفس شود، نیتروژن بیشتری در بافتها منتشر می شود، و آمفیزم جراحی حتی بدتر از زمانی است که غواص decompressed می شود.

پنوموتوروراکس

^۱Pneumothorax

اگر ریه از سطح خارجی اش پاره شود، هوا به فضای ^۲Pleural (پرده جنب بین ریه و دیواره قفسه سینه) میرسد. خاصیت ارتجاعی ریه باعث می شود که مثل بالون ترکیده فرو ریزد و بافت ریه درون حفره قفسه سینه با کیسه هوایی جایگزین شود.



شکل ۱۱،۴

تصویر بالا قفسه سینه طبیعی (همانطور که در اشعه ایکس دیده می شود) است و در زیر پنوموتوروراکس، با مچاله شدن ریه راست مشاهده می شود. هنگامیکه کیسه هوایی در سمت راست با صعود بیشتر منبسط شود، قلب و سازه های خط میانی را به سمت چپ قفسه سینه هل می دهد. گاهی اوقات، یک سوپاپ مغفید باعث می شود که هوا از راههای هوایی به قفسه سینه عبور کند اما از بازگشت آن جلوگیری میکند. چون هوا بیشتر و بیشتر جمع می شود، فشار در حفره قفسه سینه بالا می رود و به جلوی قفسه سینه (از جمله قلب و ریه ها) در جهت مخالف فشار وارد می کند. به این عمل پنوموتوروراکس^۳ فشاری گویند و اثر آن بر روی عملکرد قلب فاجعه آمیز است، اگر هوا آزاد نشود به سرعت فرد را میکشد.

^۱- Pneumothorax = وجود هوای یا گاز در فضای پلور که میتواند به صورت خودبه خود (Spontaneous P) و یا ناشی از تروما یا روند پاتولوژیک بوده و یا عمداً ایجاد شده باشد. (atypical P).

^۲- پرده جنب = Pleural space = غشای سروزی در ریه (risceral P) و پوشاننده جدارهای داخلی قفسه سینه (Parietal P). این دو لایه یک فضای مجازی بین خود دارد که حفره پلور نامیده می شود. دو پلور راست و چپ کاملاً از یکدیگر مجزا هستند.

^۳ Tension pneumothorax

اگر پارگی ریه ر عمق رخ دهد، حین صعود هوا در حفره قفسه سینه گسترش مییابد (قانون بویل) و باعث پنوموتوراکس فشاری می‌شود. خونریزی ممکن است در پنوموتوراکس رخ دهد و به haemo-Pneumothorax منجر شود.

Clinical features

ویژگیهای بالینی

پنوموتوراکس معمولاً با درد قفسه سینه همراه است و اغلب با تنفس و خیم تر شده، باعث تنگی نفس می‌شود. تنفس سریع شده و ضربان قلب را افزایش می‌دهد. هنگامیکه دیافراگم به سمت روبه‌رو تحت فشار قرار گیرد، با پنوموتوراکس تنشی روبه‌رو می‌شود و نای با خارج شدن از جای خود احساس می‌شود. تنفس بیمار به طور فزاینده‌ای کوتاه می‌شود و بیمار دچار «سیانوز»^۱ و شوک می‌شود. هنگامیکه فشار خون افت میکند نبض به سختی احساس می‌شود. در موارد حاد ترکیدن ریه، پس از رسیدن غواص به سطح علائم پنوموتوراکس ظاهر می‌شود، اما در موارد خفیف‌تر، علائم پنوموتوراکس ممکن است برای ساعتها به تأخیر افتد. علائم با سرفه همراه است یا در هنگام قرار گرفتن در ارتفاع ظاهر می‌شود بعنوان مثال (دامنه کوه، سفر در هواپیما، غواصی بیشتر)



شکل ۱۱.۵

تصویر اشعه ایکس از قفسه سینه غواص پس از درد و ناراحتی ناشی از باروترومای ریوی صعود (در ریه راست پنوموتوراکس سمت راست). حفره قفسه سینه سمت راست «سیاه» به نظر میرسد زیرا با هوا پر شده است و فروریختگی ریه (سفید) در نزدیک خط میانی مبهم دیده می‌شود.

Treatment

درمان

پنوموتوراکس به فوریت پزشکی نیاز دارد. وسعت و پارگی ریه، به تشخیص بالینی نیاز دارد و با اشعه X قفسه سینه نشان داده می‌شود. در پنوموتوراکس شدید، با قرار دادن لوله داخل حریم هوایی جنب (Pleural) و اتصال آن به دریچه یک طرفه مانند شیر Heimlich یا لوله مخصوص تخلیه ترشحات زخم در زیر آب درمان می‌شود. این فرایند

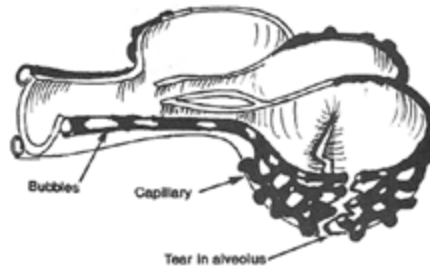
باعث می‌شود هوا از پنوموتورواکس خارج شود اما مانع بازگشت آن است. قرار دادن لوله‌ها در قفسه سینه معمولاً فراتر از توانایی پرسنل ناکارآموده است چون ساختارهای مهمی مثل قلب وجود دارد که در عمل آسیب می‌بینند. معمولاً پس از چند ساعت یا چند روز، پارگی ریه بهبود می‌یابد و ریه مجدداً متورم می‌شود. پنوموتورواکس خفیف (کمتر از ۲۵ درصد پارگی ریه) با تنفس اکسیژن ۱۰۰ درصد درمان می‌شود.

(تنش پنوموتورواکس^۱) یک مورد اورژانس پزشکی است. فشار در پنوموتورواکس باید با قرار دادن یک سوزن و یا لوله از طریق دیواره قفسه سینه به پنوموتورواکس برطرف شود. اگر غواص از وجود پنوموتورواکس آگاه شود، او میتواند پزشک معالجش را در جریان این علائم قرار دهد تا پزشک متخصص او را درمان کند، در صورتیکه علائم بیماری در فرد ظاهر شود. پزشک ممکن است با قرار دادن یک سوزن درون فضای بین دنده‌ای «خط میانی استخوان ترقوه»، و یا فضای بین دنده‌ای ۶ و ۵ واقع در خط میانی زیر بغل هوا را آزاد سازد. هر دو مورد دارای عوارض نهفته هستند.

آمبولی هوا

Air Embolism

هنگامیکه پارگی ریه اتفاق می‌افتد، پارگی در دیواره‌های alveoli (و مویرگهای آن) باعث می‌شود که هوا وارد گردش خون شود. هوای فشرده به سمت چپ قلب هدایت می‌شود که از آنجا به کل بدن وارد می‌شود، و از طریق گردش خون شریانی پمپ می‌شود.



شکل ۶.۱۱

نمودار alveolus پاره شده و عروق مویرگی باروترومای ریوی حاصل از صعود. حبابهای هوا (آمبولی) وارد سیاهرگها «وریدها» می‌شود و از طریق خون به دهلیز چپ قلب باز می‌گردند. حبابهای هوا رگهای خونی را در اندامهای حیاتی مانند قلب و مغز مسدود ساخته و به این اندامها آسیب میرساند و به اختلال عملکرد این اندامها، از کارافتادگی جدی و یا مرگ منجر می‌شود.

ویژگیهای بالینی

Clinical features

ظهور علائم ناگهانی، معمولاً بلافاصله یا در عرض ۱۰ دقیقه پس از رسیدن غواص به سطح صورت می‌گیرد. حبابهای هوا در مغز ساکن می‌شوند و ممکن است باعث از دست رفتن هوشیاری، تعادل و یا گیجی شوند و الگوی

علائم شبیه به یک «سکته مغزی» است. به این عمل، آمبولی گاز شریانی مغزی یا CAGE¹ گویند. غالباً علائمی در بخشهایی زیر مشاهده می‌شود.

اختلالات حسی مانند بی‌حسی یا سوزن سوزن شدن

disturbances of sensation such as numbness or tingling

اختلالات حرکت از جمله فلج یا ضعف

disturbances of movement including paralysis or weakness

اختلالات بینایی

disturbances of vision

اختلالات گفتاری

disturbances of speech

اختلال در تعادل یا هماهنگی

disturbances of balance or co-ordination

اختلال در عملکرد فکری

disturbances of intellectual function

محل سکونت حبابهای هوا در عروق کرونر است که با خون به قلب میرسد، و علائم آن شبیه به علائم حمله قلبی است، این علائم شامل درد قفسه سینه، تنگی نفس و تپش قلب میباشد.

قرار گرفتن حبابهای هوا در گردش خون باعث سفید شدن پوست یا رنگ متمایل به ارغوانی^۲ می‌شود.

اگر یک غواص، بعد از غواصی در عمق به سطح آب برسد و اختلالات عملکرد مغزی در او ایجاد شود، احتمال دارد که او دچار افزایش فشار مغز شده باشد.

نباید بلافاصله بین آمبولی هوا و بیماری فشار مغزی تمایز قائل شویم، در حال حاضر، هر دو مورد، بیماری رفع فشار حاد نام گرفته است.

خوشبختانه درمان اولیه برای هر دو مورد مشابه است.

Treatment

درمان

آمبولی هوا باعث انسداد رگهای اصلی خون می‌شود، انسداد توسط حبابهای هوا صورت می‌گیرد و آمبولی خطر هیپوکسی را ایجاد میکند. درمان Recompression در یک محفظه اندازه حبابها را کاهش می‌دهد و این امر باعث می‌شود تا آنها درون مویرگهای کوچکتر جریان پیدا کنند.

در نهایت، حبابها به سیستم وریدی منتقل می‌شوند، و در ریه به دام می‌افتند و چنانچه نیتروژن خون حذف شود حذف حبابها نیز صورت می‌گیرد. (اگر نیتروژن جذب شود حبابها نیز حذف می‌شوند)

غواصانی که پس از صعود آزاد یا در آموزش فرار از زیردریایی دچار آمبولی هوا می‌شوند، در همان نزدیکی یک اتاق recompression در دسترس میباشد، و بلافاصله آنها recompressed می‌شوند تا حبابهای هوا از اندازه اصلی

1 cerebral arterial gas embolism

2 marbling

خود کوچکتر شوند و به همین خاطر آسیب مغزی کاهش مییابد. عمق انتخاب شده به شدت بیماری بستگی دارد. اکسیژن فشار بالا برای کاهش حباب تجویز می‌شود. در غیر اینصورت فرد را باید بلافاصله به اتاق recompression منتقل کرد.

برخی اختلاف نظرها در مورد بهترین راه برای وضعیت بیمار وجود دارد. باید از غواصانی استفاده شود که تعلیم دیده باشند و بتوانند بیمار را در ۳۰ درجه پایین‌تر از افق خودش قرار دهند تا روند افزایش حبابها را دور از مغز نگه دارند. این عمل باعث مشکلاتی در روند احیا و حمل و نقل می‌شود، با این حال، افزایش فشار وریدی در سر، (التهاب مغز^۱) را بدتر میکند که با صدمهٔ بدنی همراه است. این روش دیگر توصیه نمیشود.

یک راه معقولانه این است که بیمار به صورت افقی، به پهلو خوابانده شود بدون اینکه زیر سر او بالش قرار گیرد (از لحاظ تئوری سمت چپ بهتر است اما خیلی مهم نیست).

در این روش، سر کمی پایین‌تر از قلب نگه داشته می‌شود. بیمار احتمالاً بیهوش یا خواب‌آلود است و این موقعیت، برای باز شدن راه هوایی او نیز عملی است. غالباً بیهوشی را موقعیت (کما^۲) گویند. بیمار اجازهٔ نشستن و ایستادن را ندارد. برخی از گزارشات حاکی از وخیم شدن وضعیت غواص است که پس از نشستن او گاهی بعد از وقوع باروتروما رخ می‌دهد.

وضعیت وخیم او ممکن است به دلیل افزایش حبابهای درون مغز باشد. بیمار باید اکسیژن ۱۰۰ درصد را تنفس بکند. پس از یک ساعت تنفس ۱۰۰٪ اکسیژن، موقعیت او تثبیت می‌شود و در یک وضعیت بهتری قرار میگیرد. اگر بیمار بیهوش است قبل از هر چیزی، سه اقدام زیر باید صورت گیرد، باز کردن راه هوایی، تنفس و گردش خون (اقدامات احیا پایه ای A-B-C گویند).

اگر عوارض بیماری ظاهر شود عوارض دیگر ترکیدگی ریه، مانند Pneumothorax و یا آمفیژم، باید بلافاصله بررسی و درمان شود. درمان قطعی معالجهٔ recompression در اتاق مجهز به خوبی صورت میگیرد. انتقال فوری بیمار امری ضروری است تا صدمات مغزی یا صدمات وارده به دیگر اندامها به حداقل برسد. متأسفانه، حتی در بهترین امکانات، بهبود کامل همیشه امکان‌پذیر نیست.

عوامل مستعدکننده (پارگی ریه)

Predisposing Factors

حبس نفس

Breath-holding

این ممکن است به دلیل عدم آگاهی صحیح وحشت، نادانی، فراموشی و یا اسپاسم حنجره بعد از استنشاق آب باشد. (یک غواص ممکن است به این نکات توجه نداشته باشد). اولین قانون این است که هر غواص مشتاق Scuba باید یاد بگیرد که هوا را در طول صعود خارج سازد (حبابهای ضربه‌ای). در حین صعود حبس نفس میتواند به انبساط بیش از حد ریه‌ها و پارگی آنها منجر شود.

۱ Oedema مغزی

۲ Coma Position

به دام افتادن هوا**Air trapping**

هر چیزی که مانع خروج همه بخشهای هوای ریه یا قسمتی از آن شود به راحتی میتواند به باروتروما ریوی منجر شود. عوامل متعددی وجود دارند که به دام افتادن هوا کمک میکنند. انسداد برونش^۱ مکرراً به شکل آسم، برونشیت حاد و مزمن، عفونت دستگاه تنفسی پدیدار می‌شود. این انسداد ممکن است هوا را به ریه وارد سازد و از خروج آن جلوگیری کند، مثل شیر توپی عمل می‌کند.

بیماریهای دیگری که میتواند باعث این مسئله شود شامل موارد زیر است: سل (T.B)، تومورهای ریه، غدد Calcified، کیست در ریه یا آمفیژم. سیگار کشیدن زیاد ممکن است موجب انسداد plug مخاط شود.

اختلالات انطباق ریه**Disorders of lung compliance**

تطابق ریه، اندازه‌گیری توانایی کشش ریه است. در تحقیقات باروترومای ریوی غواصان نیروی دریایی مورد بررسی قرار گرفت. این مقاله راجع به افرادی بود که به درستی در حین صعود، عمل بازدم را انجام داده و قبلاً از لحاظ سلامت پزشکی تأیید شده بودند. مطالعات مربوط به تطابق ریه این غواصان نشان داد که ریه‌هایشان از حالت طبیعی خارج شده است «Stiff»، زمانیکه ریه‌هایشان بیش از حد منبسط شود، بنابراین آنها بیشتر در معرض ابتلا به پارگی ریه قرار میگیرند.

زخم یا التهاب ریه غواصان، ممکن است کاهش موضعی انطباق ریه را به دنبال داشته باشد که این امر شاید باعث کم شدن نیروها و پارگی در این ناحیه شود.

Fibrosis این ناحیه ممکن است بعد از امراض ریوی عفونی مانند التهاب سارکوئیدوز، سل، آبه ریه ظاهر شود. در غواصی حبس نفس^۲، پارگی ریه گهگاه دیده می‌شود. این غواصان پنوموتوراکس و آمفیژم mediastinal را در طول نگهداری نفس در غواصی تجربه می‌کنند- و پارگی ریه اتفاق می‌افتد هنگامیکه غواص نفس بسیار بزرگی را با فشار تنفسی بیش از حد نگه میدارد. در تحقیق نشان داده شد که این غواصان ریه‌های نسبتاً کوچک و حفره قفسه سینه نسبتاً بزرگی دارند. گسترش کامل حفره قفسه سینه در این غواصان به گسترش بیش از حد ریه‌ها و پس از آن به پارگی ریه منجر می‌شود.

صعود سریع**Rapid ascent**

اگر هر یک از راه‌های هوایی تا حدی مسدود شوند مانع جریان هوا می‌شوند و ورود و خروج آن را محدود می‌سازند. این فرآیند با تغییرات زیاد حجم ریه همراه است که در طی صعود سریع رخ می‌دهد. این خطر را می‌توان با رعایت سرعت صعود کندتر از ۹ متر یا ۳۰ فوت در هر دقیقه کاهش داد که براساس آن جدیدترین جداول کاهش فشار طراحی شده است.

1 bronchi

2 breath-hold

سرعت صعود آرام (۹ متر یا ۳۰ فوت/ دقیقه، یا آهسته‌تر)، و از دفترچه راهنمای غواصی به شدت توسط نویسندگان تأکید شده است. این سرعت صعود نیز ممکن است خطر جدی ابتلا به بیماری کاهش فشار را کاهش دهد. بنابراین مدت زمان غواصی باید کاهش یابد.



شکل ۱۱.۷

Emergency ascents

صعودهای اضطراری

کمبود ناگهانی تغذیه گاز، به ویژه در اعماق نسبتاً زیاد رخ می‌دهد، و این زنگ خطری برای غواص است حتی در مواقعی که او بسیار امیدوار غواصی میکند. صعود اضطراری پس از آن، اغلب با صعود سریع انجام می‌پذیرد. حبس نفس، به دلیل اضطراب است با گسترش سریع گاز همراه می‌باشد و تا حد زیادی احتمال باروترومای ریوی را افزایش می‌دهد.

Free ascent training

آموزش صعود آزاد

(“or “Emergency swimming ascent training)

(یا آموزش صعود اضطراری شنا)

«صعود آزاد» مانوری است که در آن غواص، از طریق تجهیزات هوای فشرده تنفس میکند و نفس خود را نگه میدارد و سپس در هنگام بازگشت به سطح بدون تنفس بیشتر از تجهیزات غواصی استفاده می‌کند. به طور طبیعی، او باید نفس خود را بیرون دهد تا گاز منبسط شده تمام شود- اما او هنوز هم ممکن است با مشکلات زیادی در طی صعود مواجه شود.

اکثر غواصان، از عواقب ترس حبس نفس آگاه هستند و به بیرون دادن بیش از حد نفس تمایل دارند و آنها ممکن است قبل از رسیدن به سطح از تنفس خسته شوند.

در بسیاری از آموزش‌های صعود آزاد نیروی دریایی، باروترومای ریوی، سندروم استنشاق آب نمک و نزدیک به غرق‌شدگی دیده می‌شود، در این تمرینات بروز خطرات بسیار شایع است. بنابراین یک اتاق recompression و پزشک متخصص غواصی باید بلافاصله نزدیک محل تمرین صعود قابل دسترس باشد. شاید به این خاطر که آنها ارزش کمتری دارند و نباید به غیرنظامیان همان استانداردها را تحمیل کنیم. مگر در مواردی که به دقت تحت نظارت قرار گیرند، به خصوص در اعماق بیشتر سرعت صعود معمولاً بیش از حد است، چونکه غواص میدانند فقط یک ریه پر از هوا دارد و باید خود را تا رسیدن به نزدیک سطح حفظ کند. هنگامیکه هوای فشرده را در عمق ۲۰ متری تنفس میکند، درواقع، او معادل ۳ ریه پر از هوا دارد. سرعت بیش از حد صعود، علت گسترش سریع گاز

می‌باشد و اگر راههای هوایی تا حدی مسدود شود این عمل میتواند تا حدی خطرناک باشد. این روش آموزش غیر مرسوم برای آمادگی غواصان است تا آنها بتوانند با وضعیت خروج هوا در طول روز مقابله کنند قبل از اینکه مقیاس سنج، تجهیزات هشت پا و تغذیه فوری هوا، مرسوم شود. متأسفانه مرگومیرهای ناشی از این روش، این تمرین را قابل تردید ساخته است. بعلاوه، گرایش غواصان به تنفس بیش از حد قبل از شروع صعود، سبب شده که این روش خطرناکتر شود و به هیچ وجه شبیه به وضعیت اصلی ریه (خارج از هوا) نباشد، در آنجا فقدان هوا معمولاً پس از بازدم تشخیص داده می‌شود. به این ترتیب، ریه در وضعیت واقعی «خارج از هوا» به طور کامل متورم نمیشود. این وضعیت واقعی، معمولاً بدون هیچگونه قابلیت در تنفس رخ می‌دهد، احتمالاً این وضعیت مطمئن‌ترین راه موجود است.

فرار از زیردریایی

Submarine escape

رهایی از زیردریایی غرق شده معمولاً مستلزم صعود آزاد و سریع است که به کمک شناور انجام می‌شود. این تکنیک توسط بسیار، از ناوگانهای دریایی از عمق ۳۰-۲۰ متر صورت می‌گیرد، به ویژه، این روش باعث شده است که امکان فرار از زیردریایی آموزش داده شود (SETF). سرعتهای صعود بسیار سریع میباشند و به‌رغم آموزش خوب و آزمایشات اولیه پزشکی، باروترومای ریوی رخ می‌دهد. تأکید بر روشهای فرار، چشم‌انداز خوش‌بینانه‌ای را از زیردریایی‌ها نشان می‌دهد چون زیردریاییها اغلب در اعماق آب به کار گرفته می‌شوند.



نیروی دریایی سلطنتی لسنگل الیا، SETF در استرالیا غربی

تنفس با همراه

buddy breathing

هنگامیکه رگلاتور (تنظیم کننده هوا) غواص، دچار نقص شود و او نتواند به آسانی تنفس را انجام دهد و تلاش ناموفقی را در buddy breathing داشته باشد، یک رگلاتور انفرادی را با دوستان به اشتراک می‌گذارد، به خصوص در میزان صعود، این روش توسط غواص انجام می‌شود و صعود آزاد را به سطح انجام می‌دهد. غواص ممکن است به استنشاق بیش از حد هوا قبل از تحویل رگلاتور تمایل داشته باشد و پس از آن نفس خود را در طی صعود نگه دارد، درحالیکه در انتظار بازگشت آن است. این شرایط، موجب باروترومای ریوی می‌شود. در

حال حاضر، بکار بردن رگلاتور هشت پا (رگلاتور یدکی با شیلنگ طولی تر) و یا سیستم دیگری از تغذیه هوا، تقریباً جهانی است، تا buddy breathing به آسانی و بی خطر انجام شود.

پیشگیری از باروترومای ریوی حاصل از صعود

Prevention of Pulmonary Barotrauma of Ascent

Medical fitness

صلاحیت پزشکی

غواصان باید به دقت غربال شوند تا اطمینان حاصل شود که آنها هیچ مشکل تنفسی ندارند و خطر ابتلا به باروترومای ریوی (آسم، فیبروز، کیست، پنوموتوراکس، عفونتها و غیره) وجود ندارد. غواصانی که ریه‌هایشان میترکد، احتمالاً در صورت زنده ماندن، بیماریشان عود میکند و سپس بیماری حادتر می‌شود- اغلب آنها با پیامدهای کشنده مواجه می‌شوند.

Diving techniques

تکنیکهای غواصی

به غواصان توصیه می‌شود تا از شرایطی اجتناب کنند که منجر به صعود اضطراری آزاد می‌شود. چنین شرایطی عبارتند از: عمق بیشتر، کاهش تغذیه هوا، overweighting و یا شناوری بیش از حد در آب. استفاده و نگهداری خوب تجهیزات غواصی با کیفیت عالی مثل (رگلاتور)، (فشارسنج^۱)، دستگاه تقطیر و منبع اضطراری هوا^۲ (برای اجتناب از نیاز به (buddy breathing) از اقدامات ضروری میباشد که به طور مشترک باید بین غواصان انجام شود.

هنگامیکه صعود نسبتاً جزئی در عمق کم آب صورت میگیرد، این مسئله برای غواصان Scuba حائز اهمیت است که به طور عادی همه دقت، نفس خود را نگه دارند، مادامیکه غواص نفسی خود را حبس کند عملکرد او باعث می‌شود تا فشار بیش از حدی (اتساع) به ریه‌هایش وارد شود و دچار باروتروما ریوی شود. تغییرات تنفس^۳ (کنترل یا کاهش) خطرناک است، به دلیل اینکه مدت زمانی تنفس را افزایش می‌دهد حبس نفس رخ داده است.

باروترومای ریوی، یک عارضه شایع در آموزش صعود آزاد است (همچنین آموزش «صعود اضطراری شنا» نامیده می‌شود). نتیجه این طبقه بندی «فرار^۴) و (بهبود^۵)» drill نامیده می‌شود.

هنگامیکه غواص پس از فرار از چرخ‌دنده خود در پایین آب، به سطح بازمیگردد، در آنجا او صعود آزادی را انجام داده است. بزرگترین تغییرات حجم با توجه به قانون بویل در نزدیکی سطح انجام می‌شود به طوریکه صعود آزاد حتی در عمق کم آب بی خطر نیست.

مفهوم آموزش غواصان تازه‌کار در «صعود آزاد» روش مورد بحث است. بدیهی است که صعود آزاد برای تمام

Contents gauge	۱
Octopus rig	۲
Skip	۳
ditch	۴
recovery	۵

غواصان مطلوب است تا به قوانین ایمنی «صعود آزاد» در صورت نقص تجهیزات آشنا شوند. با این حال، اگر غواص پس از صعود آزاد دچار آمبولی جدی هوا شود، احتمالاً می‌میرد، مگر اینکه اتاق recompression با یک پزشک متخصص غواصی در محل موجود باشد. در آموزش غواصی تفریحی این تسهیلات به ندرت دیده می‌شود. حتی چند دقیقه تأخیر در سازماندهی recompression، تأثیر منفی قابل توجهی روی پیامد درمان دارد. مطالعات انجام شده بر روی کارآموزان فرار، از زیردریایی در سوئد، میزان بروز تقریباً ۴ درصد از تغییرات (نوار مغز) EEG را در این غواصان نشان داده است و به این نکته اشاره دارد که صدمه به مغز، احتمالاً ناشی از آمبولی جزئی هوا می‌باشد. مطالعات صعود آزاد توسط کارآموزان نیروی دریایی ایالات متحده، بروز باروتروما ریوی یک در ۳۰۰۰ را نشان داده است.

وضعیت بدون هوا (OOA) و کمبود هوا (LOA)

Out of Air (OOA) and Low of Air (LOA) Situation

همه غواصان Scuba باید با حداقل ATA ۵۰ هوا در سطح باقی بمانند. در غیر این صورت، عملکرد غواص به ارزیابی مجدد نیاز دارد. بسیاری از مشکلات OOA به علت عدم تطابق با این قاعده است.

بدون تغذیه هوا، هیپوکسی ظاهر می‌شود. هر بهانه‌ای برای اتمام هوا در زیر آب خطرناک است. متناوباً، شکست در رسیدن به سطح، به طور ثابت خطرناک است. بنابراین غواص باید یک روش برنامه‌ریزی شده‌ای «نجات» داشته باشد و این روش به صورت OOA بکار برده می‌شود تا غواص به سطح برسد.

در صعود شنای OOA تلاش زیادی صورت می‌گیرد، و غواص بیشتر با خطر بی‌هوشی مواجه است، بی‌هوشی ناشی از هیپوکسی وحشت و دی‌اکسیدکربن می‌باشد.

از دیدگاه غواص OOA، این روشی است که می‌تواند دنبال شود و به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- اولین نشانه مشکل تغذیه هوا، علامت دادن به دوستان است.
- اگر غواص دور شود، آیا به دنبال او نمی‌گردید، مگر اینکه او بسیار نزدیک باشد و یا او بین شما و سطح قرار گرفته باشد. هر تلاش غیر ضروری شما را از تغذیه هوای محدود باز می‌دارد.
- ۲- صعود کنترل شده در سطح را آغاز کنید.
- ۳- مگر در فضای سربسته (لاشه کشتی، غار و غیره)، کمربند وزنی را رها ساخته- یا قلاب آن را باز کرده و آن را دور از بدن خود نگه دارید، به طوریکه در هنگام مشکلات زیاد، آن را به طور اتوماتیک وار خارج سازید.
- ۴- اگر همکار شما برای ارائه تغذیه هوا، با علامت به شما اشاره کند، در صورت وجود رگلاتور جداگانه رگلاتور خراب را جابه‌جا کرده و پیشنهاد او را بپذیرید. مگر اینکه شما در buddy breathing به خوبی آموزش دیده و مکرراً عملیات نجات را تمرین کرده باشید، وگرنه، این تمرین معمولاً با ارزش نیست درحالیکه به صعود مبادرت می‌کنید و رگلاتور منفردی را به اشتراک می‌گذارید.
- ۵- اگر تغذیه هوای ثانویه از طریق تجهیزات خودتان یا از رفقای تان موجود نباشد، بنابراین رگلاتور دهان‌تان را رها سازید، در آن صورت ممکن است هوای بیشتری موجود باشد به دلیل اینکه فشار محیط با صعود کاهش می‌یابد. بعلاوه، ممکن است احتمال آسپیراسیون آب نمک کاهش یابد.

۶- لازم است که بسته به نوع تجهیزات خود، جبران کننده شناوری (BC) را باد کنید اما این عمل نه به خاطر احتیاط بلکه به دلیل عرضه نامناسب هوا انجام می‌شود.

تورم BC زمان زیادی را در عمق می‌گیرد و همچنین می‌تواند در صعود سریع دیده شود در نتیجه با صعود، BC گسترش می‌یابد. با آزادسازی وزنه اعتماد بیشتر و شناوری پایدار ایجاد می‌شود.

۷- در وضعیت OOA زمان کمی وجود دارد- اما زمان کافی است اگر وقت تلف نشود. گفتگو در زیر آب مشکل و غیر ضروری است به ویژه باید اطمینان حاصل شود که غواص از حالت داروی مخدر نجات یافته است، و آیا تغذیه هوای او جبران می‌شود یا خیر.

تماس با هر فرد و ارزیابی وضعیت، افراد در رأس امور است. در بعضی شرایط لازم است یک صعود سریع انجام شود زیرا احتمال خطر بیماری کاهش فشار و باروتروما وجود دارد، به این خاطر باید از غرق‌شدگی حتمی جلوگیری شود.

اگر OOA به طور کامل انجام شود در صورت نیاز این روش، اغلب برای آزاد ساختن کمربند وزنی و صعود سریع به سطح، و بیرون دادن هوا ارجحیت دارد.

از نقطه نظر رفقا، محتاطانه است که:

۱- یک منبع ثانویه هوا را به غواص OOA برسانید. این کار معمولاً از طریق رگلاتور هشت‌پا و یا یک منبع جایگزین هوا انجام می‌شود. در وضعیت هراس، با دادن رگلاتور خودتان به غواص این کار را انجام دهید، زیرا این چیزی است که او بدست می‌آورد، چرا که رگلاتور را می‌بیند و عملکرد آن را میداند، و به شما می‌توانید تا یکی از رگلاتورهای کمکی را استفاده کنید.

۲- صعود غواص OOA را کنترل کنید، این امر به او کمک میکند تا خود را از کمربند وزنی رها سازد. ترجیح داده می‌شود که کمربند وزنی خودتان را رها نسازید چرا که ممکن است برای نزول بعدی ضروری باشد. در این صورت دوستان شما هم‌اکنون آماده OOA هستند، این شرایط برای او لازم نخواهد بود در صورت لزوم برای بدست آوردن شناوری مناسب، گاهی اوقات لازم است تا کمربند وزنی خود را جدا سازید.

۳- هنگامیکه شما در رسیدن به سطح، ایمنی را حفظ میکنید همان ایمنی را برای غواص OOA در نظر میگیرید. چنانچه، او هوشیاری‌اش را از CAGA¹ از دست بدهد، چند دقیقه بعد او غرق می‌شود، هنگامی که شما در سطح هستید BC او با inflator button یا orally متورم می‌شود. این روش، خاصیت شناوری او را تضمین میکند و از اضطراب او میکاهد.

PULMONARY BAROTRAUMA OF DESCENT LUNG SQUEEZE

باروترومای ریوی حاصل از نزول

فشرده‌گی ریه

خطر جزئی باروتروما ریوی حین نزول و صعود وجود دارد و این یک مکانیزم متفاوتی را ایجاد می‌سازد. یک غواص در هنگام نزول و در طی غواصی نفس خود را در سینه حبس میکند و هوا را در قفسه سینه خود و ریه‌هایش نگه میدارد، برطبق قانون بویل آن را به تدریج باید خارج سازد. هنگامی که فشرده سازی گاز طولانی نباشد و یا کاهش

بیشتر در حجم ریه اصلاح شده باشد، در نهایت حجم ریه وسعت مییابد و در عوض آن با پُرخونی رگهای خونی ریه‌ها جبران می‌شود. رگهای خونی ریه، برای متورم شدن توانایی محدودی دارند، انتظار می‌رود تا پاره شوند و از این حد فراتر روند و باعث خون‌ریزی ریوی شوند. هنگامیکه از تجهیزات و لباس استاندارد در نزول سریع استفاده شود، یا اُفت فشار گاز سطح تقاضا در غیاب شیر کارآمد بدون بازگشت انجام شود، این عمل موجب باروترومای ریوی حاصل از نزول می‌شود.

هرگاه از سطح عرضه هوا استفاده شود از نظر تئوری باروترومای ریوی رخ می‌دهد: به عنوان مثال در لباس استاندارد، تغذیه سطح از یک کمپرسور با مخازن هوای فشرده، یا پمپاژ تغذیه صورت گیرد. احتمالاً این وضعیت به دلیل حبس نفس حین غواصی است، اما موارد کمتری راجع به این بیماری گزارش شده است و مستندات ضعیفی در مورد آنها وجود دارد.



شکل ۹. ۱۱