فصل هفت

تکنیک غواصی

اختلالات استرس، وحشت و خستگی

STRESS DISORDERS, PANIC & FATIGUE

غواصی فنی Occuptional Diving

اکثر غواصان تفریحی اسکوبا scuba ، از هوای فشردهٔ داخلی سیلندر تکی استفاده میکنند، که با یک رگلاتور تک شیلنگ همراه است و آن را در عمق ۳۰ تا ۴۰ متری استفاده میکنند، و از قرار گرفتن در مرحلهٔ ایست تقلیل فشار اجتناب میکنند، (هر چند به طور معمول عمقِ بیش از ۱۲ متر برای غواصی مکان مطمئنی نیست و ایمنی به خطر می‌افتد.

غواصی فنی، اصطلاحی است که برای غواصی گسترده‌تر استفاده می‌شود و آنرا توصیف می‌کند، که تنها در مدار باز یا هوای فشرده مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از غواصی فنی انجام عملیات مختلف مدت زمان زیاد یا عمق زیاد آن است.

ساده‌ترین روش، استفاده از گازهای مختلف در سیلندر scuba است. سپس گازهای مختلف در چند سیلندر استفاده می‌شوند. و گاز کمتر از بین برود، تجهیزات تنفسی پیچیده می‌توانند به آن اضافه شوند.

تجهیزات پیچیده، دارای مزایایی می‌باشند، اما با خطرات زیادی همراه هستند.

فعالیت غواصی فنی، پیچیده‌تر و خطرناکتر از غواصی تفریحی است و به تجهیزات گران قیمت و آموزش وسیع نیاز دارد- به این دلیل، که آن در صنعت غواصی به کار برده می‌شود.

بسیاری از حوادث غواصی و مرگ‌ومیرهای مربوط به آن، در غواصی تفریحی scuba رخ می‌دهد، که به خاطر بیماری تقلیل فشار decompression نمی‌باشد. درواقع علل عمدهٔ آن عبارت‌اند از: محیط اقیانوس، پاسخهای استرس‌زا روی فرد، نقص تجهیزات با استفادهٔ نادرست از آنها است،

تکنیکهای غواصی فنی کم نمیشوند و اغلب این خطرات را افزایش میدهند. پیچیدگی و تازگی (نوظهور بودن) غواصی فنی بسیاری از غواصان ثابت قدم را جذب کرده است، که اساساً مردان جذب این نوع از غواصی می‌شوند. احتمالاً عنصر خطر و avant guarde و نوع ترکیب فعالیت، یک چالش کُشنده‌ای را نشان می‌دهد، و تجارب غواصی

و هیجان را گسترش می‌دهد. روشها و عملکردهایی را به کار میبرد که باعث کاهش ایمنی می‌شود، اما معمولاً با اعتماد به نفس کامل در مهارتها و تجهیزاتش، به این نوع غواصی می‌پردازد.
تعداد قابل شماری از کارشناسان رده بالای غواصی فنی، بر اثر انجام این فعالیت فوت کرده‌اند و مرگ آنها باعث شده است که بسیاری از جوانان و غواصان بی‌تجربه در این زمینه احتیاط کنند.

تعریف

1. DIVE PROTOCOLS, PROFILES and GAS MIXTURES
2. EQUIPMENT COMPLEXITY
3. PHYSIOLOGICAL ASSUMPTION
   — EAD / 0_2 / $C0_2$ / INERT GAS TRANSFER
4. ENVIRONMENTS
5. ACCIDENT & RESCUE IMPLICATIONS

شکل ۱-۷

۱- استفاده از گازهای دیگر نسبت به هوای فشرده
به عنوان مثال: اکسیژن
(هوای غنی شده از اکسیژن)[1]
(هلیم و اکسیژن)[2](هلیم، نیتروژن و اکسیژن)[3]
۲- غواصی decompression
۳- عمق غواصی (بیشتر از ۴۰ متر)
۴- تجهیزات احیا

غواصی فنی به غواصی در عمق زیاد اشاره میکند، زیرا که غواصان تفریحی scuba در عمقِ مجاز شنا میکنند. غواصی فنی شامل تمدید مدت زمان غواصی در هر عمق، و خود عمق (بیش از ۳۰ تا ۴۰ متر) است، در این نوع غواصی، مخلوط گاز تغییر مییابد تا مورد استفادهٔ غواص قرار گیرد، یا انواع مختلفِ تجهیزات غواصی بکار گرفته می‌شود.
زمانیکه در مورد غواصی فنی بحث می‌شود، این مسئله حائز اهمیت است که غواص بتواند تشخیص دهد خطرات از چه نوعی میباشند، چرا که در یکی از موارد بالا، مفهوم خطرِ نسبی از خطر کم یا خطر زیاد متفاوت است (در مقایسه با غواصی تفریحی)، از جمله تجهیزات rebreathing (تنفس دوباره) غواصان در غواصیهای decompression و غواصی عمیق، تنها از هوای فشرده استفاده میکنند، درحالیکه هوای فشرده خطرات زیادی را به دنبال دارد و تقریباً در فصلهای قبلی مورد بحث قرار گرفته است.

1 NITROX
2 HELIOX
3 TRIMIX

هنگامیکه مخلوط گاز از هوای معمولی منحرف شود سایر خطرات غواصی افزایش مییابد و با پیچیدگی تجهیزات این خطرات نمایان می‌شود.

درصورتیکه غواصان به جای هوا در سیلندر scuba، از ۳۲٪ اکسیژن و ۶۸٪ نیتروژن استفاده کنند، که حداکثر عمق ۴۰ متر و مشخصات متعارف هوا بدون نیاز به تقلیل فشار decompression باشد آنها نسبت به غواصی تفریحی scuba، خطرات کمتری را متحمل می‌شوند.

غواصی فنی

1. DIVE PROTOCOLS, PROFILES and GAS MIXTURES
2. EQUIPMENT COMPLEXITY
3. PHYSIOLOGICAL ASSUMPTION
   — EAD / O_2 / CO_2 / INERT GAS TRANSFER
4. ENVIRONMENTS
5. ACCIDENT & RESCUE IMPLICATIONS

شکل ۲-۷

۱- پروتکلهای غواصی، نمودارها و مخلوط گازها

۲- پیچیدگی وسایل و تجهیزات

۳- فرضیه فیزیولوژیکی

- انتقال گازهای بی‌اثر EAD / O_2 / CO_2

۴- محیط

۵- پیامدهای حوادث و نجات

۱- پروتکلهای غواصی، مشخصات و مخلوط گازها

غواص از لحاظ علمی تلاش میکند تا مخلوط گاز ایده‌آل را برای صعود و نزول (ترکیبات گاز در سفر دریایی) انتخاب کند یعنی مخلوط پایینی از گاز نیتروژن و مرحله‌بندی ایست تقلیل فشار decompression (معمولاً اکسیژن یا مخلوط زیاد اکسیژن).

ساده‌ترین شکل غواصی فنی این است که غواص بتواند ترکیبی از ۳۲٪ یا ۴۰٪ اکسیژن (O_2) را درون نیتروژن تنفس کند. با افزایش اکسیژن، نیتروژن کمتری در گاز وجود دارد. این بدان معناست که لزومی ندارد که ایست تقلیل فشار decompression وجود داشته باشد (و حالت خواب‌آلودگی و بیحسی گاز نیتروژن کمتر رخ می‌دهد).

در این نوع غواصی خطر مسمومیت با گاز اکسیژن باید توسط غواص مدنظر قرار گرفته شود.

استفاده از مخلوط گاز غنی شدهٔ اکسیژن، محدودیت‌هایی را برای غواص حرفه‌ای در منطقه کم‌عمق ایجاد می‌سازد

که این مخلوط را میتوان با گاز فشردهٔ منطقه عمیق مقایسه کرد. یکسری از مخلوط گاز در سیلندرهای جداگانه با تقلیلِ درصدی از اکسیژن باعث می‌شود که غواص فنی به منطقه عمیق‌تر آب دست یابد. جایگزینی هلیم (He) به جای N_2 یا جانشینی آن به جای Heliox (He/O_2) یا Trimix ($N_2/He/O_2$) باعث می‌شود که غواص فنی بیشتر نزول کند، درحالیکه از بیحالی و بیحسی نیتروژن اجتناب می‌شود یا مقدار آن کاهش می‌یابد. در طی صعود، تغییراتِ مخلوط گاز، تا نزدیک شدن به سطح معکوس می‌شود و این وضعیت زمانی رخ می‌دهد که درصد زیادتری از اکسیژن تنفس شود و حذف گاز خنثی (He یا N_2) سریعتر صورت گیرد.

در عین حال، با استفاده از تجهیزاتِ مدار باز و چندین گاز مخلوط، غواصیِ در عمق بیش از ۱۰۰ متر به راحتی انجام می‌شود.

استفاده از تجهیزات rebreathing تنفس دوباره خطرات بالقوه را فوق‌العاده افزایش می‌دهد، درحالیکه تلاشهای زیادی برای کنترل و نظارت بر گازهای استنشاقی و ایست تقلیل فشار decompression مورد نیاز صورت میگیرد.

۲- پیچیدگی وسایل و تجهیزات

غواصی فنی شامل، تجهیزات پیچیده‌تر است که از آن برای تولید، تهیه و تحویل گازهای مختلف تنفسی به غیر از هوا استفاده می‌شود. با افزایش پیچیدگی تجهیزات، احتمال خطای انسانی در تمام این ۳ مرحله وجود دارد. جابه‌جا کردن مخلوط گازهای تنفسی با درصد زیادتری از اکسیژن طبیعی به معنای خطر بیشتر آتشسوزی و انفجار است. مخلوط گاز ممکن است به شکل (نرمال) با مخلوط اکسیژن یا نیتروژن در هوا سازگار نباشد و گرمای تولید شده حین فشرده سازی[۱] باید مناسب باشد. اگرچه خطر آتش‌سوزی و انفجار امری شایع نیست، اما انفجار مربوط به درصد بالای اکسیژن بسیار مُخرب است.

مشکلات و اشتباهات زیادی با استفاده از گازهای مختلف و تجهیزات پیچیده ایجاد می‌شود.

- مخلوط کردن، برچسب‌گذاری و حمل و نقل گاز
- جابه‌جایی آن در محل غواصی
- تجزیه تحلیل گازها و تأئید این که آنها برای غواصی مناسب هستند.
- انتخاب گازهای مناسب حین غواصی
- گازهای مختلف به سیلندرهای مختلف به اضافهٔ اتصالات گوناگون نیاز دارند: یعنی اتصالات چندراهه (manifolds)، حلقه‌های O، مقیاسسنج، لوله‌های فشار بالا، و اغلب تنظیم کننده‌های جداگانه هستند.

به دلیل افزایش پیچیدگی تجهیزات، به کارگیری مخلوط چند گاز و افزایش امکانات پشتیبانی، هزینه‌های اولیه بسیار سنگینی برای راه‌اندازی، تعمیر و نگهداری این تجهیزات وجود دارد.

۳- مفروضات فیزیولوژیکی

---

۱ «compression»

در مورد برخی از مفروضات فیزیولوژیکی، شک و تردید نسبتاً زیادی وجود دارد، فرضیاتی که بر پایهٔ غواصی فنی پی‌ریزی شده است. این ادعا وجود دارد که محاسبهٔ فرمولِ عمق هوا (EAD)[۱] را می‌توان برای تعیین نفوذ گوناگون مخلوط گاز بر روی غواص بکار برد، و این فرمول برای هر دو بیماری یعنی بیحالی و بیحسی ناشی از گاز نیتروژن و بیماری تقلیل فشار decompression (DCS) استفاده شده است. درحقیقت، هیچ شاهد خوبی وجود ندارد که مفهوم کاملاً دقیق EAD را نشان دهد. تمرین غواصی در نیروی دریایی به شدت کنترل شده و اطمینان‌بخش است و بر این امر دلالت دارد که مفهوم EAD یک فرضیهٔ معتبر تقریبی است.

غواصان با استفاده از جدول EAD، مخلوطِ فشردهٔ N_2/O_2 را به‌کار میبرند. این فرمول محاسبهٔ واقعی فشار جزئی N_2 برای غواصی است و از این فرمول، عمقِ غواصی هوا محاسبه می‌شود که همان فشار N_2 است. بنابراین، از فشار هوای غواص کاسته می‌شود گواینکه او غواصی هوا را در عمق محاسبه شده، EAD انجام داده است.

بنابراین، غواص ۴۰ درصد اکسیژن را در عمق ۳۰ متری (N_2 از ۴ATA=۲.۴ATA از ۶۰٪) تنفس میکند که EAD عمق ۲۰ متر را داراست (N_2 از ۳ATA=۲.۴ATA از ۸۰٪). بنابراین، پس از این غواصی، decompression غواص ما مثل این این است که او در عمق ۲۰ متر هوا غواصی کرده است.

غواصی که از گاز اکسیژن غنی شده است، برای غواصی در همان عمق یا همان مدت زمان، کمتر در معرض خطر بیماری decompression (DCS) و حالت بیحسی و خواب‌آلودگی ناشی از گاز N_2 قرار می‌گیرد و نسبت به غواص تنفس کنندهٔ هوا، بیشتر در معرض خطر سمیت اکسیژن قرار دارد.

مفاهیم فیزیولوژیکی مختلفی دربارهٔ تنفس اکسیژن در فشارهای مختلف جزئی وجود دارد.

با توجه به فعل و انفعالات فیزیولوژیکی متعدد گازها، اطلاعات واقعی اندکی موجود می باشد. سرعت انتقال گازهای بی‌اثر بینِ گازهای تنفسی در ریه‌ها، بافتهای بدن و فشارهای گاز (از جمله فشار حبابها) متفاوت است، یعنی هر دو مورد: گاز و عمق.

بنابراین، انتخاب مخلوط متفاوت گاز وجود دارد که به احتمال زیاد انتقال گازهای بی‌اثر را در بسیاری جهات تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین فرمول پیچیده‌تر را میتوان از فرمول ساده استنباط کرد. حتی با وجود اطلاعات گسترده در خصوص غواصی هوا در عمق ۴۰ متری، بسیاری از حوادث بیماری تقلیل فشار decompression غیرقابل توصیف است.

افزایش تخیلات از عمق زیاد و طول مدت غواصی، مخلوط چند گاز، و مدل‌سازی کامپیوتری، باعث عدم اطمینان در غواصی فنی است. غواصان فنی باید از منبع و اعتبار برنامه‌های decompression سؤال کنند و آنها تشویق می‌شوند تا از این برنامه‌ها استفاده کنند. برخی از آنها برنامهٔ خود را تغییر داده‌اند تا بروز بیماری DCS را کاهش دهند. عدم کنترل آزمایشات باعث شده است که بین مُروجین پروتکلهای decompression در شرکت داروسازی مقیاسهای انجام شود و بازاریابی دارو بدون آزمایش آن صورت گیرد و سپس انتظار میرود که مصرف کنندگان، مقدار صحیح تجویز دارو را تعیین کنند.

---

۱ End Air Demand

۴- محیط

هدف اصلیِ غواصی فنی، گسترش محیطهایی است که غواصی در آنجا انجام می‌شود. غواصی فنی معمولاً با افزایش خطرات مربوط به چنین محیطهایی همراه است. با جایگزینی گاز هلیم در غواصی عمیق، حالت بیحسی و خواب‌آلودگی ناشی از گاز نیتروژن N_2 کاهش می‌یابد. سایر مشکلات با غواصی عمیق وخیم‌تر می‌شود.

نه تنها عمق و طولِ مدت غواصی میتواند تمدید شود بلکه محیط واقعی غواصی نیز می‌تواند گسترش یابد. به این خاطر است که بسیاری از غواصان نجات کشتی غرق شده wreck و غواصان Cave (غار) این فعالیت را پذیرفته‌اند.

۵- حوادث و پیامدهای نجات

بنابر دلایل بالا، غواص اغلب با پوشیدن مقدار زیادی از تجهیزات پیچیده غواصی حاوی مخلوط گاز، دچار گیجی و سردرگمی می‌شود، (به خصوص هنگامیکه مشکلات حین غواصی ایجاد شود. به احتمال زیاد، مشکلات مربوط به تجهیزات پیچیده‌تر می‌شود. این مشکلات عبارت‌اند از: شناوری و قرار گرفتن در معرض خطرات. هنگامیکه مرز بین عمق «امن» و عمق سمیت اکسیژن بسیار کم شود، کنترل عمق به نظم و انظباط و مهارت بیشتری نیاز دارد. به خاطر تجهیزات مختلف و گازها، و توسعهٔ محیط‌ها، باید اقداماتی برای مدیریت حوادث و نجات صورت گیرد تا مشکلات خاص برطرف شود- مثل اِشکال در حذف دندهٔ سنگین و دست و پاگیر.

با متنوع شدنِ سیستم معمولی Scuba ، قیمتهای مختلفی برای پرداخت آن در نظر گرفته می‌شود، و احتمال اصلاح کمکهای اولیه و روشهای درمانی وجود دارد.

فشار اکسیژن

1. CNS AND RESP. TOXICITY
2. EFFECT ON RECOMPRESSION THERAPY
3. ? NITROGEN NARCOSIS & DCS
4. MIXING & HANDLING DANGER
5. HYPOXIC MIXTURES
6. CO2 BUILD UP
7. EQUIPMENT CHANGES

جدول ۳-۷

۱- مسمومیت CNS سیستم عصبی مرکزی و RESP ریوی
۲- اثر درمان با Recompression دوباره فشار گذاری
۳- بیحالی ناشی از گاز نیتروژن و DCS و بیماری تقلیل فشار
۴- مخلوط گازها و خطرات ناشی از آن
۵- مخلوطهای Hypoxic هیپوکسیک
۶- ایجاد CO_2
۷- تغییرات وسایل و تجهیزات

هنگامیکه غواصی با هوای فشرده و در محدودهٔ غواصی تفریحی صورت گیرد، نگرانی در مورد سمیت اکسیژن کمتر است. سمی شدن سیستم عصبی با اکسیژن تنفسی تقریباً غیرممکن است.

بعید است که قرار گرفتن در معرض اکسیژن، به میزان قابل توجهی درمان درباره افزایش فشار recompression را تحت تأثیر قرار دهد و ممکن است برای حوادث recompression مورد نیاز باشد. در مورد غواصی فنی، هیچ اظهار نظری وجود ندارد. این تصور ایجاد شده بود که اکسیژن، به موجب جایگزینی‌اش به جای نیتروژن، تا حدی شدت بیحالی و بیحسی ناشی از نیتروژن و بیماری تقلیل فشار decompression را کاهش می‌دهد. با اینکه احتمالاً، در تئوری، شواهد تجربی اندکی موجود است، این امر نشان می‌دهد که اکسیژن ممکن است درواقع به بهبودی حالت بیحسی و خواب‌آلودگی ناشی از گاز نیتروژن کمک کند و این احتمال وجود دارد که O_2 به بیماری DCS کمک نماید. این تئوری پیشنهاد شده اما ثابت نشده است.

مخلوط نامناسب گاز میتواند در فشار اکسیژن ایجاد شود، فشاری که بالاتر و پایین‌تر از حد در نظر گرفته شده است. بعلاوه، سطح بالاتری از اکسیژن احتمالاً با حمل و نقل دی‌اکسیدکربن خون مداخله میکند. این مطلب به دی‌اکسیدکربن و سمیت اکسیژن، حالت بیحسی و خواب‌آلودگی ناشی از گاز نیتروژن و احتمالاً بیماری تقلیل فشار decompression اشاره دارد. مخلوطی که در آن گاز اکسیژن استفاده شده است یا اکسیژن به هوا یا سایر گازها اضافه شده است زیرا میتواند خطراتی را ایجاد سازد. اکسیژن خطر آتشسوزی و انفجار را افزایش می‌دهد. برخی از غواصان مشاهده کرده‌اند که اکسیژن فساد مواد نرم را تسریع میسازد، مثل حلقه‌های O_2، و سایر موادی که در تجهیزات غواصی به کار می‌روند. همچنین آن باعث خوردگی سیلندر می‌شود و زنگ‌زدگی را تسریع می‌سازد.

هوای غنی شده از اکسیژن NITROXEANx

CONFUSION of TERMINOLOGY and JARGON ——— SPECIFY or DIE		
40/60 = 40% O2 (EUROPE) or 60% O2 (USA)		
NOAA 36% + 32% O2	–	max. 1.6 ATA O2 pressure
NURC, NC	–	max. 1.45 ATA "
SWEDEN	–	max. 1.4 ATA "
DAN (R. VANN)	–	max. 1.2 ATA "
BUT O2 TOX = ?CNS, ?RESP, ?CO2. Specify which.		
"EAD" = EQUIVALENT N_2 PRESSURE		

جدول ۴-۷

فشار $ATAO_2$ ۱/۶حداکثر – اکسیژن ٪۳۲ + ٪۳۶ NOAA

فشار $ATAO_2$ ۱/۴۵ حداکثر – NC و NURC

فشار $ATAO_2$ ۱/۴ حداکثر – سوئد

فشار $ATAO_2$ ۱/۲ حداکثر – DAN (R.VANN)

مشخص کنید کدام یک باعث مسمومیت می‌شود. O_2 ؟ = اما مسمومیت , CNS ؟ RESP ؟ . Co_2

در حال حاضر، بخش عمدهای از غواصی فنی اجرا شده است که شامل استفاده از مخلوط اکسیژن یا نیتروژن است که در آن غلظت اکسیژن بیشتر از هوای فشرده است. تحت این شرایط، بسیار حائز اهمیت است که دقیقاً مشخص کنید چه مقدار اکسیژن استفاده می‌شود.

اصطلاحاتی مثل ۶۰-۴۰ یا ۴۰-۶۰ نه تنها گیج کننده است بلکه اغلب گمراه کننده است.

در اروپا ۶۰-۴۰ به اکسیژن ۴۰٪ اشاره دارد، درحالیکه در ایالت متحده آمریکا این مفهوم بیشتر به ۴۰٪ نیتروژن اشاره میکند.

درصد واقعی اکسیژن در غواصی فنی مورد استفاده قرار میگیرد و در کشورها و مؤسسات مختلف متفاوت است اما NOAA در ایالت متحده آمریکا، ۳۲٪ اکسیژن را انتخاب کرده است و ۳۶٪ اکسیژن را به عنوان ۲ مخلوط عمده در نظر گرفته است. درصد واقعی را نباید به ۱ Nitrox یا ۲ Nitrox نسبت داد، که این امر نیز میتواند گمراه کننده باشد.

NITROX (EANx) REPLACES AIR. SAME EQUIPMENT (Same Profile as AIR DIVE). RANGE 15 – 40 metres depth.
ADVANTAGES
1. LESS DCS
2. ? LESS NITROGEN NARCOSIS
3. ? LESS POST DIVE FATIGUE
DISADVANTAGES
1. GAS MIXING PROBLEMS
2. LESS MAX DEPTH (O2 TOXICITY)
3. ? DETERIORATION OF DIVE EQUIPMENT
4. ? MORE CO2 RETENTION

جدول ۵-۷

EAN_x به هوای غنی شده (nitrox) با درصدی از اکسیژن =x اشاره دارد. بنابراین EAN_{32} به معنی ۳۲٪ اکسیژن است و به معنای ۳۲٪ نیتروژن نیست. به این اصطلاحات فنی نامأنوس تکیه نکنید. مخلوط دقیق را به طور کامل مشخص کنید.

به واسطهٔ سمیت اکسیژن، غواصی EAN_x محدودهٔ عمق امن را نشان می‌دهد و هوای این محدوده کم است. فشار اکسیژن قابل قبول از نظر مقامات مختلف متفاوت است، و در بسیاری از موارد سردرگمی بین سمیت اکسیژن سیستم عصبی (که می‌تواند تهوع، استفراغ، تشنج و غیره را ایجاد کند) و سمیت اکسیژن تنفسی به وجود میآید که تنها با قرار گرفتن در معرض اکسیژن به مدت طولانی رخ می‌دهد. بعلاوه بسیاری از فشارهای ذکر شده در متن به فشار اکسیژن اشاره دارد و در بسیاری از تجهیزات rebreathing تنفس دوباره مشاهده شده است، زمانیکه سطح دی‌اکسیدکربن اندازه‌گیری نشده و به طور قابل توجهی علت واقعی علائم است. بسیاری از کارهایی که در طول جنگ جهانی و پس از آن انجام شده است در اندازه‌گیری میزان دی‌اکسیدکربن با شکست روبه‌رو شده و در مورد حد اکسیژن بی‌خطری سؤالاتی وجود دارد. (میزان مناسب اکسیژن که باید از آن در غواصی استفاده شود و بی‌ضرر است)

NOAA نشان می‌دهد که فشار ماکزیمم اکسیژن قابل قبول ۱/۶ ATA است. مرکز ملی تحقیقات زیر آب در کارولینای شمالی ۱/۴۵ ATA را توصیه می‌کند. مقامات سوئدی ۱/۴ ATA توصیه می‌کنند و دکتر ریچارد Vann و شبکه هشدار غواصان ۱/۲ ATA را پیشنهاد کرده‌اند. مزایای غواصی EAN_x عبارت‌اند از کاهش احتمالی شیوع بیماری تقلیل فشار decompression و احتمال کاهش بیحسی و خواب‌آلودگی نیتروژن.

NITROx [EAN_x] جایگزین هوا می‌باشد. همان وسایل و تجهیزات

(همان profile بعنوان غواصی هوا). محدودهٔ ۴۰-۱۵ متر عمق

مزیتها

۱- DCS سندرم تقلیل فشار کمتر

۲- Narcosis خواب نیتروژنی کمتر است

۳- خستگی کمتر در مکان غواصی

معایب

۱- مشکلات مخلوط گاز

۲- مسمومیت با اکسیژن در عمق

۳- خراب شدن وسایل و تجهیزات غواصی

۴- حفظ و نگهداری بیشتر گاز CO_2افزایش احتمال به هیپوکسی

احتمال دارد که با استفاده از EAN_x ، مزیتهای ممکن، با معایب نسبتاً کم، تحت شرایط خاص به‌دست آید. در این نوع غواصی فنی، مخلوط Nitrox ، معمولاً ۳۲٪ یا ۳۶٪ اکسیژن، به جای هوا استفاده شود، اما تجهیزات مشابه و همان پروفیل مجاز تقلیل فشار decompression در عمق ۱۵ تا ۴۰ متری استفاده می‌شود.

سرانجام با کاهش مناسب عمق، سایر غواصان از اکسیژن ۴۰٪-۲۴ درصد استفاده می‌کنند.

ادعا شده است که تجهیزات غواصی با استفاده از مخلوط زیاد گاز اکسیژن خراب می‌شود، اما این قضیه تأئید نشده است. اعتقاد بر این است که haloflurocarbon حلقه‌های O_2 (به عنوان مثال viton) احتمالاً کمتر اکسیده می‌شوند و نقطهٔ اِشتعال بالاتری دارند، درنتیجه غواصان فنی ترجیح میدهند که از آنها استفاده کنند.

این احتمال وجود دارد، که به دلیل سطوح بالاتر اکسیژن استنشاقی، حفظ و نگهداری دی‌اکسیدکربن همزمان صورت گیرد، و مسیرهای مشترک و رقابتی برای انتقال و حمل و نقل این گازها پایه‌ریزی شود.

خطر زیاد غواصی با Nitrox High risk nitrox Diving

NITROX (EANx) REPLACES AIR – PROFILE AS FOR E.A.D.
ADVANTAGES RANGE 15 – 40 metres
1. INCREASED DURATION of NO-DECO DIVE
or LESS DECO STOPS
or GREATER DURATION/DEPTH of DIVE for SAME DECO
2. DECO VALUE – IF AIR STOPS FOLLOWED (LESS N_2)
DISADVANTAGES
1. GAS MIXING, HANDLING & CORRECT USAGE
2. MAX DEPTH LIMITED (O_2 TOXICITY)
3. ?ALTERATION OF DCS & RECOMPRESSION THERAPY
4. ? DYSBARIC OSTEONECROSIS (SLOW TISSUES AFFECTED BY LONGER DIVES)

جدول ۶-۷

Nitrox (EAN_x) جایگزین سیستمهای تهویه- مشخصات مربوط به E.A.D

مزیتها Advantages

دامنهٔ عمق ۴۰-۱۵ متری

۱- افزایش مدت زمان غواصی بدون نیاز به تقلیل فشار decompression

یا توقف کمتر DECO

یا مدت زمان بیشتر/ عمق غواصی برای همان DECO

۲- مقدار DECO - اگر هوا متوقف شود به دنبال آن (N_2 کمتر) ایجاد می‌شود

معایب Disadvantages

۱- مخلوط گاز، حمل و مصرف صحیح آن و رعایت استانداردها

۲- محدودیت حداکثر عمق (سمیت O_2) مشخص نمودن زمان و عمق غواصی در جهت کاهش مسمومیت با اکسیژن

۳- تغییرات DCS سندرم تقلیل فشار و درمان Recompression افزایش دوباره فشار

۴- DYSBARIC OSTEONECROSIS (بافتها به آرامی با غواصیهای طولانی مدت تحت تأثیر قرار میگیرد)

در این نوع غواصی (EANx)، مشخصات غواصی اصلاح می‌شود تا اکسیژن بیشتر، سطوح نیتروژن پایین‌تر منظور شود و براساسِ محاسبات EAD یا مشابه آن پایه‌ریزی شود. بنابراین، غواص مدت زمان غواصی خود را بدون decompression افزایش می‌دهد و توقف فشارِ مورد نیاز را کاهش می‌دهد یا مدت زمان غواصی و عمق غواصی را برای رفع فشار همزمان افزایش می‌دهد.

آیا این محاسبات تحتِ هر شرایطی قابل توجیه است، و هنوز هم نشان داده می‌شود.

اگر به دفعات «توقف هوا» در طول مدت decompression انجام شود، احتمالاً تنها مزیت واقعی ایمنیِ این نوع

غواصی مشخص می‌شود.

امکانِ افزایش خطر ابتلا به بیماری decompression وجود دارد که به خاطر اثرات اکسیژن است و به این اختلالات کمک میکند یا به دلیل استفاده از الگوریتمهای تست نشده در پروفیلهای تجاری nitrox decompression است. به احتمال زیاد، غواص در حال «bend» سندرم تقلیل فشار، با داشتن دوز بالاتر اکسیژن به آسیب تنفسی حین recompression درمانی کمک می‌کند البته این آسیب بیشتر از مواقعی است که او از دوستانش برای تنفس کمک می‌گیرد.

به احتمال زیاد بافتهای ضعیف‌تر تحت تأثیر قرار می‌گیرند، و این مسئله باید در طی درمان recompression پی‌درپی در نظر گرفته شود و امکان افزایش حساسیت به dysbaric osteonecrosis باید مورد توجه قرار گیرد.

ریسک زیاد (غواصی پُرخطر)، غواصی با گاز هلیم High-resk Hellium (HE) Diving

LESS DENSE, LESS SOLUBLE, FASTER DIFFUSION, HEAT CONDUCTIVITY

ADVANTAGES
1. LESS NARCOSIS – GREATER DEPTH
2. LESS BREATHING RESISTANCE – GREATER DEPTH
3. REDUCED CO2 RETENTION
4. LESS DECO (for LONGER DIVES)

DISADVANTAGES
1. DEEPER DIVING
2. MORE DECO (for SHORT DIVES)
3. HEAT LOSS (ENVIRONMENT, ? RESPIRATORY)
4. VOICE DISTORTION 5. MIXING 6. HPNS

جدول ۷-۷

کمتر متراکم، کمتر محلول، نفوذ سریع‌تر، هدایت حرارتی

مزایا Advantages

۱- حالت بیحسی و خواب‌آلودگی کمتر- عمق بیشتر

۲- مقاومت در برابر تنفس کمتر- عمق بیشتر

۳- کاهش حفظ CO_2

۴- DECO کمتر (برای غواصی‌های طولانی‌تر)

معایب Disadvantages

۱- غواصی عمیقتر

۲- DECO بیشتر (برای غواصیهای کوتاه مدت)

۳- از دست دادن حرارت

۴- اختلال صدا

۵- مخلوط گازها و تظاهرات بالینی چندگانه

۶- HPNS سندرم فشار بالای عصبی High-pressure Nervous syndrome

بدن به شکلهای مختلفی از گاز هلیم و نیتروژن استفاده می‌کند. هر دو گاز بی‌اثر هستند، اما هلیم بسیار رقیق است و نیز نسبت به نیتروژن در برخی از بافتهای بدن کمتر محلول است. با این حال، سرعت انتشار آن بسیار زیاد است و ضریب هدایت گرمایی بسیار بالایی دارد. مزیت واقعی آن در مقایسه با نیتروژن آن است که حوادث مربوط به narcosis نیتروژن را کاهش می‌دهد. برای غواصی در عمق بیش از ۳۰ تا ۴۰ متر، خطر ناشی از بیحالی ازت کاهش مییابد، هنگامیکه هلیم جایگزین نیتروژن شود. درنتیجه تمایل زیادی وجود دارد که از این گاز در غواصی‌های عمیق‌تر استفاده شود. یک عامل اضافی، کاهش مقاومت تنفسی است که به علت کاهش چگالی آن می‌باشد، شاید این گاز کمتر recompression مورد نیاز را برای غواصی‌های طولانی‌تر نیاز دارد، اما ممکن است برای غواصی‌های کوتاه‌تر نیاز به decompression بیشتری وجود داشته باشد. بسیاری از جداول هلیم و Trimix decompression نسبت به جداول هوا اعتبار کمتری دارند و در اینجا مشکل عمده در رابطه با غواصی هلیم نهفته است. مشکل پیچیده و بغرنج این است که غواصان در مناطق عمیق‌تر با گاز هلیم و Trimix غواصی میکنند به جای اینکه از هوای فشرده استفاده کنند، و به همین دلیل است که آنها در معرض تمام مسائل مربوط به عمق قرار میگیرند. (به جز بیحالی ناشی از گاز نیتروژن و مقاومت در برابر تنفس). خطر سندرم تقلیل فشار DCS و barotrauma باروتروما وخیمتر می‌شود. مشکلات زیست محیطی مربوط به عمق شامل این موارد است: دید ضعیف، مشکلات مربوط به شناوری، مصرف بیش از حد گاز، عوامل استرس‌زا، افزایش مشکلات مربوط به کمک‌های اولیه، نجات و احیا.

بعلاوه، حرارت بیشتر رسانا به واسطهٔ گاز هلیم از دست میرود، گرچه در مورد از دست رفتن حرارت تنفسی سؤالاتی وجود دارد. Heliox گازی است که در تنفس سردتر حس می‌شود و در محیط هلیم حرارت با سرعت بیشتری از دست میرود. بعلاوه با افزایش عمق، از دست رفتنِ گرما بیشتر و اوضاع وخیم‌تر می‌شود.

درک امواج صدا میتواند باعث مشکلات ارتباطی شود. زیرا هلیوم بر تارهای صوتی تاثیر شدیدی دارد. در اعماق بیشتر، سندرم عصبی فشار بالا (HPNS) ایجاد می‌شود. مشکلاتی همراه با تنفس گازهای مخلوط وجود دارد، با توجه به مطالبی که در بالا ذکر شد، این مشکلات نیز با مصرف گاز هلیم به وجود میآید و با تراکم‌پذیری گاز هلیم شرایط بغرنج می‌شود، و خطر صعود با کم شدنِ فشار اکسیژن رخ می‌دهد.

مقایسه این وضعیت با شرایط غواصان صنعتی مناطق عمیق قابل ملاحظه است. این کارشناسان معمولاً به تغذیهٔ سطحی گاز، face mask ماسک صورت کامل، سیستم‌های ارتباطی، غواص آماده به کار، زنگ wet bell، اتاق recompression واقع در محل نیاز دارند.

تجربه نشان داده است که برای غواصی به این موارد نیاز است. افراد آماتور و بدون تعلیم، به این تجهیزات نیاز ندارند.

ریسک بسیار بالا، RE-BREATHING یا مجموعه گردش مدار بسته

تجهیزات تنفس دوباره Rebreathing بیش از یک قرن مورد استفاده قرار گرفته است و در بسیاری از موارد باعث مرگ و بیهوشی غواصان شده است. با وجود مکانیزم‌های الکترونیکی اخیر، مشکلات اساسی تجهیزات Rebreathing باقی می‌ماند. ارزش تجهیزات rebreathing به دلیل تولید حبابهای کمتر و بنابراین شرایط غواصی

آرام‌تر است. از این تجهیزات در عملیات مخفی نظامی و عکاسی دریایی استفاده می‌شود. بعلاوه، این تجهیزات با گاز مقرون به صرفه است، زیرا گاز از طریق تجهیزات غواصی، در مدار دوباره به جریان می‌افتد.

نقطه‌ضعف آن این است که اساساً در تمام انواع rebreathing ها، نقصِ سیستم جذب کنندهٔ دی‌اکسیدکربن وجود دارد و به طور مؤثر تحت هر شرایط غواصی کار نمی‌کند.

اوایل، قوطی‌های اشک‌آور جاذب برای حداکثر اعمال فشار نامناسب بودند. جای تعجب است که چگونه برخی تولیدکنندگان توانسته‌اند آن را اصلاح کنند و آنها را به صورت قوطیهای جاذبِ دی‌اکسیدکربن در مجموعه‌های بسیار پیشرفته بسازند. بعلاوه، همیشه جذب دی‌اکسیدکربن قابل اعتماد نیست و اغلب در راندمان کار متفاوت است و هر مجموعه‌ای از سیستم جاذب این گاز به آزمایش و تست نیاز دارد. استفاده از این جاذب برای فردِ غواص امکانپذیر نیست. حمل و ذخیرهٔ این جاذب ممکن است راندمان را پایین آورد و براساس نوع رطوبتی که ممکن است رخ دهد، جاذب درجه‌بندی خواهد شد.

هنگامیکه غواصی در آب دریا انجام می‌شود، شوری هیپرتونیک وارد سیستم می‌شود و راندمان را کاهش می‌دهد. هنگامیکه خودِ جاذب با دی‌اکسیدکربن ترکیب شود، آب را بعنوان یک محصول تولید میکند که میتواند در بهره‌وری مؤثر باشد. سیستم نگه دارنده آب در برخی از مجموعه‌ها طراحی شده است.

REBREATHERS

REBREATHERS

ADVANTAGES
SILENT, ECONOMICAL, +/- MAGNETIC

DISADVANTAGES

1. CO2 TOXICITY
2. DILUTION HYPOXIA, HYPEROXIA
3. CAUSTIC COCKTAIL
4. INITIAL and MAINTENANCE EXPENSE

OXYGEN RE-BREATHERS :
DEPTH LIMIT 8 – 9metres

CONSTANT FLOW, O2 = FLOW vs. ENERGY

OXYGEN MONITORS = FAILURE. DCS?

جدول ۶-۷

مزایا Adventages

صامت و بی‌صدا، اقتصادی، +/- با خاصیت مغناطیسی

معایب Disadvantages

۱- سمیت CO_2

۲- حلال رقیق کننده هیپوکسی، استنشاقی

۳- مواد سوزانندهٔ کوکتل

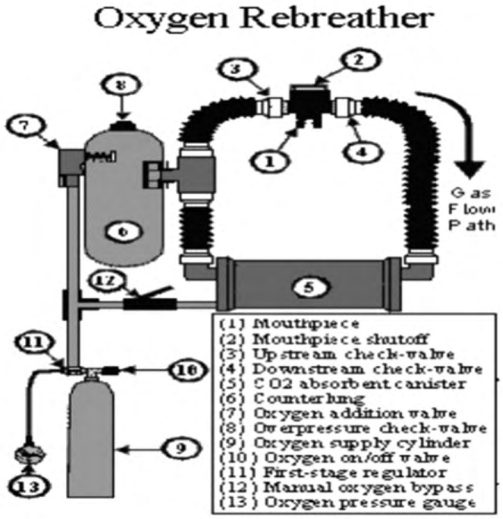
۴- هزینه اولیه و نگهداری

Re-BREATHER های اکسیژندار

محدودیت عمق ۹-۸ متر

جریان ثابت، O_2 = جریان در مقابل انرژی

مانیتور اکسیژن = نقص و عیب باعث DCS می شود.



شکل ۱-۷

جاذب دی‌اکسیدکربن باید به درستی در قوطی گاز اشک‌آور بسته‌بندی شود. اینکار به مهارت و آموزش نیزا دارد. چگالی (تراکم) جاذب CO_2 راندمان را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

بعلاوه، حرارت پایین‌تر، بازده و راندمانِ جاذب را کاهش می‌دهد. برخی از جاذبها ممکن است دوباره بسته‌بندی شوند. اغلبِ قوطیهای جاذب به خوبی در شرایط الکتریکی مناسب کار میکنند اما زمانیکه فشار اِعمال شود، قوطی جاذب درنهایت دچار نقص خواهد شد، به خصوص اگر به دفعات از آن استفاده شود.

ادعای تولیدکنندگان راجع به مدت زمانِ اَمن جذب دی‌اکسیدکربن در تجهیزات غواصی معمولاً بسیار خوشبینانه است و در جاییکه غواص تحت فشار شدید قرار دارد، در شرایط اضطراری نمی‌توان آن را بکار بُرد (مثل زمانیکه شنا برخلاف جریان آب صورت گیرد، یا تلاش برای عملیات نجات با دو همکار انجام شود- حتی برای نجات در سطح آب)

هنگامیکه آب به مجموعهٔ rebreathing برسد، ممکن است برخی مواد قلیایی را از جاذب جمع‌آوری کند و به دهان غواص وارد شده و درنهایت به ریه‌های او برسد و این مسئله بسیار ناخوشایند است که به آن کوکتل مواد سوزاننده گویند.

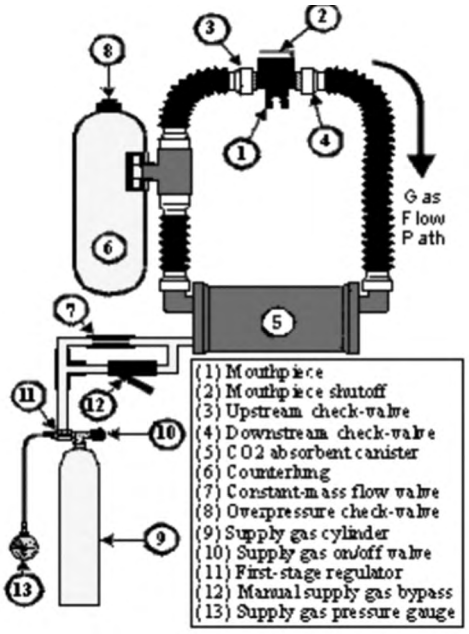
مجموعه rebreathing می‌تواند باعث رقیق شدنِ اکسیژن تنفسی و هیپوکسی شود چون معمولاً با روش نادرست بکار می رود و در «پاکسازی مجموعه» cleaning system گازهای بی‌اثر نقصی وجود دارد. هنگامیکه تغذیهٔ گاز درخواست شود، احتمال نقص مجموعه در مقایسه با مجموعه‌های جریان ثابت قدیمی‌تر بیشتر است. اگر مقدار کمی از گاز خنثی در سیلندر گاز موجود باشد این حادثه رخ می‌دهد، به خصوص تا زمانیکه مقدار قابل توجهی گاز نیتروژن با هلیم وجود داشته باشد از جمله، با nitrox ، heliox یا غواصی Trimix.

گاز خنثی ممکن است مخلوط نادرستی را به وجود آورد که باعث نشت یا انسداد جریان یا فشار ضعیفِ سیلندر شود. حتی این فرآیند می‌تواند در دستگاه اکسیژن خالص رخ دهد، به ویژه آنهاییکه از آن تغذیه می‌کنند. گاهی اوقات هیپوکسی تنها در حین صعود مورد توجه قرار خواهد گرفت.

درصد کمتر اکسیژن در عمق، ممکن است به طور خطرناکی با فشار جزئی اکسیژن پایین، نزدیک به سطح تبدیل شود.

هنگامیکه امداد و نجات مورد نیاز باشد، rebreather ها به پروتکلهای تخصصی غواصی نیاز دارند.

درست نیست که قطعهٔ دهانی حذف شود و با وسایل دیگر جایگزین شود. برای هر نوع rebreather ، غواص باید تمرینات لازم را دیده باشد. مشکلات مخلوط گاز و حمل و نقل آن، نیز به مشکلات این تجهیزات مربوط است.



شکل ۲.۴۳

تنفس دوباره در سیستم نیمه بسته Semi-closed Rebreathing system

rebreather های اکسیژنی، مجموعه‌های مداربسته هستند، و در حداکثر عمق حدود ۸ تا ۹ متر به کار برده می‌شوند، و معمولاً مُختص غواصان تخصصی نیروی دریایی میباشند. در بسیاری از موارد، آنها به مرگ و بیهوشی افراد منجر می‌شوند. گاهی اوقات عکاسان از این تجهیزات استفاده میکنند، اما آنها از این تجهیزات به طور نادرست استفاده میکنند. تمرین نجات همراه، اغلب مورد نیاز است و عکاسان دریایی، عکاس جانوران گروهی نیستند. برخی از مجموعه‌های rebreathing دارای جریان ثابت گاز Nitrox ، heliox یا Trimix می‌باشند. آنها معمولاً مجموعهٔ مدار نیمه بسته را انتخاب می‌کنند. با این مجموعه سطح اکسیژن کیسهٔ تنفسی یا لولهٔ تنفسی ممکن است با توجه به ۲ عامل عمده متفاوت باشد. اولاً، جریان اکسیژن به داخل مجموعه نفوذ می‌کند، ثانیاً مقداری از اکسیژن مجموعه از دست میرود. میزان اکسیژن تنفسی میتواند یک مقدار متغیر باشد و باید قبل از غواصی تعیین شده باشد. عوامل مربوط به تعیین اکسیژن تنفسی عبارت‌اند از:

- حجم و مخلوطی از گازهای دریافتی
- انرژی مورد استفاده در سوخت‌وساز بدن (مصرف اکسیژن)
- حجم و مخلوطی از گازهای آزاد شده به شکل حباب (به عنوان مثال با صعود)

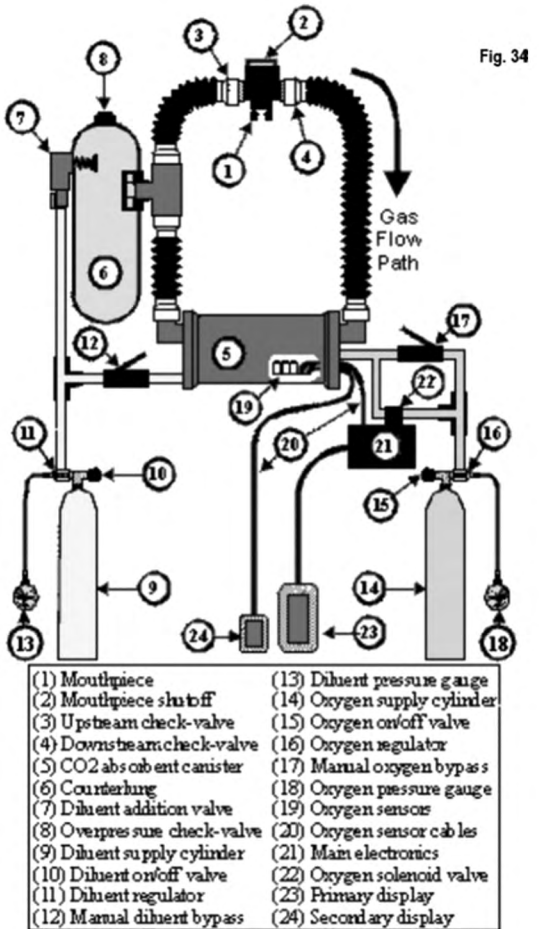
تعامل بین ورودی و خروجی اکسیژن در درصد متغیر اکسیژن بدست می‌آید و صعود یا نزول با فشار اکسیژن تعیین می‌شود. به ویژه این مجموعه باعث رقیق‌سازی هیپوکسی که ناشی از صعود است، می شود.

همانطور که هیپوکسی معمولاً بدون اخطار قبلی، باعث بیهوشی می‌شود، استفاده از تجهیزات جریان ثابت rebreathing نیز غیرعقلانی است.

به فشار سیلندر توجه دقیق داشته باشید و از جریان مناسب گاز اطمینان حاصل نمائید و قبل از صعود آن را با گاز تازه جایگزین کنید (a "flush Thru") که این امر ضروری است.

دستگاههای مدار بستهٔ گران‌تر از مجموعه های rebreathing گاز تشکیل شده است و از analyzer ها و solenoid ها برای اندازه‌گیری و کنترل فشار اکسیژن حین غواصی استفاده میکند، و سیستم پشتیبان اکسیژن یا گاز رقیق شده (نیتروژن- هلیم- مخلوط آن) را به آن اضافه می‌کند- تا اطمینان حاصل شود که فشار جزئی اکسیژن در محدودهٔ خاص باقی مانده است. این تجهیزات بسیار گران است و اغلب قابل اعتماد نیست و فقط باید افرادی از آن استفاده کنند که به آن ایمان دارند.

هر کسی که از rebreather استفاده می‌کند باید از خطر بسیار جدی بیهوشی مطلع باشد. بدون face mask کامل، این مشکل معمولاً به مرگ و غرق شدن منجر خواهد شد.



شکل۳-۷ (Rebreather مداربسته)

نتیجه گیری Conclusion

در درک مفاهیم کلی غواصی فنی، مشکلات اندکی وجود دارد، غواصی فنی از مخلوط گازهای متفاوت، و تجهیزات و مختلف استفاده میکند، گسترش وسعت آن فراتر از غواصی تفریحی است.

قوانین آن نسبتاً ساده ولی اجرای آن بسیار خطرناک است.

شاید مهم‌ترین چیز در مورد غواصی فنی این است که بپذیریم اکثریت مرگ‌ومیرهای غواصی در غواصی تفریحی رخ می‌دهد به این خاطر که وضعیت غواصان با استفاده از تجهیزات پیچیده‌تر در محیط‌های خطرناک‌تر بدتر خواهد شد.

لذا غواصی فنی، با ماهیت بسیار متفاوتش، نسبت به غواصی تفریحی معمولی، خطرات بیشتری خواهد داشت و

سایر عوامل خطرناک نیز به صورت دائمی وجود دارد. حد خطا و اشتباه در این نوع از غواصی خیلی کمتر است، و بنابراین، در غواصی فنی باید از غواصان باتجربه و بزرگ و تعلیم دیده استفاده شود. و باید به انتخاب تجهیزات، تعمیر و نگهداری و به‌کارگیری آنها، دقت نمود.

طرفداران غواصی فنی تمایل دارند که روی جنبه‌های خاص ایمنی تأکید شود، که در مقایسه با سایر موارد ذکر شدهٔ بی‌اهمیت هستند. برای غلبه بر مشکلات بالقوهٔ مربوط به تجهیزات، غواصان فنی ممکن است به وسواس دچار شوند.

آنها بر اهمیت بیماری decompression و مزایای فیزیولوژیکی اکسیژن تأکید خواهند داشت، اما ممکن است علل شایع مرگ‌ومیرهای غواصی مانند تنفس گاز، مشکلات غوطه وری، پاسخ به استرس و غیره را نادیده بگیرند. مربیان در این زمینه باتجربه، ماهر، بسیار مناسب خواهند بود و کارآفرینی اغلب غواصان با مشخصات بالا انجام می‌شود. این غواصی اتفاقی نیست. غواصان این رشته از کار خود لذت میبرند، افرادی آرام می‌باشند، آزادانه می‌جنگند، و بدون زحمت غواصی می‌کنند، بمانند.