

A I D A

International Association for the Development of Apnea

# AIDA3 进阶自由潜水员

作者 Oli Christen

中文翻译 晓蓉/陆卿/小胖儿/羊小幻/吴超

v1.04.00SC简体中文2019



# 目录

<b>章节01</b>	<b>介绍AIDA3课程</b>	<b>1</b>
	1.1 文书工作	3
<b>章节02</b>	<b>生理学</b>	<b>6</b>
	2.1 血液的组成	6
	2.2 扩散原理	9
	2.3 心血管系统	10
	2.4 超呼吸	11
<b>章节03</b>	<b>压力平衡</b>	<b>15</b>
	3.1 耳朵的生理构造	16
	3.2 鼻窦解剖图	18
	3.3 提高压力平衡技术	19
<b>章节04</b>	<b>气压伤</b>	<b>23</b>
	4.1 耳膜穿孔或撕裂	24
	4.2 中耳挤压伤	25
	4.3 逆向阻塞	26
	4.4 头套挤压	27
	4.5 鼻窦挤压	28
	4.6 避免鼻窦堵塞	29
<b>章节05</b>	<b>深度下的肺部容积</b>	<b>34</b>
	5.1 肺容积	34
	5.2 压强和RV深度	37
	5.3 肺气压伤	38
	5.4 避免肺挤压	40
<b>章节06</b>	<b>浮力</b>	<b>45</b>
	6.1 阿基米德定律	46
	6.2 中性浮力 (NB)	46
	6.3 自由落体	47

<b>章节07</b>	<b>低氧与昏迷</b>	<b>54</b>
	7.1 低氧	54
	7.2 缺血	55
	7.3 道尔顿定律	56
	7.4 浅水昏迷	57
	7.5 自由潜水中的水面间隔时间	58
<b>章节08</b>	<b>训练的概念</b>	<b>62</b>
	8.1 热身以达到最佳表现	63
	8.2 二氧化碳训练表	71
	8.3 氧气训练表	75
<b>章节09</b>	<b>哺乳动物潜水反射 (MDR)</b>	<b>77</b>
	9.1 定义和效果	78
	9.2 末端血管收缩	79
	9.3 心跳变缓	81
	9.4 脾脏效应	81
	9.5 血液转移 / 血液补偿	82
	9.6 新陈代谢减慢	84
	9.8 激发哺乳动物潜水反射 (MDR)	84
	9.8 浸泡导致的利尿	85
<b>章节10</b>	<b>自由潜水行为准则</b>	<b>87</b>
<b>附录A</b>	<b>知识点回顾</b>	<b>88</b>
<b>工作人员</b>		<b>94</b>



## 章节01

# 介绍AIDA3课程

## 介绍课程

你已在AIDA1和AIDA2课程中了解到什么是现代自由潜水。这些课程主要着重于如何安全正确地运用自由潜水技术。如果你已经完全掌握并且可以熟练运用自由潜水的这些基础技术，那么无需额外训练，当然也不用挑战个人极限，你就可以不费吹灰之力的拿到AIDA1和2的认证。

在AIDA3课程中你将更进一步，你会学习作为一个自由潜水员该如何训练以及如何在已学到的基础上有进一步的提升。你作为自由潜水员的能力将以系统的，安全的方式慢慢增强。

**自由潜水中的“数字”象征着正确良好的技术。  
绝不是靠盲目挑战自己的极限得到的。**

## 参加资格

你必须符合以下条件才能开始AIDA3课程：

- **年满18周岁以上**  
(年满16周岁需父母或监护人许可)
- **已通过AIDA2 自由潜水员课程或通过AIDA2 交叉认证考核**  
(见下)
- **填写AIDA 医疗调查表**
- **填写免责声明**

## 课程框架

在AIDA3课程中，你的教练将会进行：

- **至少三节理论课程**
- **至少两节泳池课程**
- **至少四节开放水域课程**

此手册的内容包含以上三节理论课程中的知识。但是不能完全取代面对面授课的形式：你可以和教练就每个章节结尾的知识点回顾进行讨论。另外，你必须通过三节理论课后的笔试。在完成考试后，为了查缺补漏，你的AIDA教练将会和你讨论试卷中所有回答错误的题目。这样你可以完全理解AIDA3等级的所有标准和要求。

## 1.1 文书工作

在开始AIDA课程之前，你需要向你的教练提供以下文书。AIDA可以通过这些文书来确保你适合进行自由潜水并且完全了解其风险。

### AIDA交叉认证考核

如果你有除AIDA以外其他自由潜水组织所颁发的认证，申请AIDA课程时无需从头学起。你的AIDA教练会评估你的理论知识以及泳池和开放水域中所需技术，并为你选择相应的课程等级。

如果你是一个经验丰富的自由潜水员、渔猎者或者自由潜水比赛选手，却未持有任何机构认证，只要你能通过交叉认证考核并且有能力达到相应课程的要求，你的AIDA教练可以允许你跳过初级课程。

要参加AIDA3课程，你需要达到AIDA2认证考试做要求的所有标准：

- **静态闭气（STA）：2分钟以上**
- **动态闭气有蹼（DYN）：40米以上**
- **恒定配重有蹼（CWT）：16-20米**
- **攀绳下潜（FIM）技术演示**
- **所有科目的潜伴机制和救援技术**

这些技术必须以正确的形式来展示。比如仅仅下潜16米深度是不够的，你必须有能力做到高效的鸭式入水、沿着导潜绳下潜、良好的身体姿态、正确的踢蹼技术、有效的压力平衡、安全的底部转身以及上升过程中有效地利用浮力。

你的AIDA教练会在以下课程内对你的技术和理论知识做出评估：

- 一节理论课
- 一节泳池课/平静水域
- 一节开放水域课程

此考核需要一整天或者更长时间。一旦你掌握了AIDA2课程所要求的所有技能，就可以开始AIDA3课程。如果你尚未能以正确的技术和理论知识顺利通过考核，不用担心。在考核和AIDA3课程之间，你的教练可以向你提供额外的训练课程。考核本身和附加训练都不算在AIDA3课程内。

多年来，AIDA一直使用“交叉认证参照表”来评估其他机构的认证是否可以加入AIDA教育系统中的相应级别。然而近年飞速增长的自由潜水市场使得AIDA很难评估所有现存的认证及相关资格证。因此为了保持高质量高标准，AIDA开始引入交叉认证考核。你现在依然可以在网上看到交叉认证参照表，但是请注意这个表已被此章所描述的交叉认证考核所取代。

## 医疗声明

AIDA医疗声明中列举了可能导致你无法潜水的潜在因素。和水肺潜水的问题列表相似。如果所有回答都是否定，代表你可以开始自由潜水课程。如果有任何一个回答是肯定，则需要出示一份医生书面证明。请要求医生提供指定的标准证明。诚实上报你的病史，包括以前做过的小手术以及是否发作过轻微哮喘。你的检查医生希望对你的情况有一个全面了解，以决定是否支持你可以安全的进行自由潜水。如果你即将出发去一个偏远的小岛开始AIDA课程，请确保在启程之前拿到所有必要的文件证明。医疗证明必须在课程开始时进行填写、签名，并交给你的AIDA教练。



## 免责声明（顺应当地法规）

许多国家都会要求在进行任何水下活动之前，上交一份已签署的AIDA免责声明。这份声明旨在强调只要你能够遵循教练传授的所有原则，自由潜水是一项绝对安全的活动。AIDA课程已经保持了二十多年的绝对安全教学记录。我们希望这个记录可以持续下去。签署这份免责声明代表你已了解你自己才是安全潜水的最大保障。





## 章节02

# 生理学

在最理想的状态下，一个普通人可以闭气60-80秒钟。在AIDA2课程中你已证明自己可以闭气长达2分钟甚至更久。这不是什么奇迹，而是用人类生理学的基础知识就可以解释的现象。

## 2.1 血液的组成

一个成人的血液占体重大约8%。根据体型大小有所不同，女性血液平均4-5升，男性血液平均5-6升。人体血液有以下几种功能：

- 运输气体、养分、废料、产物、激素和身体热量
- 通过提供白血球（白细胞）、抗体和血小板以防止发炎

- 通过与酸性物质和基础物质的相互作用以调节血液酸碱度（pH），以及通过在组织间运输水分以达到身体的水分平衡

血液同样能够运输氧气（O<sub>2</sub>）和二氧化碳（CO<sub>2</sub>），这两种气体在肺部和细胞间进行交换。

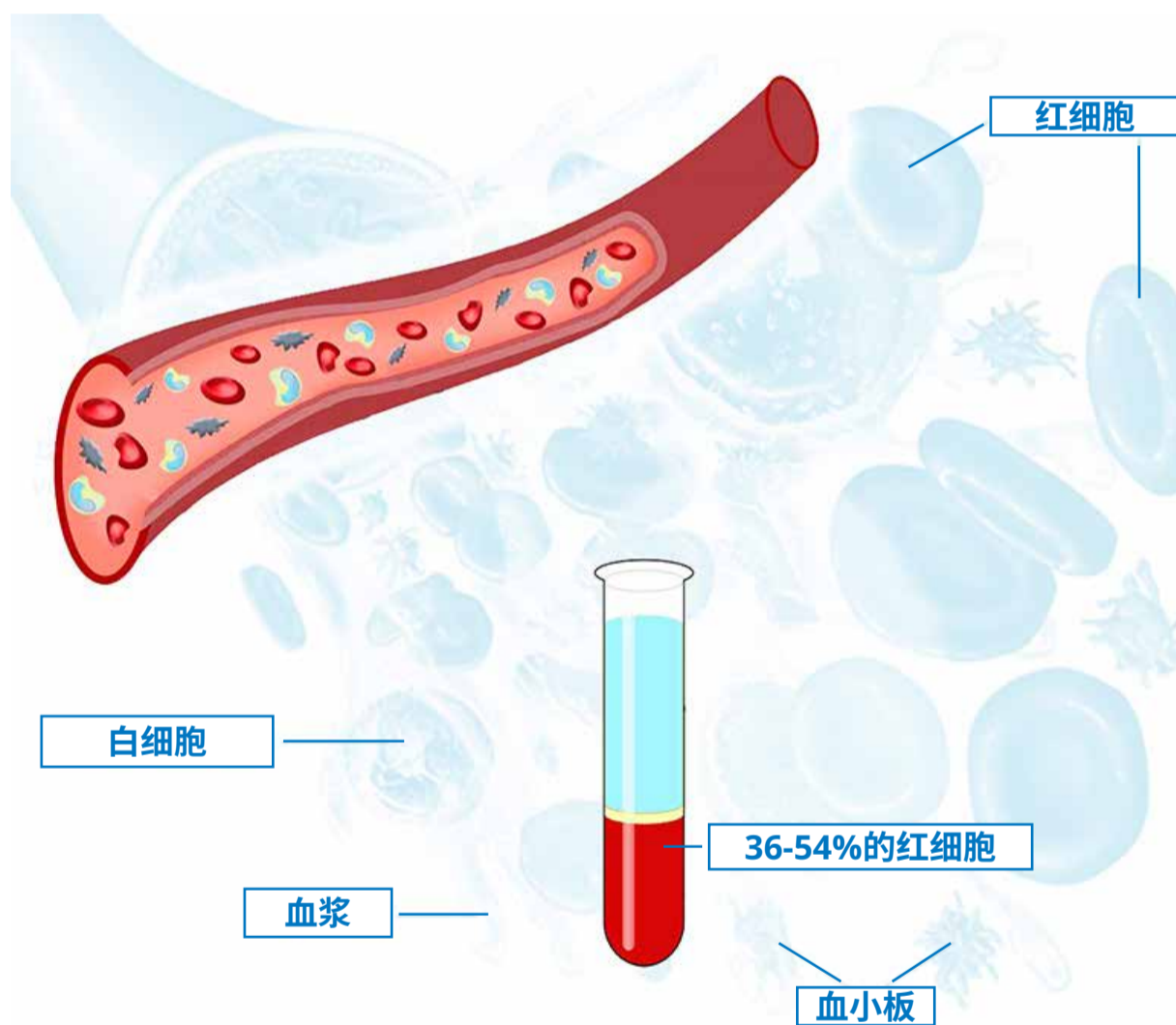


图1：血液的构成

## 构成

血液由红细胞（RBC，或者红血球）、血浆以及白细胞层组成。白细胞层包括白细胞（WBC，或者白血球）和血小板。红细胞包括一种富含铁的血红蛋白，因此颜色为红色。绝大多数由血液运输的氧气都是由血红蛋白携带的。

## 富含氧气的血液：鲜红色

富含氧气的血液呈鲜红色。每个身体健康的人的血液都是如此，并且正常呼吸时的血氧饱和度为96-99%。你可以通过一个简单易操作的血氧仪进行测试，将仪器夹住手指就可测量血氧饱和度。血氧仪通过分析皮肤反射的颜色，能够看出你的血氧是否达标。如果正常呼吸时氧气浓度在96%以下，那么你有可能已经筋疲力尽或者身体不适。无论是哪种可能，你都不应该继续闭气或者进行自由潜水。

## 缺少氧气的血液：紫色

缺少氧气的血液呈紫色。这使得我们可以通过颜色判断血液是否缺氧。脉搏血氧仪就可以精确测试。

## 紫绀

紫绀也被叫做“嘴唇发紫”。由于嘴唇的皮肤最薄，血液颜色只要发生变化就可以明显辨别。紫绀并不代表自由潜水员血液里的氧气浓度已经低至危险程度，仅仅说明氧气浓度开始下降。正常呼吸几口气就可以令浓度回到正常水平，紫绀也会消失。

由于自由潜水员本身感受不到紫绀，因此你需要由自己的潜伴做出提醒！在休闲自由潜水中，紫绀可被视为“首次警告信号”。代表你已经到达极限并且不应继续冒进。

要注意嘴唇发紫同样意味着自由潜水员的体温有少许下降（失温症）。在这种情况下，嘴唇的血管收缩会导致颜色变化，并不代表血氧出了问题。当然，如果你注意到潜伴的嘴唇发紫，仍应做出提醒。如果你的潜水伙伴的确感到寒冷，你需要安排一些类似游泳和晒太阳的热身练习，如果所有方法都不管用，应让他立刻停止潜水。不要在感到寒冷的时候继续潜水。

如果做完热身后，紫绀现象依然持续很长时间，这可能是一个身体信号，提醒自由潜水员应该去医院做检查。



## 2.2 扩散原理

空气和血液之间的气体交换发生于肺泡中，肺泡是肺部最小的单位。当吸入的气体到达肺泡，将通过毛细血管壁和肺泡离开血液并进入到毛细血管中，毛细血管壁和肺泡都只有一个细胞那么厚。由于细胞壁非常薄，气体可以遵循扩散原理，双向穿过这些薄膜-从空气到血液以及从血液到空气。

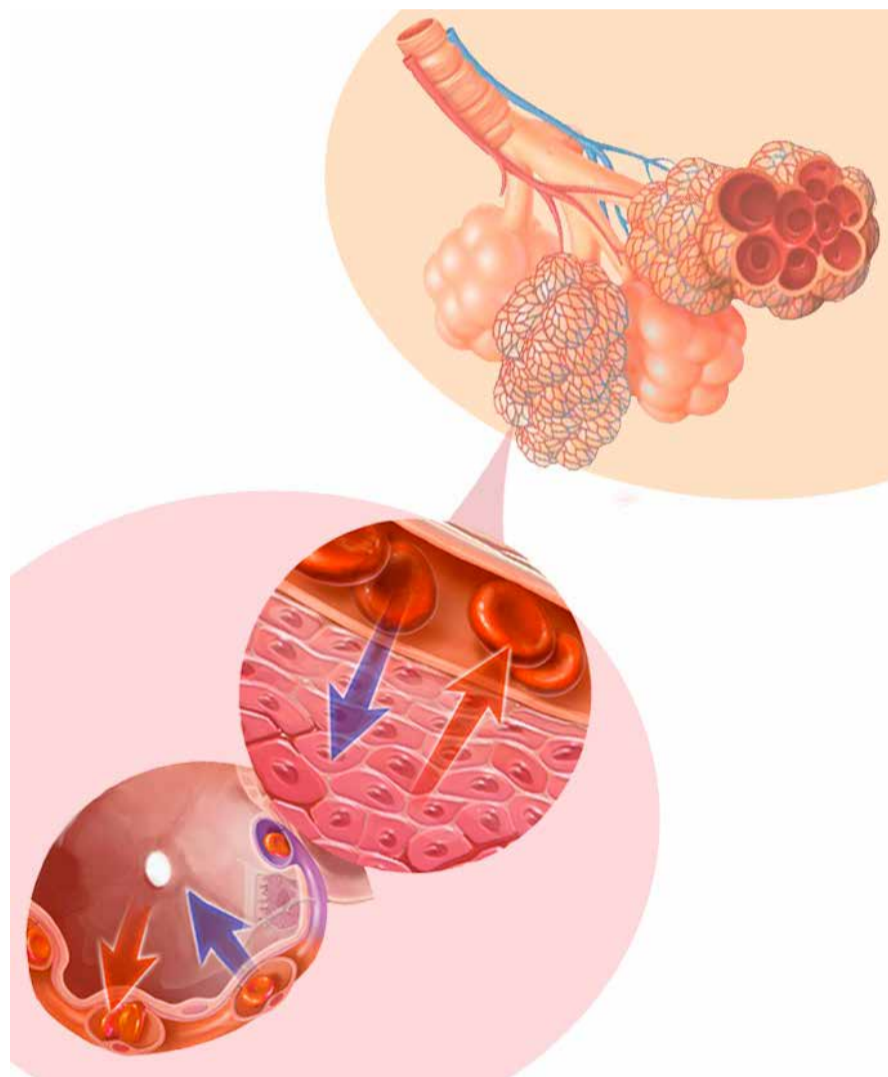


图2：肺泡和毛细血管壁，气体交换

### 定义

扩散是气体从高浓度区域迁移到低浓度区域的自然趋势。

### 梯度

气体扩散速度取决于梯度差：扩散梯度差是两个区域浓度相差的数值。数值越大，梯度差越高，扩散速度就越快。

## 氧气&二氧化碳

在自由潜水的语境里，我们主要关注肺泡中气体交换的两个成分：氧气（ $O_2$ ）从肺泡新吸入的空气中扩散至肺泡周围的血液，以及二氧化碳（ $CO_2$ ）从肺泡周围的血液扩散至肺泡中的空气里。

## 2.3 心血管系统

心血管系统是涉及到全身血液循环和淋巴循环的所有器官组织的总和。用来向所有大脑活动、所有器官、所有肌肉以及其他组织运输所需氧气。细胞新陈代谢的副产品为二氧化碳。

**动脉**：将血液从心脏运输到各个器官的血管。一般来说动脉中的血液富含氧气（富氧），仅含有很少的二氧化碳（低二氧化碳）。

**静脉**：将血液带回心脏的血管。一般来说静脉中的血液仅含有很少的氧气（低氧），富含二氧化碳（富二氧化碳）。

**个例**：肺动脉携带低氧血液由心脏出发流向肺部，肺静脉则携带高氧血液由肺部出发回到心脏。

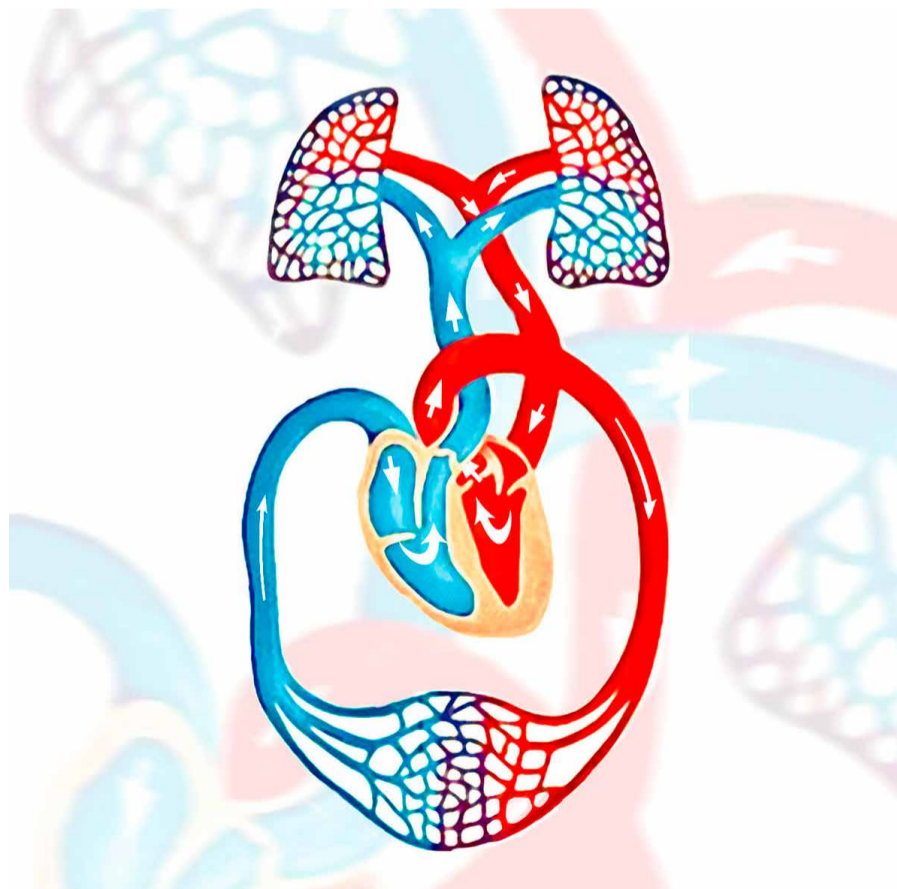


图3：心血管系统和血液颜色

## 氧气在心血管系统中的“旅程”

我们现在已经了解到氧气和二氧化碳在身体中的全部路程信息。现在想象有一些氧分子在你面前徘徊，接下来你将要吸入它们。旅程开始于此。

1. 吸入的空气含有氧气（见AIDA2教材中的呼吸系统章节）
2. 氧气扩散进入血液中（气体交换）
3. 大部分氧气与血红蛋白键合
4. 氧气通过肺静脉从肺部出发流向心脏
5. 富含氧气的血液通过心血管系统流向各个组织（例如右手肌肉）
6. 组织吸收氧气并且放出二氧化碳，大部分二氧化碳溶于血浆
7. 富含二氧化碳的血液通过心血管系统循环回到心脏
8. 富含二氧化碳（低氧）的血液通过肺动脉流向肺部
9. 二氧化碳在肺泡中扩散进入空气
10. 呼出富含二氧化碳的空气

## 2.4 超呼吸

由于血液中的二氧化碳浓度决定身体“闭气的状态”，低二氧化碳浓度会因为推迟警告信号而导致低氧昏迷。

### 减少供给大脑的血液流量

由于通向大脑的血管收缩（脑血管收缩），低二氧化碳（低碳酸血）会减少供给大脑的血液流量。这会降低对大脑的供氧量。低碳酸血导致的脑血管收缩最极端的情况下，自由潜水员仍在水面呼吸时可能就会发生昏迷。

### 超呼吸降低闭气能力

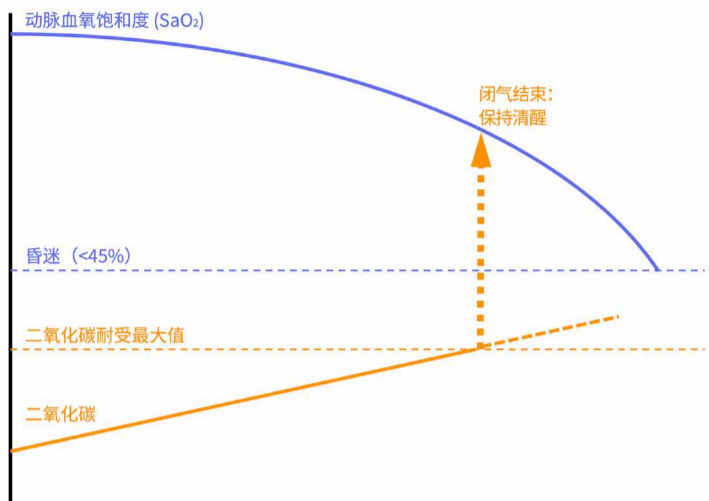
闭气时节省氧气的机制被称为（见第九章）“哺乳动物潜水反射



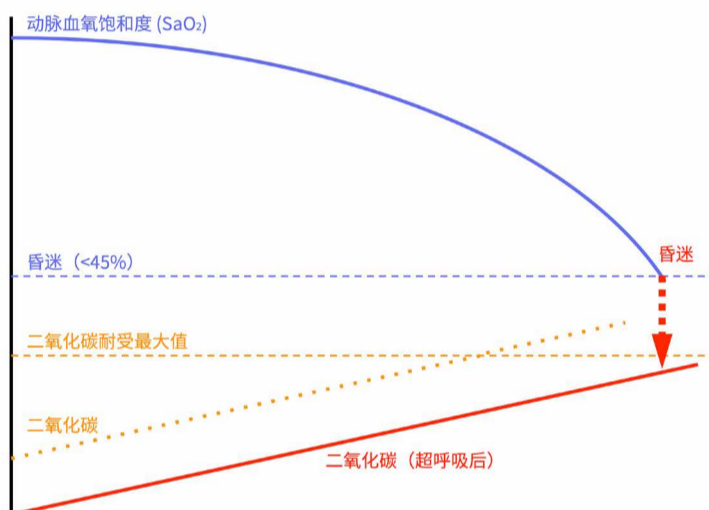
（MDR）”，这种机制是由血液中二氧化碳浓度上升来触发或维持的。低碳酸血会抑制MDR现象，因此身体无法像CO<sub>2</sub>浓度正常时开始的闭气一样节省氧气。综上所述，超呼吸后闭气会比在放松阶段正常呼吸后闭气更早出现低氧状态。

## 波尔效应

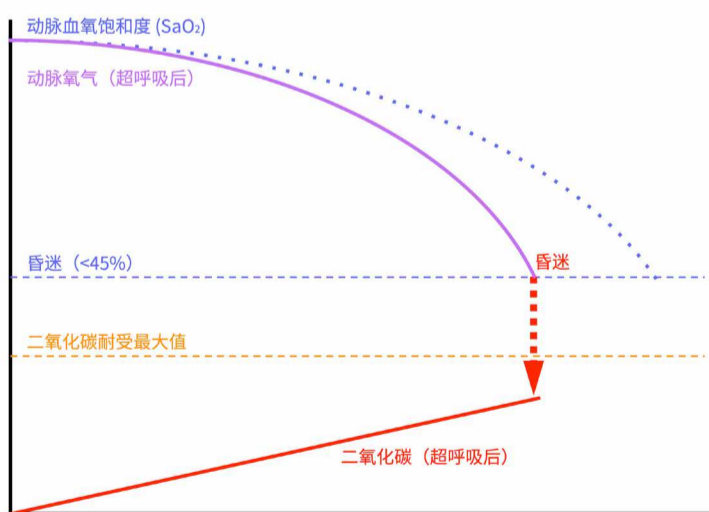
低二氧化碳（低碳酸血）会使血液呈碱性。造成血红蛋白和氧气的键合更加紧密！因此被键合的氧气很难释放到各个组织。这就是波尔效应。



在闭气过程中，氧气浓度（蓝色曲线：血氧饱和度）降低。起始数值平均为96-99%，降到差不多45%时，自由潜水员会昏迷。但是这种情况很难发生，因为二氧化碳耐受度将会远在这之前就达到最大值（黄色），令自由潜水员得以在安全时间内结束闭气。

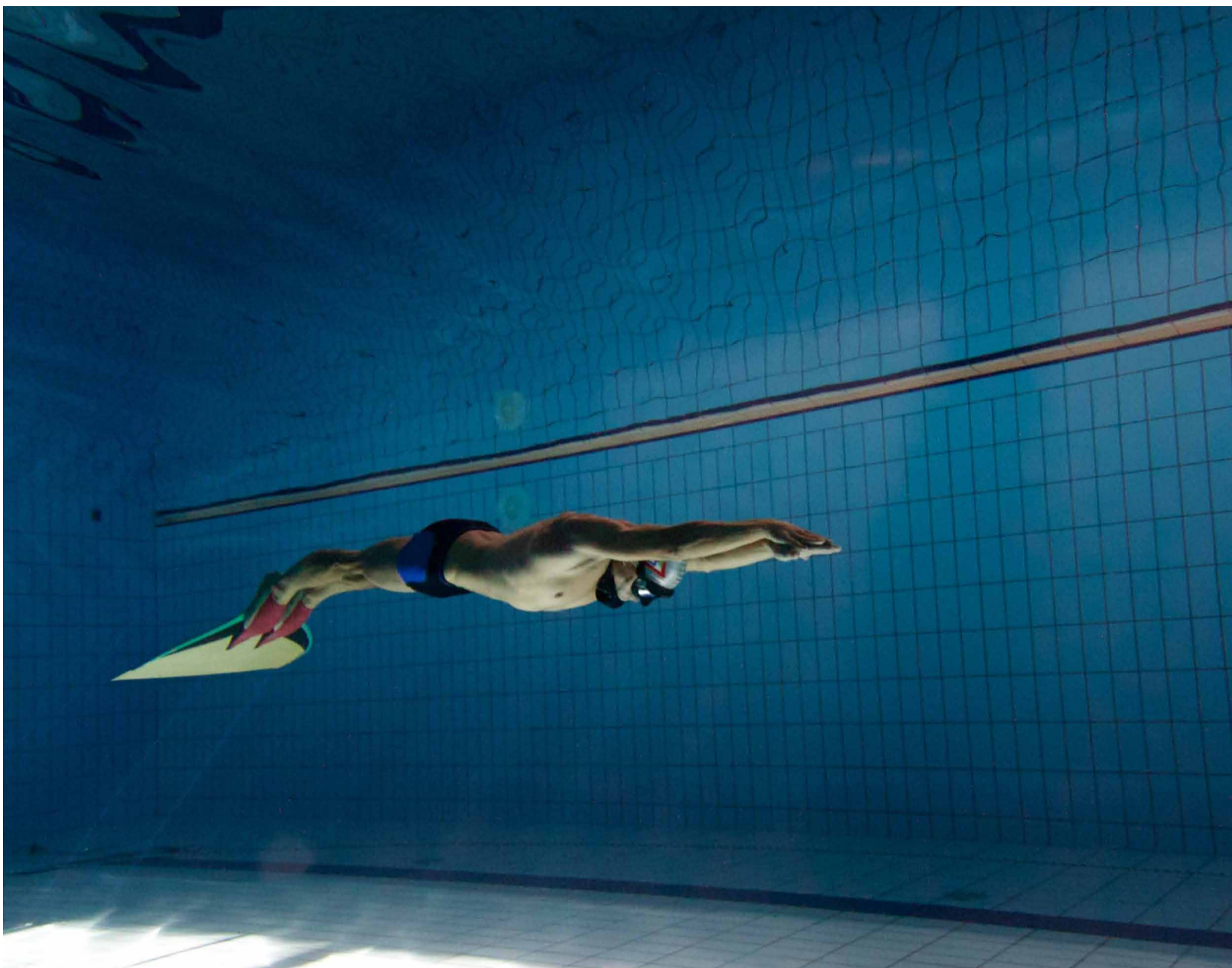


超呼吸不能改变血液中的氧气浓度，仅仅会降低其中的二氧化碳浓度（红线）。在之后的闭气中，二氧化碳升高的信号被推迟，因此氧气浓度可以在二氧化碳浓度达到耐受度之前就下降到45%。这就是超呼吸会导致昏迷的原因。



二氧化碳浓度低于正常水平会削弱哺乳动物潜水反射带来的能量节省效果（紫色），加强血红蛋白和氧气的键合，减少释放给各个组织的氧气量（波尔效应）。自由潜水员的耗氧量因此会大大增加，并且更早发生昏迷。

图4：超呼吸可能导致昏迷（概念图：W.Trubridge）



## 章节02 知识点回顾

血液在人体内的功人体血液的功能是什么？

紫绀是什么？为什么你需要提醒潜伴他开始出现紫绀现象？

解释说明扩散原理

解释说明静脉、动脉和肺部循环特例

超呼吸不能改变血液中的氧气浓度，仅仅会降低其中的二氧化碳浓度，请判断正确或错误。





## 章节03

# 压力平衡

在AIDA2课程中，你已学到平衡耳朵和面镜压力的基础要点。此章节将会详细向你展示压力平衡的过程，以及介绍推荐的压力平衡技术：法兰佐技术。

## 3.1 耳朵的生理构造

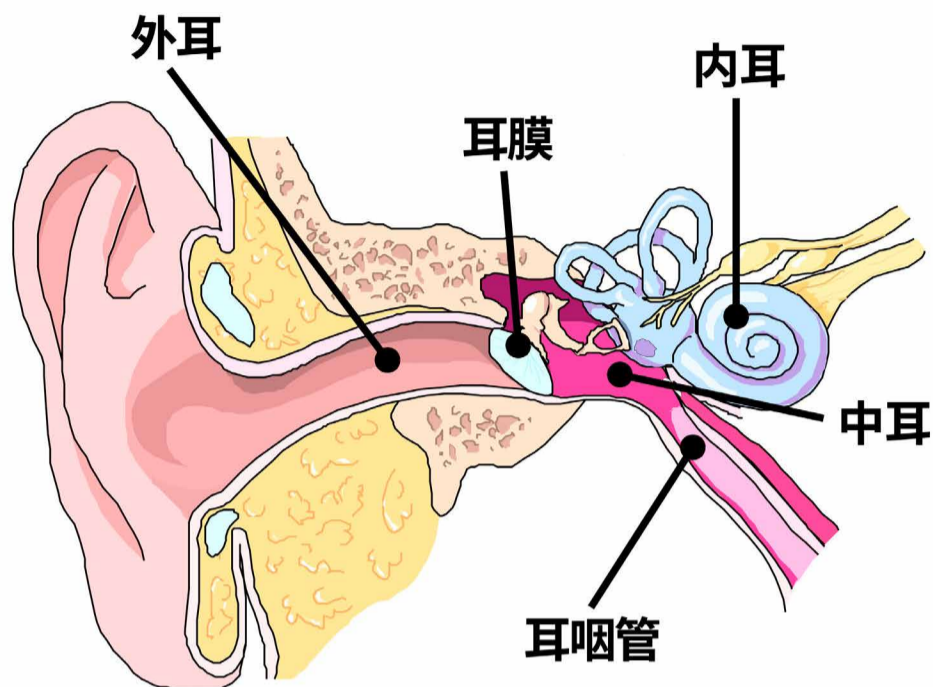


图5：耳朵解剖图

### 外耳

外耳，又被称为外听道，处于耳膜与外界之间。自由潜水时，外耳应完全被水充满。一旦头沉入水下并且轻微侧头以释放耳中的空气，充水就会自动发生。外耳中任何残存（未压缩）的空气都会使压力平衡难以或无法进行。

湿衣头套会阻止空气流出，你的外耳因此无法被水充满。如果戴着头套进行自由潜水，你应该从两边太阳穴处将头套轻微掀起，以保证在每次下潜前都让水充满外耳。或者你也可以在头套的外耳处扎两个小洞，这样下潜时空气就会自动流出。

### 耳膜

耳膜是外耳和中耳的分界。略有弹性，是一个对外界压力变化非常敏感的器官。AIDA2课程中曾经提及压力感和疼痛感之间的区别。感受到压力是需要做出有效压力平衡的基础条件，而潜水中耳朵感到疼痛则是需要立刻停止下潜的信号。

## 中耳：充满空气

中耳处于耳膜和内耳之间，充满空气。是我们需要平衡压力的部位。

## 耳咽管

耳咽管是中耳和鼻咽部的连接通道。这条通道保证只要做一次正确的压力平衡，中耳和鼻窦就可以同时平衡压力。

## 耳咽管周边肌肉

部分耳咽管被肌肉环绕，在肌肉放松时保持闭合。每次吞咽时，这些肌肉收缩并且打开耳咽管孔，发出吞咽声。请自行尝试：在安静的环境中咽口水，你会在双耳中听到响亮的一声。因此吞咽可以在压力发生细微变化时帮助你平衡压力，例如在飞机上升下降过程中。

耳咽管周围的肌肉越放松，压力平衡就越顺畅。“免手压力平衡”意为你可以主动收缩耳咽管周围的肌肉。

## 内耳

内耳是真正的听力器官，又被称为耳蜗。位于大脑“内部”，大概在眼睛后方。内耳中充满液体，因此无需在发生压力变化时做压力平衡。



## 3.2 鼻窦解剖图



图6：鼻窦概观

### 空腔

鼻窦是头颅内多个相连的空腔系统。其中最大的空腔直径大概有1英寸或者2.5厘米，其他空腔相对小很多。

### 充满空气

鼻窦是中空的，因此其中充满空气。鼻窦的主要功能目前尚不明确，可以肯定的是它减轻了头颅的重量，并且为人体发声增加共鸣。

### 粘液

鼻窦边缘是柔软、粉红色的粘膜组织，表面覆盖一层薄薄的粘液。粘液能够为吸入的空气增加湿度，并且阻止刺激性物质深入到呼吸系统中。

### 适度透气的重要性

每个鼻窦都有一个小口，叫做过渡空间，或者窦口，鼻窦持续从这些小口排出陈旧粘液，其中大部分会流出鼻子。随着新鲜粘液的产生，陈旧粘液携带刺激性物质一起被排出体内。鼻窦的适度透气很关键，可以维持新旧粘液的交替。

## 适度透气的技巧

除了每天擤几次鼻子之外，去除陈旧粘液还可以通过一些瑜伽技巧来完成。类似“氧吸收法”和“洗鼻法”的清洁方法非常有效，并且可以日常进行。很多AIDA教练会在AIDA课程延展类研讨会上传授此类技巧。

我们并不建议为了清洁目的使用海水来冲洗鼻窦，尽管这是一个很普遍的方法。作为一个短期之计也许会有几次行之有效，但是会带来很高的感染风险。海水并不是通常所说的那种“生理盐水”，含有很多污染物和有机物，其中包括大量细菌以及其他可造成感染的因素。你应该防止此类液体进入到体内。当然有时候无法避免。特别是冲浪者经常在冲浪后几个小时内都在从鼻子往外滴海水。通常来说，感染与否和摄入量有关。请尽量避免海水进入体内，但是少量海水不会造成严重后果。

## 3.3 提高压力平衡技术

### AIDA2: 介绍压力平衡技术

下潜过程中水压增加，压缩中耳里的空气。耳膜进而向内挤压，中耳的空腔体积减小。为了平衡这个压力，你必须将空气通过耳咽管推进中耳。

请去AIDA2教材中阅读对压力平衡的完整描述。

### 脱离自由潜水初学阶段后应避免使用阀式技术

阀式技术对于初学者在小深度的压力平衡完全行之有效，但是并不适用于更大深度。从AIDA3课程开始，你应该摒弃阀式技术，转而使用更为有效的法兰佐技术。

## 学习并使用法兰佐技术

如果压力平衡对你来说不成问题，但是你依然无法肯定在使用哪种技术，可以通过以下步骤自行测试：

1. 通过鼻子缓缓呼吸
2. 用手捏住鼻子
3. 发“T”或“K”声

如果这三个步骤可以让你成功平衡压力，说明你已掌握“法兰佐”的基本原理，法兰佐技术又被称为Marcante-Odaglia技术。相反，如果做压力平衡时你的腹部发紧，那么你使用的是“阀式”或者混合技术。如果仍然无法确定，平衡压力时让潜伴用手按住你的胃部。如果潜伴在你做压力平衡时，能够感受到你腹部任何轻微的动作，你进行的就不是法兰佐技术。

你的AIDA教练会帮助你掌握法兰佐技术。

## 压力平衡相关肌肉和耳咽管的拉伸练习

耳咽管周围的肌肉与下巴和脖子（间接）相连。轻柔地拉伸脖子和下巴肌肉可以对压力平衡有所帮助。以下为练习拉伸以增进压力平衡技术的一些要点和方法。

**第一步拉伸：**站立或端坐，挺直背部，将右耳贴向右肩。保持姿态，你会感受到脖子左侧在拉紧，释放身体任何其他地方的紧绷感。在完全放松后，举起右臂，伸向头部并且将手放置于左耳。不要按压头部！让头部随着手臂的重量自然放下少许。保持姿态并呼吸5-7次。将手从耳朵处移开，头部缓慢回到中心位置。然后开始贴向左边的重复练习。

**第二步拉伸：**重复第一步的第一个动作，将右耳贴向右肩。然后缓慢将头部向中间转动，直到下巴接触到锁骨，保持头顶冲前。挺直背部，不要用手按压头部 - 头部的重量就已足够。轻柔地转动头部直到左耳接触到左肩。然后反方向继续，让下巴再次接触到锁骨，回到右侧起始状态然后



结束动作。重复几次。

第三步拉伸（下颚部分）：下颚非常脆弱，很容易受伤。以下动作不能过于用力！在不拉伸脸部的前提下，将舌头伸出至最远，然后缩回，缩回过程中保持舌尖贴住上颚（部分修改自U.Pelizzari/S.Tovaglieri编写的“自由潜水手册”）。以上步骤重复几次。接下来，用舌尖沿着嘴唇顺时针逆时针转圈。重复几次。接着在其他非必要肌肉不发生动作的前提下，尽量把嘴张到最大。合上嘴然后再重复几次。轻柔地将下颚从左向右移动，齿间保留一点缝隙。重复几次。轻柔地将下颚从前到后移动。齿间保留一点缝隙，重复几次。最后，顺时针转动下颚，然后逆时针转动，这个动作被称为“骆驼咀嚼法”。重复几次。

## 让压力平衡更容易

不管你使用哪种压力平衡技术，都应该只运动必要的肌肉，并放松其他肌肉。脖子或下巴紧绷是令压力平衡难以进行的常见错误。

在AIDA3课程中你的教练会指导你如何正确使用法兰佐技术。这个技术的一个重要前提是腹部完全放松。在做压力平衡时只有舌头（或脸颊）用力，喉咙锁死。

当你在水下使用法兰佐技术平衡压力时，如果听到喉咙发出声音，代表你在错误地靠绷紧腹部来辅助平衡压力。这种“咯咯”的喉声在提示你应该放松腹部。集中注意力到腹部上，完全放松这部分的肌肉，然后重新开始做法兰佐技术。这是在水下能够做出有效压力平衡的最重要的方法之一。

## 章节03 知识点回顾

压力感和痛感之间是有区别的。  
请做出评价

为什么不建议使用海水冲洗鼻窦？

不管你使用哪种压力平衡技术，重点是什么？



## 章节04

# 气压伤

气压伤是一种通用术语，指身体的气体空腔内的压力与周边水压的差别所导致的物理伤害。在潜水中，气压伤在下潜和上升过程（逆向阻塞）中都会发生。

## 无法进行压力平衡

通过平衡变化的压力，消除作用在身体组织或器官上的压力差，就可以轻松避免发生气压伤。如果你无法进行压力平衡，立刻停止下潜！如果你无法在短时间内正确地完成压力平衡，你应该放弃这次下潜并且回到水面。



## 受伤

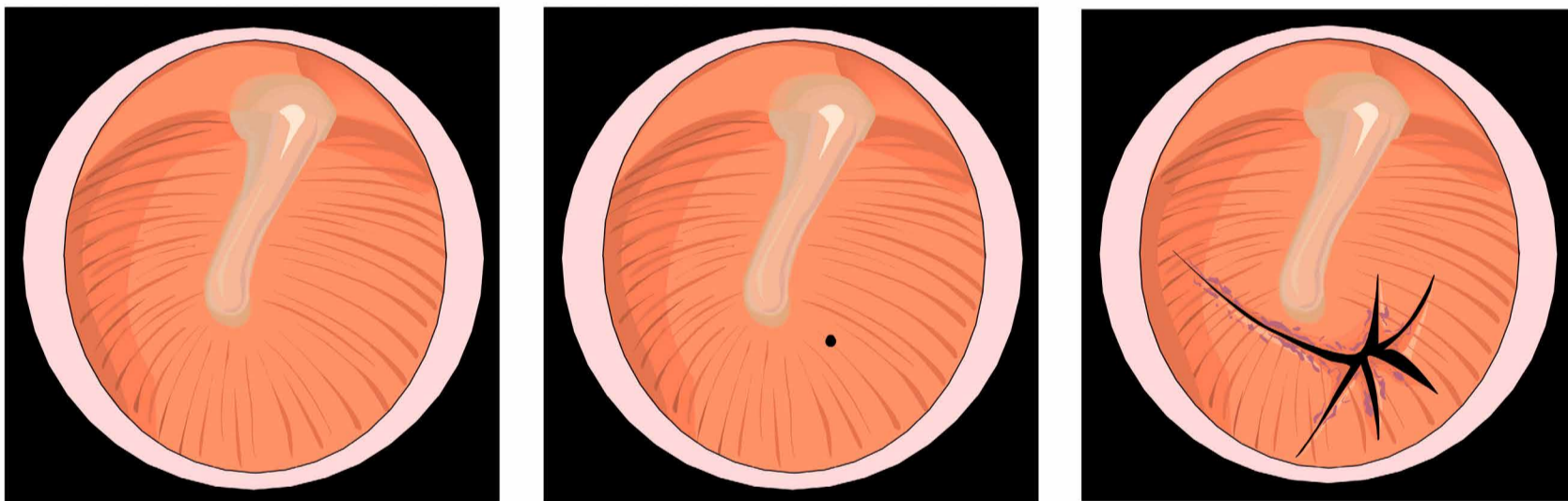
仅仅无法做通耳压是不会受伤的！如果无法进行压力平衡却依然选择继续下潜（或者在发生逆向阻塞的情况下，继续上升），才会受伤。

## 保持干燥直至痊愈

必须对所有发生气压伤的意外进行详细分析，并且妥善处理受伤状况。强烈建议伤员立即就医。最重要的是，为了避免永久性伤害，在彻底痊愈之前一定不要下水。

### 4.1 耳膜穿孔或撕裂

气压伤最可能发生受伤的部位是耳膜，当然，这是当你无法进行压力平衡时依然不放弃下潜的后果。



正常

穿孔

撕裂

图7：耳膜在正常、穿孔、撕裂状态下的示意图

#### 耳膜穿孔：针孔

耳膜上的小针孔或者耳膜穿孔是气压伤的一种表现形式。

#### 耳膜撕裂：大撕裂伤

耳膜上的大撕裂或者破损叫做耳膜撕裂伤。

## 症状

耳膜穿孔或撕裂表现为剧烈的疼痛。还可能有眩晕感和失去方向感。如果耳膜破损，会出现某种程度的临时性听力丧失。耳膜破损会导致中耳进水，极有可能感染。

## 保持干燥，就医

如果发生以上任意一种情况，你应该立刻就医查明耳膜损伤状况，然后在彻底痊愈前不要下水。耳膜穿孔可以在几周内自行愈合，但是有可能需要药物治疗以防止发生感染以及恢复听力。大撕裂伤或者无法自然愈合的针孔伤可能需要进行手术治疗。

## 4.2 中耳挤压伤

### 血液被迫进入中耳

如果你无法进行压力平衡却依然继续下潜，血液和其他液体可能会被压迫进入中耳，部分或完全占据中耳内的空间。这被称为中耳挤压伤。中耳内的液体会带来很高的感染风险。请立刻就医！

## 症状

中耳挤压伤表现为持续数日的剧烈甚至极端疼痛。你的耳朵还会有“涨”感，听力减弱甚至完全丧失。有时候你会在潜水后的第二天依然有种“耳朵里有水”的感觉。这可能是水在外耳中被耳垢挡住无法流出，需要就医进行清洁处理。如果排除了这个可能性，那么你也也许患有中耳挤压伤，需要寻求医疗协助。

## 就医

如果你出现以上中耳气压伤的症状，保持耳朵干燥至关重要，并且应该避免再次发生压力变化状况（如坐飞机）。你需要就医治疗。

## 痊愈时间：一周至数月

经过药物治疗并且给予一段时间恢复，伤口一般会在几天内愈合，但是也有几个月才痊愈的案例发生。在重新开始潜水前请一定先获得医生许可。

## 4.3 逆向阻塞

### 上升时无法自动平衡压力

在AIDA2课程中，你已了解到“上升时无需进行压力平衡”。在下潜中通过将空气挤压至身体空腔来平衡压力，如此可以对抗外界压力的上升。一般来说在上升过程中，这些新增气体会膨胀并流出空腔。在极少数情况下，空气无法自动流出，而造成逆向阻塞。

### 鼻窦或耳咽管

由于耳咽管（中耳）或窦口（鼻窦）部分或完全堵住，气体无法流出相应空腔，因此发生逆向阻塞。逆向阻塞的症状为中耳或鼻窦此类空腔产生疼痛感。随着你的上升，疼痛会逐渐加剧。

### 起因和预防

呼吸道严重或未痊愈的感染会导致逆向阻塞。感冒或鼻塞时不要潜水！另一个可能导致逆向阻塞的原因是错误使用消除充血类药物。绝对不要在任何形式的潜水中使用此类药品。水压会导致药物代谢速度比在地面时快，可能在预期时间很早前就丧失药效，呼吸道重新堵塞。

### 如何应对逆向阻塞

如果上升过程中疼痛感加剧，并且你没有处于大深度，应立刻抓住绳子停止上升。如果你感到晕眩，这个动作可以帮助你找到方向。不要继续做压力平衡！要知道，压力平衡只会挤压更多的空气进入鼻窦，在逆向阻

塞的状态下，鼻窦或中耳已被挤压到极限。

尽可能给予自己足够的时间。不要惊慌，并且向潜伴示意出现意外情况。你可以通过拉伸“出问题”的那一边脖子（如果耳朵疼痛，代表是中耳的问题）以及下巴，来尝试疏通阻塞。捏住鼻子做吞咽动作也可以帮助将空气导出空腔。

尽量缓慢上升，如果感到晕眩，使用导潜绳作为方向指引。被堵住的空气会慢慢释放出去。

### 气压性眩晕症（AV）：双耳压力不均

气压性眩晕症（AV）可能发生在下潜过程中，但是在上升时更为常见，指一只耳朵减压速度慢于（或未完全减压）另一只耳朵。中耳内的压力差会导致大脑将此状态误认为身体活动。由此出现失控的眼球移动、恶心、想吐、耳鸣以及听力下降等AV症状。

要注意两边中耳之间的温度差或耳膜破裂而导致的一边中耳进水也可以引起AV症状。

与逆向阻塞相似，如果你在较浅的深度，应该握住绳子停止上升。但是不要在大深度停留，你应该缓慢上升，以防过于延长潜水时间。

如果发生气压性眩晕症，你应该停止潜水并且立刻就医。在没有得到医生允许以及彻底痊愈之前不要进行自由潜水。

## 4.4 头套挤压

### 较贴合的头套

量身定制的湿衣不会出现橡胶和皮肤之间进水的情况。对于头套来说一样如此 - 如果头套非常贴合，你的耳道完全不会进水。耳朵保持干燥非常适于寒冷水域的自由潜水，但是其副作用是空气会被堵在耳道内无法流出。



## 空气被困在耳道中

如果头套贴合良好，空气可能会被困在头套和耳膜之间的耳道中，在上升过程中空气受到挤压，造成耳膜或耳道的损伤。空气被堵在耳道中和无法进行压力平衡的感觉差不多，但是两者的情况截然不同。

## 外耳充满水

为了避免空气被困在外耳道中无法流出，每次下潜之前都需把外耳完全充满水。你可以在下潜时再掀起头套让水进入外耳。但是这个动作可能会破坏身体流线型，同样也会干扰注意力集中，因此更建议在下潜前就做好这一准备。

**警告：**不要在潜水时突然大力将头套拉离双耳！如果当时外耳道存有被压缩的气体，强力拉开头套会造成耳道或耳膜的气压伤。

还有另一种解决方法，你可以在头套上的耳朵位置扎一个小洞（当然是在脱下来的时候扎）。在压力发生变化时，水可以通过这两个小洞进入（并流出）你的耳道。

## 4.5 鼻窦挤压

“挤压”是气压伤的通俗说法。是一个通用范畴，指身体某一空腔与外界产生压力差。如果压力差导致疼痛或物理伤害，我们称之为“挤压”

如果鼻窦或窦口（健康鼻窦中粘液流出的通道）部分或完全堵塞，我们称之为“鼻窦堵塞”。发生阻塞的原因会在下面讲到。

## 在下潜过程中

完全阻塞的鼻窦在下潜时会迅速出现明显症状。一旦下水，脑门、“颧骨后方”甚至牙齿区域立刻开始剧痛。剧痛由通气不足引起，导致堵塞的鼻窦无法平衡压力。由于此时的粘膜组织已经严重肿胀发炎，强迫立刻通气会让粘膜变得极为敏感和疼痛。在任何情况下，你都不能、不应也不要在这种状态中继续潜水。

## 由粘液阻塞导致的鼻窦堵塞

有时在潜水过程中会发生自发性或部分鼻窦堵塞。疼痛感会慢慢出现，并且无法通过压力平衡而消失。这是因为“陈旧”粘液暂时堵住了鼻窦通向鼻子的窦口（通流）。

## 停止下潜或终止潜水

如果你遇到鼻窦堵塞，立刻抓住导潜绳停止下潜，放松并重新尝试压力平衡。如果疼痛没有消失，你必须保持平静，终止潜水并且缓慢上升。

## 检查伤害

回到水面后，轻轻向手心擤鼻子并检查排出物。如果发现鲜血，证明你的鼻窦受到损伤。此为鼻窦气压伤，你应该立刻终止潜水。伤口一般会在几天内痊愈。你同样需要几天时间来恢复造成鼻窦堵塞的感冒或粘液阻塞。

如果从鼻子擤出来的液体或粘液呈暗红色甚至黑色。这是过去的感染或感冒的产物。这种情况无需立刻终止潜水，可以继续，但是需要多加小心。比如你可以先进行一个慢速的攀绳下潜，平衡压力时需注意任何出现的问题或不适。每隔一段时间就谨慎检查一次阻塞是否已经消失。

## 4.6 避免鼻窦堵塞

避免鼻窦堵塞的最佳建议：不要在感冒或鼻塞时潜水！预防感冒只能通过健康作息形成的强大免疫力来做到，并不是一夕之间就可达成。我们所有人都无法避免流鼻涕，即使最健康的人也会偶尔感冒。健康的饮食习惯配合减压无疑能够有助于恢复进程。

## 如何避免鼻窦堵塞

干燥空气、刺激物和过敏是发生鼻窦堵塞最常见的原因。但是大部分都能够避免。尝试避开已知过敏源（食物也包括在内，食物过敏可能会导

致粘液过多，例如乳制品、小麦等）以及补充大量水分，帮助粘液排出。

如果能够听取以下建议，保持长期健康习惯，慢性鼻炎都可以减轻甚至痊愈。如果用这些方法依然无法消除病灶，你需要去看耳鼻喉科（专门治疗耳朵、鼻子和喉咙的科室）。鼻窦阻塞的短期治疗一般来说是使用抗组胺药或消除充血剂。请记住在服药期间不能潜水。

## 吸蒸气

每天吸蒸气数次能够帮助粘液流出。将热水倒入碗中，并且把毛巾盖在头上，或者使用更高级的呼吸式蒸汽吸入仪。并不建议在浴室内开着热水，因为这样会浪费能源。

## 净化呼吸法

向一位合格且经验丰富的瑜伽教练求教氧吸收法、经络清洁法和风箱式呼吸法的正确技巧。每天进行这些练习，有助于解决阻塞问题，并且减少未来发生鼻塞的可能性。

瑜伽呼吸技巧通常使用快而深的呼吸法，很明显属于超呼吸。这些技巧有助于清洁、强化以及拉伸你的呼吸器官，但是不应在自由潜水前使用。

## 洗鼻壶

洗鼻壶是一种将生理盐水灌入鼻腔的瑜伽清洁法。为了避免出现副作用甚至生理伤害，必须掌握正确的使用方法。先将水沸腾几次，并且温度和盐度需调节至和眼泪一样。洗鼻壶不能施加任何压力。

警告：带有压力的水（在塑料瓶或类似的容器内）喷进鼻孔可能会导致伤害，请避免使用。

## 鼻腔堵塞的一边朝上睡

有个简单的方法：睡眠时“不好的一面”朝上。感染的鼻窦（或中耳）会通过鼻咽排出粘液，保持发炎的区域处于高处有助于这个过程，能够令粘液向下流。

如果你的外耳道发生感染，睡眠时“不好的那边耳朵”应该冲下，更不要以任何方式盖住耳廓。外耳感染比中耳或鼻窦感染要常见的多，但是感受相似。如果你无法确认感染区域，请寻求医疗协助。

## SISA（突发式静态闭气）

另一个能够减少粘液的有趣方法是跳过放松阶段，直接以中性肺容积开始闭气。二氧化碳浓度会迅速上升，你的毛细血管粘膜开始剧烈收缩。进而减轻炎症并且通过排出粘液而增加通气。

如果你半夜醒来发现一侧鼻孔堵住，也同样可以尝试这种方法。很可能立刻就通畅了。





身体感到不适时不要冒险进行自由潜水

## 避免使用空调

如果可能，尽量避免使用空调。空调不仅会降低温度，还会降低室内湿度。如果你不能避开空调房，将温度调节至你感到舒适的数字。平均在26到27度之间。

## 保持水分充足

如本教材所述，在自由潜水期间由于蒸发、用嘴呼吸或浸泡导致的尿频（[见章节9.8](#)），你会丧失大量体液。轻微脱水可导致鼻窦中的粘液变稠，进而无法正常排出。

为了保持水分充足，在自由潜水之前，期间特别是之后，你应该补充大量水分、果汁或高渗饮料。如果你从船上出发开始自由潜水，请确保随身携带一瓶水，并且在公开水域环节结束后，就算没有感到口渴，也要立刻开始喝水。你甚至可以将一小瓶水放进浮具里，并且在潜水期间时不时喝上一口。特别注意在乘坐飞机时充分补充水分，尤其是在进行自由潜水之前的航程中。

## 章节 04 知识点回顾

如何防止发生气压伤？

耳膜穿孔的症状是什么？

中耳气压伤是如何发生的？

为什么要重视疑似中耳气压伤并且必须就医检查？

为什么在发生逆向阻塞时，应该避免进行压力平衡？

什么是气压性眩晕症？

贴合良好的头套会造成头套挤压。请做解释！

在上升过程中，如果发生鼻窦堵塞，你应该如何避免鼻窦挤压？

避免鼻窦堵塞的最好建议是？



## 章节05

# 深度下的肺部容积

## 5.1 肺容积

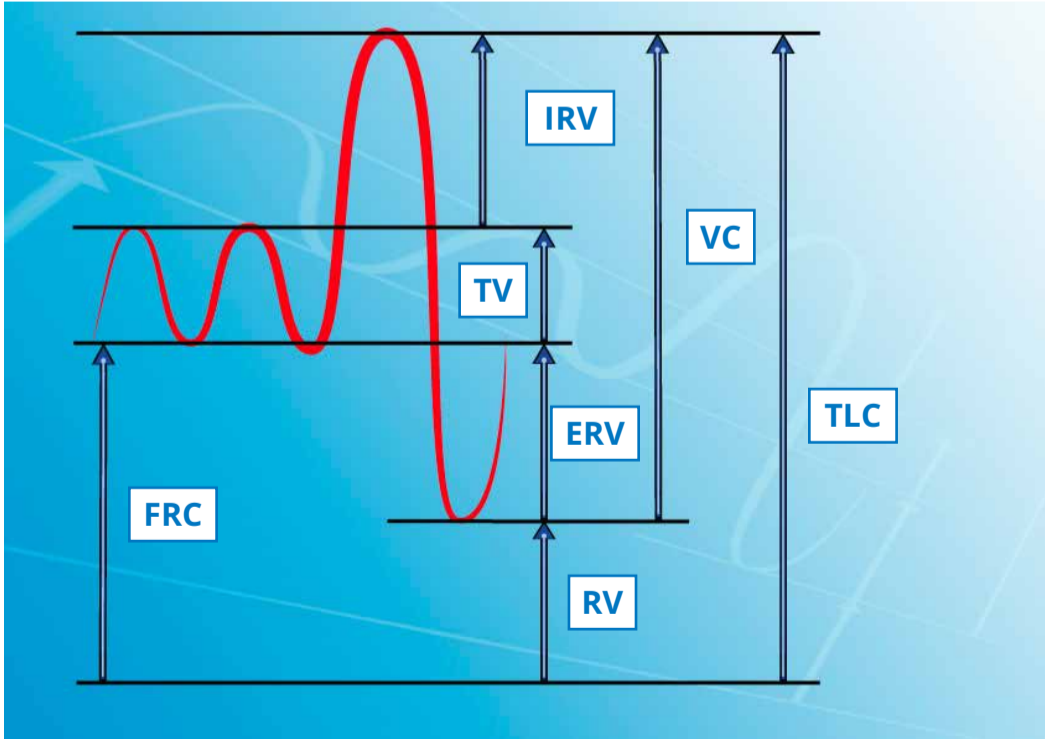


图9：肺容积概述

## 潮气量 (TV)

潮气量是放松呼吸时吸气和呼气的总体积。当一个人处于放松状态时，一个潮气呼吸量为半升（500毫升），每分钟重复10-20次。理想情况下，吸气通过活动横膈膜完成，而呼气则是被动完成：空气不是被用力挤出肺部的，而是通过“放松”来排出。

## 补吸气量 (IRV) 和补呼气量 (ERV)

补吸气量 (IRV) 是在放松吸入潮气量后，可以再吸入的最大空气量。补呼气量 (ERV) 是在被动呼气后，可以再呼出的最大空气量。

## 肺活量 (VC)

肺活量 (VC) 是在一次完全吐气后，肺部可吸入的最大空气量。换句话说来说，肺活量是补吸气量、潮气量和补呼气量的总和。

$$VC = IRV + TV + ERV$$

肺活量就是我们通过一口呼吸能达到的最大空气量。一个健康成年人的肺活量为3-5升，性别和身高会造成很大区别。可以通过训练增加肺活量，主要方法为减少残气量 (RV，见下)。

## 功能残气量 (FRC)

功能残气量 (FRC) 是在放松呼气后肺部中剩余的空气量。是补呼气量和残气量的总和 (见下)：

$$FRC = ERV + RV$$

当你的呼吸道打开并且没有空气进出时，“被动呼气”就算结束了。你可以通过叹一口气来轻松达成：完全放松，特别是你的腹部，然后发出“哈……”的声音，直到完全没有空气从你的嘴里流出。接下来闭合呼



吸道。现在你肺部剩余的空气量就是FRC。

在你接下来的AIDA训练中，你将学到一种叫做“FRC下潜”的训练方式。有时候这种方式会与“空肺”下潜相混淆。FRC状态中的肺部绝对不是空的。事实上，FRC状态中的肺部依然存有差不多“肺总容积”（TLC，见下）的50%。

“空肺”下潜非常危险，如果你不是一个训练有素并且有所把握的运动员，请避免进行此项训练。在AIDA教育系统中，并没有称为“空肺”的潜水项目。

## 残气量（RV）

残气量（RV）是完全呼气后的肺部剩余空气量。平均为25%的肺总容积（TLC，见下）。

其他肺部容积可以通过肺活量计（一种可以测量吸入或呼出空气量的仪器）来测量，而残气量则只能被间接计算，这是因为肺是不可能被“完全清空”的。

残气量对于自由潜水来说非常重要，这是决定你能够做出压力平衡的最大深度的关键（[见章节5.2](#)）。

## 肺总容积（TLC）

简而言之，肺总容积（TLC）是肺部可以容纳的总空气量：

$$\text{TLC} = \text{VC} + \text{RV}$$

一个健康成年人的肺活量为3.5-6升，通常取决于他们的性别和身高。

## 将呼吸空气量最大化

肺总容积（TLC）是否能够增加至今存疑。在网络上充斥着各式各样的方法，帮助拉伸呼吸肌，或者着重于高二氧化碳耐受或低氧气耐受，还有其他一些毫无意义的方法。这些练习基本没有解决“将每次呼吸的空气

量最大化”的问题，他们实际上是在改变肺活量（VC），而不是肺总容积（TLC）。

增加肺活量（VC）最有效的方法是以下两种途径：

- 1. 使用AIDA2课程中所教授的一口全呼吸的正确技术：缓慢进行两段式呼吸训练，将肺部完全填充。正确的技术可以帮助你达到吸入空气量最大值。**
- 2. 通过拉伸你的呼吸肌，主要是横膈膜，来减少残气量（RV）。残气量降低意味着肺活量和你每次呼吸可以利用的空气量升高。**

将在下一章对这些内容进行详解。

## 放松阶段：潮气量

放松阶段是闭气前的准备时间。目的在于身心的完全放松。当你越来越进入放松状态时，你会发现自己的呼吸也开始变得平缓。越放松，进出肺部的空气就越少。你的身体会根据当时的活动状况来精确调整呼吸量。无须干扰这种完美平衡的机制。

呼吸“潮气量”只需放松即可做到。

## 5.2 压强和RV深度

如上所述，在完全吐气后你的肺部到达残气量（RV）。这是你的肺部能够达到的最小容积。

波义耳定律（见AIDA2）所述为“（……）气体体积与绝对压强成反比”，以水下的充气气球为实例。在自由潜水期间，你肺部中的空气在压强下的变化会像气球一样。下潜的越深，肺部空气的体积就越小。在某一深度，肺部中空气的体积将达到残气量。

## 接近RV值

接近RV可能会感觉到躯体上部的压强增加，或者就像自由潜水员常说的那样，“当你感觉有头大象站在你胸口的时候，你就接近RV深度了”。

一定要谨慎接近这个程度（或者深度）！请避免突然的动作，如果需要，抓住导潜绳控制下潜速度。给自己身体适应的时间，在几周或几个月的时间内循序渐进。

失效深度是达到RV同时无法正常进行压力平衡的深度。在接下来一章你将会学习如何计算RV深度并且在此深度以下如何做针对性训练。

## 5.3 肺气压伤

所有气压伤所指的伤害都是“挤压”类伤害。肺气压伤是一种隐形的严重伤害。必须对之小心预防：

**肺气压伤（挤压）是一种非常严重的伤害。**

肺挤压可能会发生，但是不应发生。如果你出现肺挤压却没有认真对待，这是一种极端不负责任的表现。所有肺挤压的意外都必须在一位主治医师的照护下进行适当治疗。

### 压力相关伤害

肺气压伤是压力在肺部造成的伤害。

自由潜水中发生的肺气压伤通常源自于下潜至RV深度以下并且在没有做好充分准备的情况下继续下潜。换言之，就是太急于求成。身体需要时间适应深度，这里指的可不是几天或者几周，而是几个月甚至好几年。

甚至经验丰富的自由潜水员都会因为深度适应以外的其他问题而出现肺部损伤。比如说，由于焦躁或低温所导致的无法放松可能会造成肺气压伤。这两种原因都会使肺周围的肌肉在外界压强上升时无法放松或者拉伸

不够彻底。

在以上任何一种情况中，自由潜水员应该终止潜水避免受伤，防止上升时肺部中的负压升高并且造成柔软的肺部组织撕裂。

在水肺潜水中，肺气压伤通常由上升时的闭气造成。肺部中的压缩气体膨胀，体积大于肺总容积（TLC）所能承受的范围，导致肺部组织撕裂。这在自由潜水中不太可能发生，但是在极端罕见的情况下，下潜时发生的肺气压伤造成肺部积液，上升时的肺部可用容积减小。空气在接近水面时逐渐膨胀，减小的容积导致肺部过度膨胀，这和使用压缩空气潜水的原理类似。

## 体液进入肺部

为了平衡负压，体液被迫通过肺部组织伤口进入肺部空腔。肺部空腔中存在的任何液体都会导致气体交换很难或无法进行。

## 迹象和症状

肺部损伤在升水后有几种症状。你可能会持续感到胸部发紧。呼吸道有某种程度的堵塞，造成呼吸时出现杂音。即使升水后已经恢复数次呼吸，依然持续感到呼吸困难。你可能想咳嗽几声来清一下呼吸道，如果你这样做，会咳出粉红泡沫状液体。最后你可能会持续感到乏力。如果你出现以上一种或几种症状，很可能你的呼吸道或肺部已受到损伤。

## 应急程序

如果你出现以上一种或几种症状，必须立刻遵循以下应急程序：

立刻终止潜水！不要协助完成正在进行的自由潜水环节。比如潜伴任务或者收绳子。

即使你很想，不要用力咳嗽。只咳一次把排出的液体吐到手掌里。检查是否有血丝或者粉红泡沫。

缓慢轻柔的浅度呼吸，尽管在疲惫时很难做到如此。控制呼吸节奏并注意放松。



向潜伴告知症状。不要试图隐瞒任何症状或者不适感。

动作放缓以保持较低心率。你的潜伴会帮你做所有的收尾工作，并将你拉回到船上或岸上。

如果条件允许，呼吸纯氧。肺部积液会影响正常的气体交换。这可以在一定程度上通过呼吸纯氧来弥补。

纯氧还能够帮助你缓解疲乏。

在每次发生意外并且出现以上一种或几种症状后，请寻求医疗协助。

## 至少一周终止潜水，寻求医疗协助

给肺部组织足够的时间去完全愈合是至关重要的。无论如何你都要终止潜水至少一周。不这么做可能会导致复发、慢性疾病甚至死亡。

由于自己无法判断恢复时间是否足够，在继续潜水之前必须得到专业医生的许可。

## 5.4 避免肺挤压

不必多说，肺气压伤，通常也称为肺挤压，必须绝对避免。很多自由潜水员都对肺部损伤不够重视，认为这无非是英雄之路上的一个小插曲而已。而有些自由潜水员则把肺气压伤和足球比赛中的脚筋断裂相比。两种说法都与事实相差甚远。反复挤压的确会造成慢性疾病。没有完全痊愈就去潜水甚至是致命的。

### 自我意识是关键

任何级别自由潜水的核心都是自我意识，而非数字。我们中一些最伟大的自由潜水员，他们打破多项世界纪录，拿到各个世界锦标赛冠军，却从未经历过肺气压伤（其中有些人甚至从未发生过昏迷！）。这全都因为他们的对自己生理以及心理极限的重视和警觉，再加上长时间循序渐进的执着训练。

个人身体状况和极限每天都在发生变化，你必须熟悉其中的细节。今

天你状态上佳，明天可能就会精神不振。这就是自由潜水，这就是人生。

## 潜水要放松，否则就不要潜水

只有真正放松才能进行自由潜水。从开始AIDA课程的第一天起，你就开始学习如何有意识使用一些技巧来放松身心。有些时候很容易达到放松状态，有时候似乎永远都放松不下来，没办法“转换成自由潜水模式”。一定要给自己足够时间来达到那个转换的瞬间。

## 如果感到紧张或寒冷（发抖），终止潜水

紧张与放松相对立。紧张会增加身心压力。你的呼吸频率和心率都会上升。在泳池训练中，由于紧张会消耗更多能量，造成的后果仅仅是缩短你的潜水时间（或距离）。但是深度下潜则要严重的多。你的身体和心理都需要适应被外界压强挤压的感觉。如果你有意识或无意识的试图抗拒这种感觉，你很可能会因此受伤。如果你开始紧张，可能会慢慢产生危险的对抗。紧张会让你失去自我意识。

解决方法很简单：对自己诚实，并且如果以任何方式感到紧张，请终止潜水。如果你对某次下潜毫无信心，那就不要再继续。向潜伴示意你将跳过这一轮，重新开始放松练习并且给自己充足的时间。

如果你感到寒冷，你的身体会开始颤抖以产生热量。现在你有两个选择。做一些热身动作或者忽视颤抖。两种选择对于自由潜水来说都不算理想，因为这两种方式都会让你更加紧张，不够放松。所以如果你开始发抖，应该终止潜水并且出水让自己暖和起来。

## 拉伸肋间肌

就像我们身体的其他肌肉一样，胸腔周围的肌肉，特别是用来呼吸的肌肉，可以通过训练来增强。这需要在力量和拉伸两个方面进行训练，你不应该顾此失彼。强化你的呼吸肌可以帮助你游刃有余的延长潜水时间，然而主要通过拉伸肌肉才能使你下潜更深。

注意：不要使用叫做“填积”的技术用来做满肺拉伸！以前自由潜水员通过“满肺拉伸”来增加肺活量（VC）。现如今，大家都知道这些技术可能与肺部组织的长久性损伤有关系，特别是配合“填积”一起进行的时候。

填积（见AIDA4中的详细解释）无需在自由潜水中使用。但是积习难改。依然有很多网站、书籍和教练推荐将填积和拉伸组合使用。请记住，有组织的自由潜水教学特别是它们的相关研究，仅仅有三十多年的历史，尚显稚嫩。所以我们必须不断学习和适应飞速发展的自由潜水相关生理知识。

### 拉伸横膈膜：腹部收束法



图10：通过腹部收束法来拉伸横膈膜

你可以在呼气结束后训练呼吸肌的柔韧性，并通过腹部收束法来降低残气量（RV）。你可以从AIDA教练那里学到这种技术，或者在瑜伽老师处获取更多细节。以下是这种技术的简短介绍：

腹部收束法大略通过以下几个步骤完成：

1. 根据个人选择方式，活动你的呼吸肌，使用拜日式或者其他呼吸练习（风箱呼吸法、瑜伽全呼吸法，等等。）
2. 两腿分开站立，距离宽于肩膀，身体向前倾，将手放在大腿或膝盖上
3. 完全呼气后锁住喉咙
4. 将这个腹部区域向后朝脊柱方向收缩，并向胸骨上方拉。这时你的胸部向外扩展，而腹部呈凹陷状
5. 保持住
6. 放松所有肌肉
7. 打开呼吸道，让空气缓慢流入，重新开始呼吸
8. 从第三步开始重复

你也可以采用坐姿进行以上步骤，而非向前倾的站姿。

## 在深度下采用正确的转身

在你的AIDA2课程中，你已经学到如何正确停止下潜并且采用向前直身翻转来开始上升。这在接近或超过RV深度时至关重要。在深度下缓慢优雅的转身，始终向前翻转而非向后。时刻避免剧烈或突然的动作，并且不要做“降落伞转身”那样“开放式”的动作。

## 慢慢适应深度，激发血液转移

千里之行始于足下。路都是靠一步一步走出来的。你可以逐步超越以前的纪录，循序渐进的增加深度。在设定一个新目标之前，重复下潜到一



个可达到的深度，让身体和心理都能够适应，然后再设定一个和以前纪录相差不远的具有挑战性的新目标。给自己充足的时间，享受过程，安全潜水。

为了让身体和心理都能够适应并且顺利“转换成自由潜水模式”，开始潜水时应该进行一系列的热身活动。**章节8.1**会详细阐述，告诉你如何设计适合自己的热身方式。

给自己充分时间去做热身可以让身体激发血液转移，这是哺乳动物潜水反射的部分现象。**章节九**将对自由潜水这一重要部分做详细介绍。

## 章节 05 知识点回顾

什么是残气量？

提高肺活量最有效的方法是什么？

什么是失效深度？

肺部损伤在升水后有几种症状。列举至少其中两种症状。

列举四种以上有助于避免肺挤压的好建议！



## 章节06

# 浮力

浮力控制是自由潜水中的基础技术，不仅在安全范畴中很重要，也是储存能量的关键。“过于沉重”是非常危险的，你可能会从水面沉下，或者上升回到水面的过程中消耗过度。

但是相反来说，“过于轻盈”也不代表在自由潜水中就是安全的。在潜水的第一阶段你可能会为了抵抗浮力而消耗过度。

浮力控制是自由潜水所有环节中都需要使用并调整的一项技术，有时候每一潜都必须对配重进行调整。

## 6.1 阿基米德定律

### 定义

阿基米德定律可以计算任何物体的浮力：

**“部分或全部浸入液体的物体受到竖直向上的浮力，其大小等于物体所排开液体的重量。”**

阿基米德定律说明当你的身体部分（游泳）或者全部浸入（潜水）水中，你会明显感到重量减轻，减轻的重量等于你身体浸入部分排开的水的重量。

## 6.2 中性浮力（NB）

你的身体在水中被施加的向下的力量就是你的自身重量。向上的力量，或者说浮力，可以通过阿基米德定律得出。浮力减去重力，你会得到浮力值。当浮力值为零时，即代表中性浮力（NB）。

**你的体重 = 浮力**

### 毫不费力的保持深度不变

在自由潜水时，一旦能够毫不费力的保持深度不变，证明你达到了中性浮力-既没有向上飘也没有向下沉）。测试中性浮力需要耐心。攀绳下潜到预估的中性浮力深度。这时你将手比出一个“ok”手势，同时将导潜绳圈在大拇指和食指环成的O型圈内。另一只手放开绳子，全身放松。不要在水中刻意保持身体不动；而是应该让身体自然移动、弯曲或任意转向。在这种状态下，在心里慢慢从十倒数到一。如果在倒数期间既没有向上浮也没有向下沉，说明你已经找到了自己的中性浮力深度。

如果倒数时你在向上飘，你需要继续往下潜一点来纠正深度。倒数时

向下沉代表着你的位置过深，需要拽绳子往水面的方向上升一点。每次调整深度都在一只手臂的长度内，然后重新开始倒数。重复此过程直到需要升出水面，或者以找到中性浮力点做结束。通常需要连续几次下潜才能够确定中性浮力。

你可以在每次开放水域环节中，利用几次热身下潜来进行这种“中性浮力游戏”。

## 根据下潜目标设定中性浮力

你应该根据你的目标深度来决定携带多少配重，以此调整中性浮力。调整的目的都在于令下一次潜水更加轻松。将中性浮力点设置在十米以内是不安全的，这会令你上升更加艰难。将中性浮力点设置在20米以下则会令你的下潜更加艰难。你的目标深度越大，中性浮力点就应该设置的越深。

一般来说把中性浮力设置在目标深度三分之一的地方。这说明只有超过30米的下潜才需要考虑中性浮力。少于30米的下潜，将中性浮力点设置为最少十米的安全深度。

## 过浅的中性浮力无法弥补技术不足

要记住你不应该设置过浅的中性浮力以掩盖技术不足。如果你从水面下潜有困难，改善你的鸭式入水技术才是关键。加太多配重是不负责任和危险的。

## 6.3 自由落体

### 你已经不是一个自由潜水的初学者了

在AIDA2 自由潜水课程中，你的下潜深度在中性浮力点之上，或者比之略深。如果继续下潜并远超中性浮力点，你肺部中的空气和湿衣橡胶中的小气泡会被进一步压缩，你的浮力会不断减少。体重向下的力量和浮力



向上的力量之间的平衡开始转移，最终形成一个向下的力量。

### 你的体重 > 浮力

你慢慢变成负浮力，无需费力便被“拉”向深处 - 由此开始“自由落体”。

### 下潜通过（深于）中性浮力点

下潜过程中，你通过踢蹼或拉绳产生速度。当接近中性浮力点时，你会发现可以更轻松的保持速度不变。再多踢蹼几下（或多拉几次绳子），毫不费力的通过中性浮力点之后，很快你就可以在不产生任何推进力的情况下，保持同一速度下降。你由此开始自由落体，并被带向目标深度。

### 流线型&放松

自由落体是一种附加了身体流线型和压力平衡的静态闭气。你应该将头部和身体连成一条直线，保持最佳身体垂直流线型。专注于放松，尽量花最小的力气来维持这种身体姿态。自由落体过程中，你有时会感觉速度非常缓慢，眼前的绳子仿佛一动不动。此时需要足够的耐心和信心。这是一个恢复做放松练习，专注于进行正确压力平衡技术的最佳时刻。

自由落体过程中，应将头部与身体连成一条直线。如果你向下看，倾斜的头部不仅会增加水阻，还会令身体弯曲成“香蕉形状”。这会让你的身体慢慢偏离完全竖直的流线型，转而变成水平姿态。最后你会腹部向下，形成一个跳伞动作。就像跳伞运动员通过这种动作来利用空气阻力放慢降落速度一样，此姿势也会减缓甚至停止你在水中的自由落体。

## 研讨：自由落体的方向控制

作者：J. Sunnex 和 W. Trubridge

在下潜过程中，身体可能从两种位面偏离完全竖直的自由落体姿态：矢状面和正面或者“冠状面”。

### 1. 矢状面

矢状面将人体分切为左右两部分。因此在这个位面的偏离意味着你不是往绳子的方向‘向前’倾斜，就是在‘向后’远离绳子。矢状面偏离可能是由于身体前部或后部的重量太大，或者没有将腿绷直并且保持放松。要记住身体上半部分的浮力比底部要大，所以当我们头朝下的时候，会造成自由落体的平衡问题。这使你有如一支羽毛过重的箭。因此将配重尽可能靠近头部，例如颈配，有助于在自由落体时保持平衡。

由于自由落体时头部是引导部位，向前倾意味着你将最终会撞到导潜绳，而向后仰则意味着你在逐渐偏离导潜绳，并且使安全绳被拉紧的同时产生巨大阻力。

在以上两种情况中，将脖颈向前或向后摆正能够有效纠正身体姿态。注意不要前后过度伸展头部。你应该和前方的导潜绳保持一定距离，轻微移动头颈。

### 2. 正面偏离

正面 / 冠状面将人体纵切为前后两部分。因此这个位面上的偏离意味着你在左右倾斜。一般由配重不均衡所导致，比如配重带一边更重。身体一侧比较紧张也可导致偏离，比如自由落体时将一只手搭在导潜绳上。如果你注意到自己经常向一侧倾斜，应该尝试分析原因并且纠正这种不平衡，而不是通过改正下潜轨道来做事后补救。以下为如何纠正偏离的方法。

左右偏离很容易辨别，因为导潜绳会出现在你视线的左前方或右前方。在偏离变得明显之前进行纠正至关重要，否则你必须打破身体流线型

才能改善自由落体或者重新找到导潜绳。

当你在CNF（恒重无蹼）或FIM（攀绳下潜）项目中自由落体时，可以利用脚部来纠正正面偏离，正如飞机尾部的方向舵所起的作用一样。向外轻微旋转一只脚能够使一侧的阻力略增，这意味着身体这一侧的速度将会变缓，从而将身体向此方向倾斜。所以为了向右摆正姿态，你应该将右脚轻微向外旋转。

当你在CWT（恒定有蹼）项目中自由落体时，正面偏离比较不常见，因为双蹼或单蹼的作用如同箭上的羽毛 - 使身体能够左右保持平衡。如果你佩戴双蹼，可以使用与FIM和CNF相似的方法，通过略微增加身体一侧阻力来纠正偏离。如果你佩戴单蹼下潜，伸长一条腿（稍微拉直一些）能够帮助你向另一侧倾斜。

## 上升时对抗负浮力

到达目标深度后，拉住导潜绳进行向前直体转身，然后拽一下绳子开始上升。此时你会发现踢蹼（或拉绳）需要很大力量才能产生速度，因为你必须对抗负浮力。此时你应专注于正确的踢蹼技术，如果你在进行攀绳项目，专注于稳定的拉绳动作，同时维持身体流线型。

当接近中性浮力点时，你会注意到与下降过程相反的现象：能够更轻松的保持上升速度。通过中性浮力点之后，只需再多踢蹼几下（或多拉几次绳），直到你肺部中的空气膨胀到足以让你被浮力轻松拉升为止。你甚至可以停止一切动作，自动浮出水面。

## 节省氧气消耗

只花费刚好能保持一定速度的力气是大深度自由潜水的核心。在下潜初期你必须对抗浮力，然后你可以持续减少耗能，直到开始自由落体。从“油门全开”到自由落体不是一个突然转变，而是一个平稳渐变的过程。

**一旦开始自由落体，你将能够节省大量能量和氧气。**

可以用一个实例来展示：一次30米的CWT等于水平游泳60米的距

离。然而让我们来看一下整个下潜过程，假设中性浮力点为水下10米深度：

- 下潜0-10米，用力踢蹼
  - 下潜10-20米，踢蹼越来越轻松
  - 下潜20-30米，自由落体
  - 30-20米上升，用力踢蹼
  - 20-5米上升，踢蹼越来越轻松
  - 5-0米上升，利用浮力上升
- (以上为大致距离)

此实例中，用力踢蹼的有效距离不会超过20米，剩下距离中的25米是较为轻松的踢蹼，而剩下的15米则毫不费力。以上是一个理想的自由潜水过程中动力学过程。

### 自我意识：如感到不适，立刻终止潜水

要记住在自由潜水中引导你的是“自我意识”，而非“数字”。在自由落体过程中如果感到不适，立刻停止下潜。拉住绳子放松并且稳定的开始上升。





## 如何训练自由落体

自由落体的训练有两个目标：首先，找到理想的自由落体起始点，其次，培养正确的流线型姿态。

**章节6.2**已经详细讲解如何找到中性浮力点。自由落体起始于比之更深的地方。你需要靠自己去找找到这个深度。以下是CWT的实例，同样适用于FIM：

1. 计算踢蹼次数直到到达中性浮力点
2. 继续踢蹼四下（为了防止混淆，只数一条腿的踢蹼次数，例如“右”..“右”..“右”..“右”..“停”）
3. 停止踢蹼，保持身体流线型并且开始自由落体
4. 注意速度

自由落体的下潜速度应该与踢蹼下潜的速度保持一致。如果速度大幅度降低，代表你过早停止踢蹼（过浅）。在下一次潜水中，多踢蹼两次然后观察速度是否保持一致。

在有力踢蹼和自由落体之间找到平衡需要认真感知以及多次试验踢蹼力量。一般来说并不是踢不踢蹼的问题，而是如何逐步减小踢蹼力量。重复试验可以让你更准确的感知速度，学习需要多少力量得以维持稳定速度。

一旦你开始自由落体，流线型是一次成功下潜的关键。这种流线型能够向放松却伸直的身体提供平衡，维持一个竖直的身体姿态。流线型并不代表你必须身体僵硬以及过分绷紧；你会因此消耗过多能量却无法达到理想速度。只要闭着眼睛或盯着绳子保持放松，将头部和身体连成一条直线就可以。这会令你的身体维持竖直姿态，垂直下落。

## 章节 06 知识点回顾

“过重”很明显会带来危险，但是“过轻”也不代表在自由潜水中就是安全的。请做评价。

解释并作出评价：“过浅的中性浮力点无法弥补技术不足。”

如果在自由落体时失去平衡，可以使用哪些主要方法来做出纠正？







## 章节07

# 低氧与昏迷

昏迷是自由潜水在大众看来十分危险的主要原因。然而作为在AIDA系统下的一名训练有素的自由潜水员，你绝不应该因为濒临低氧而发生昏迷。出现如“桑巴”（又叫LMC，见AIDA2）甚至昏迷（BO）的低氧症状代表着技术和知识的缺乏，在休闲自由潜水中不应发生。

## 7.1 低氧

### 定义

低氧是一个医学范畴的专有名词：“指由于动脉血氧分压（[见章节7.3](#)）过低而导致的身体供氧不足。”

自由潜水通常会提及血氧饱和度，或者简称“血氧”。正常呼吸时一个健康身体的血氧饱和度为96-99%。如果数值低于86%，则被视为严

重低氧。然而只有当读数降至45-50%时，身体才会呈现例如昏迷的极端低氧症状。

## 脑缺氧

脑缺氧是指供给大脑或部分大脑的氧气不足而导致的缺氧，此时供给身体其他部分的血液仍是充足的。这表示有足够血液流向大脑，但是血液中的氧气饱和度下降。

## 脑缺氧的后果

如果大脑持续缺氧，会导致如失去意识（BO，见AIDA2）、脑损伤甚至死亡的严重后果。正如AIDA2教材所讲，低氧的后果取决于次数和程度：如果你频繁在意识清醒的状态下出现“轻微低氧”，脑损伤仍然可能因此发生。

**必须记住，和一些人的认知相反，将昏迷作为一种训练方法是毫无益处的。就算发生多次昏迷，大脑也无法适应低氧下的工作状态。**

## 轻微低氧：自主控制能力丧失（LMC）

脑缺氧的初期症状为短期记忆衰退、认知障碍以及动作失调。在自由潜水语境中我们称之为自主控制能力丧失（LMC，见AIDA2），只在下潜结束后回到水面上时发生。

## 7.2 缺血

### 定义

缺血指由于收缩或阻塞所导致的器官供血不足。

### 血氧良好，但是血流量不足

血氧饱和度维持良好，但是由于局部阻塞，导致此身体部位或器官供



血不足。进而产生缺血后果。

## 脑缺血

大脑供血不足被称为脑缺血。对于大脑来说，血液供氧不足（缺氧）和血流量不足（缺血）之间没有太大区别。频繁或极端出现两种情况都会造成严重后果。然而我们必须清楚两种成因之间的区别，才能够避免或者正确处理。

## 脑缺血的成因

脑部供血不足可由低血压造成，常见例子为站起速度（过）快。另一个成因是外界压力对血管的挤压，常见于头套过紧（“**头套挤压**”，又见**章节4.5**）。有时候湿衣下方包有空气也会造成缺血。被包住的空气在下潜过程中逐渐被挤压，进而挤压与之接触的血管。这会影响此处血管内的血流量。一般来说穿着干衣进入寒冷水域会出现这种情况，当然如果穿贴身湿衣时不够小心，也可能导致某一部位的空气困于湿衣和皮肤之间无法流出。

## 7.3 道尔顿定律

### 定义

“气体混合物的总压强等于其中各气体分压之和 — 其中任一气体在气体混合物中产生的分压等于在相同温度下它单独占有整个容器时所产生的压强。”

水面上我们吸入大约79%的氮气和21%的氧气组成的混合气体，其中氮分压等于0.79bar，而氧分压等于0.21bar。对于我们人类来说，氧分压的安全范围在0.16bar到1.6bar之间。就像之前所说，剂量大小决定危险程度。极端氧分压对我们造成的影响很大部分取决于我们处于这种环境的时间。

## 7.4 浅水昏迷

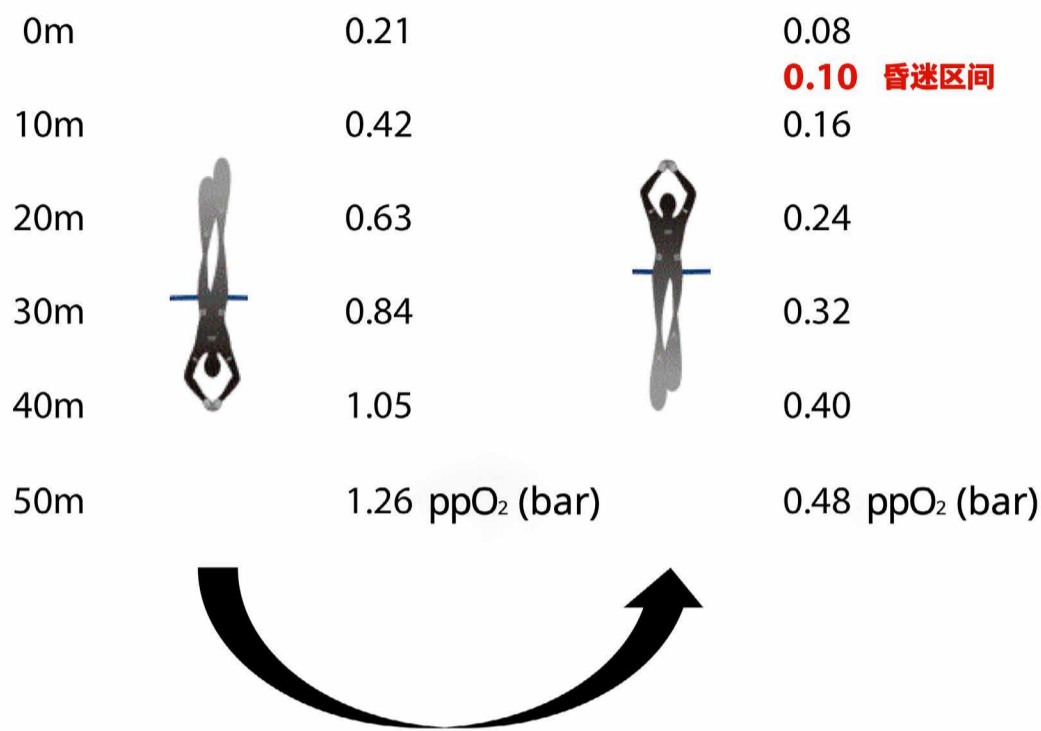


图11：潜水昏迷示意图

### 上升过程中由于压力变化所造成的低氧

概括来说，浅水昏迷是一种上升过程中由于压力变化所造成的低氧。关于浅水昏迷的界定很容易混淆。一些组织和个人用之来形容任何处于浅水中的昏迷，例如泳池中或浴缸中。在自由潜水语境里，我们把浅水昏迷明确定义为如下：

1. 在潜水结束时由于低氧导致的意识丧失
2. 在下潜以及上升过程中，水压变化所导致或加重的低氧现象

浅水昏迷的发生过程如下（[见图11](#)）：下潜过程中肺部被周围增强的水压所挤压。造成肺部、血液和组织之间的氧分压大幅度上升，进而令氧气非常容易进入到组织中（见[章节2.2](#)的扩散原理）。

## 上升导致扩散梯度变缓

在到达目标深度后，你开始上升，周围的压力降低，肺部、血液和组织之间的氧分压梯度变缓。在极端情况下梯度甚至可能反转。在上升的最后几米，组织内的氧气将被“掠夺”回肺部，以弥补降低的氧分压。

## 平均0.1bar的氧分压（ppO<sub>2</sub>）会导致昏迷

当肺泡血的氧分压降至0.1bar时，大多数人会失去意识。如果水下10米的氧分压为0.2bar，潜水员处于此深度时的氧分压高于昏迷临界值，那么上升后将到达0.1bar的极限。最终导致浅水昏迷。如果水下10米处的氧分压为0.18bar，潜水员必然在水下4米到水面之间发生昏迷。

## 越接近水面，压强下降越快

上升至水面的最后几米时，压力的相对变化最快，浅水昏迷的危险性也最大。水下30米（4bar）到20米（3bar）之间，压力仅下降四分之一，而水下10米到水面的距离中，压力下降50%。

## 安全员的角色

这就是为什么自由潜水员在上升过程中的最后10米最为关键以及为什么安全员的角色至关重要。大多数麻烦和意外都发生接近水面的地方，所以AIDA标准流程要求安全员在水下至少10米处和潜水员会和。对于大深度下潜，建议安全员在更深处与潜水员会和，以做到在他下潜深度三分之一的地方陪同他一起上升。

## 7.5 自由潜水中的水面间隔时间

不久前大家还在认为只有呼吸压缩气体的潜水员会发生减压病（DCS），比如水肺潜水或者技潜。这些潜水员在水压下吸入大量氮气。如果一个水肺潜水员上升速度过快，溶于组织的氮气将“分离”出血液，形成泡沫。这些泡沫会堵塞流向组织的血液，造成损伤，导致减压

病。

自由潜水在这些年的发展证明了DCS同样可以影响自由潜水员。由于自由潜水依然是一个非常崭新的领域，对于它的认识日新月异。然而至今仍未清楚自由潜水员在多大深度、多长时间会吸入多少氮气。过去二十多年的观测发现，深度和时间产生的影响因人而异。不同的人在自由潜水期间或之后，对减压病（DCS）症状的敏感度也有所不同。

## DCS的征兆和症状

以下为DCS的症状：

- 长时间疲劳
- 胳膊、腿部或躯干疼痛
- 头晕或眩晕
- 呼吸急促或呼吸困难
- 局部麻木、刺痛或麻痹

作为自由潜水潜伴，你可以通过以下征兆来判断潜水员是否发生DCS：

- 斑状皮疹
- 关节瘙痒
- 行动不稳
- 咳嗽痉挛
- 无法站立
- 失去意识

如果你出现以上任意一种或几种症状和征兆，立刻终止潜水并且寻求医疗协助。如果条件允许，在到达医疗机构前一直吸入纯氧。



## 经验法则

在AIDA3课程中你最多能够下潜到30米深度。你可以根据以下公式来计算这些深度的下潜间隔时间：

- **水面时间 = 2倍潜水时间**

举例如下：

- **潜水时间30秒：水面间隔时间1分钟**
- **潜水时间2分钟：水面间隔时间4分钟**
- **以此类推。**

大于30米的下潜，运用两种不同的规则。这些规则将在AIDA4课程中做详细介绍：

- **30-55米的自由潜水：水面时间 = 深度（米） / 5**
- **55以下的自由潜水：24小时内仅一次下潜**

这些经验法则能够极大程度保证安全，尽可能使自由潜水员不出现DCS症状。然而你体内逐渐累积的氮气量取决于你的潜水次数、体型、健康状况以及很多其他因素。你应时刻对任何反常现象保持警惕并迅速做出反应。

## 章节 07 知识点回顾

为什么昏迷毫无益处？

在哪些情况下会发生脑缺血？

在自由潜水语境中，浅水昏迷的定义是什么？

只有吸入压缩气体的潜水员才会发生减压病，比如水肺潜水。判断对错。评价！





## 章节08

# 训练的概念

理论上来说，以下三个训练概念，或者说“训练表”，看起来相似，然而却带有不同的训练目的：

1. **热身表**：为了在接下来的一次潜水中取得最好成绩，设计一个自由潜水训练表（泳池或开放水域）。
2. **CO<sub>2</sub>耐受表**：设计一个训练表以提高CO<sub>2</sub>耐受度。
3. **O<sub>2</sub>训练表**：一种极限自由潜水的概念，用来提高你在低氧水平下的功能表现。

在AIDA3课程中，你将会学习如何根据自身需求应用前两个训练表。由于这些需求根据每个人的训练程度和个人特性而有所不同，很难通过简单复制其他人的训练表来达到自己的训练目的。你需要设计一个私人训练表。通过应用这些训练表，你将会迅速提高能力，并且需要不断调

整它们的上限，以保持最佳训练效果。

## 8.1 热身以达到最佳表现



图12：自由潜水员进行“悬挂”

### 让身体进入“自由潜水模式”

为了达到个人最好成绩，你需要让身心皆进入“自由潜水模式”。给自己一些时间来放松肌肉，放缓心跳，放轻呼吸，慢慢进入状态。一个自由潜水员需要多长时间来进行热身是因人而异的，比如个人经验、潜水前的身体活动、紧张程度等等因素，都会造成区别。

在开放水域中，热身通常包括几次缓慢、小深度以及短时的下潜，在泳池中的热身则由一系列的短暂闭气训练组成。在热身过程中，自由潜水员应该将注意力集中在放松和接下来的下潜上，尽量忽视周边环境。



## 生理和心理上的放松

热身的主要目的为放松。心理和身体上的放松以一种互相强化、良性循环的方式彼此连接。心理越安逸，身体越平静，进而让心理更加放松。正如在AIDA2课程中大篇幅所建议的那样，放松练习需要专注于身体静止不动。将思维集中在如何放松本身就能让心理平静下来，避免胡思乱想。

在几次热身下潜过程中，你应该专注于当下。在做出最好成绩的尝试下潜之前，进行放松练习时，在脑中想象下潜每一个阶段的画面，这可以令你在心理上对即将开始的尝试做好准备（见下章）。

## 介绍哺乳动物潜水反射

除了心理上的准备，一系列热身下潜（热身表）所引发的生理反应叫做哺乳动物潜水反射。这个自由潜水中的主要概念将在章节9中做出讨论。

## 想象下潜画面和“无热身下潜”

一些自由潜水员通过心理训练来进行热身。对于心理和身体来说，真实下潜和在脑中想象下潜画面其实并无不同——生理和心理反应非常相似。一些经验丰富的自由潜水员会进行“无热身”最好成绩尝试，成功利用此概念达到极限。这些自由潜水员应用一系列放松技术并且在陆地上、船上或水面上想象下潜画面，以此进行热身。最好成绩尝试的下潜本身其实是当天的第一潜。

想象下潜画面不仅仅是一个强大有效的概念，它普遍适用于所有自由潜水。你能够只靠想象就成功训练整个下潜过程。请想象自己正在下潜，不要省略任何细节，一步一步来：做出AIDA2中所学到的鸭式入水的三个步骤，然后将头部伸直，感受自己的身体形成一个紧凑的流线型，轻松做出压力平衡，正确踢蹼……等等。想象画面以完成三次（或更多）恢复呼吸并且向潜伴比出ok手势作为结束。

在脑中想象下潜画面可以对真实下潜的质量有极佳帮助：你可以通过多次重复想象来使自己的思维程序化，并且在开始下潜时简单地“按下开

始键”就可。



一般通过攀绳下潜（FIM）进行热身

## “节省腿力”法

自由潜水恒重下潜的限制因素在于下潜最后阶段中腿部肌肉等活动肌肉对乳酸的耐受度。在乳酸耐受度达到最大值后，你的肌肉可能会无法移动，我们称这种现象为“腿部沉重无力”。因此以尽可能少的体力进行热身下潜至关重要，能够避免不必要的乳酸堆积。攀绳下潜（FIM）技术是热身的最佳选择，因为你在用一种缓慢放松的方式拉着绳子上下，而身体其他部分都在尽可能放松。这样你能够在水下给予自己充足的时间，同时让乳酸堆积尽量保持最少。

## 热身表范例

图13是为STA（静态闭气）最好成绩做准备的一个典型热身表范例。使用“第一次抽动”作为时间提示能够让你精确估算水下时间。如此你可以在热身过程中避免不小心超出个人极限。要注意，如果你有点紧张，不够完全放松的话，你的抽动将会提前少许。

放松	闭气
3分钟	第一次抽动
3分钟	第一次抽动 + 30秒
3分钟	第一次抽动 + 1分钟
6分钟	最好成绩

图13：静态闭气（STA）的热身表范例

除了计算热身环节的时间以外，还可以使用“第一次抽动”作为时间提示。将热身训练所达到的时间长度作为标准并不适用于每一天的身体状况。比如某天三分的闭气感觉非常轻松，但其他时候三分钟可能已经超过你的个人极限。不如转而去感受血液内二氧化碳浓度上升所引发的每次抽动。根据当天的生理和心理状态，你可能会很快到达这个时间点，而其他更放松的时候，抽动前的闭气时间会被延长。

在设计并且写下热身表后，你可以将之展示给潜伴并且与他进行讨论。潜伴的职责在于全程引导你进行这些热身训练。其中包括在你闭气即将结束时提示时间（比如在静态闭气中），以及告知下一次闭气流程。

范例：“接下来将是你的第三次热身，你将会感受到第一次抽动，继续闭气，我会在旁边为你倒数一分钟。现在你的放松时间为两分半，慢慢来。我将会在还剩两分钟的时候做出提示。



静态闭气（STA）中的潜伴队伍



你将会根据经验找出最适合自己的热身程序。一些自由潜水员喜欢进行以上范例中所示范的流程，做三次热身训练，另一些则不做热身就开始最好成绩的尝试。热身训练表取决于个人设计，请记住没有绝对的“最佳方式”。

放松	陆地 STA 或 DYN
3分钟	陆地STA直到第一次抽动
3分钟	陆地STA直到第一次抽动 + 20秒
3分钟	DYN 25米
5分钟	最好成绩

图14：动态闭气热身表

放松	STA 和 DYN
3分钟	STA 1分钟 然后25米DYN 切换时保持闭气
5分钟	最好成绩

图15：同时包含静态闭气和动态闭气的热身表

**图15**所示的热身表在自由潜水动态闭气比赛中非常普遍。大部分放松活动在泳池外正式开始热身表之前就开始了。一旦运动员进入水中，他/她在尝试最好成绩之前只需要十分钟的时间。缩短水中时间能够让自由潜水员身着尽量薄的湿衣（如果有的话）而不会感到寒冷。

在静态-动态模式下，自由潜水员将会进行一个固定时间（由教练或潜伴做出倒数）的静态闭气，然后没有任何休息或换气，立刻开始一次较轻松的动态闭气。在完成这一流程后，一定要留出充足的恢复时间，然后再进行最好成绩的尝试。

放松	攀绳下潜（FIM）
3分钟	缓慢攀绳到水下10米深度，（或中性浮力点），然后缓慢攀绳上升
3分钟	缓慢攀绳到中性浮力点，悬挂30秒，缓慢攀绳上升
3分钟	缓慢攀绳到中性浮力点，悬挂直到第一次抽动，缓慢攀绳上升
5分钟	最好成绩

图16：为恒重下潜最好成绩热身表

正如在动态闭气中一样，尝试踢蹼下潜（CWT）最好成绩之前，节省腿部力量至关重要。因此所有热身下潜都要通过攀绳完成。除了拽绳动作之外，没有其他身体动作，自由潜水员因此能够保持大部分身体完全放松。

进行图16所示的热身表时，自由潜水员需要为第二次热身准备一个潜水电表，但是这可能会有一些负面影响。和STA的热身相似，建议使用第一次抽动来估算在水下的“悬挂”时间。抽动后自由潜水员开始在心里计数。这种计数方式非常方便，一般来说热身表无需极为精确，但是需要极为放松。

要记住你应该根据个人需求、喜好和训练目标来调整热身表。与训练表相似（见下章），热身表是一个非常私人的流程，它可以是一种例行程序，或者对于一些人来说甚至是需要不断进行重复的日常。但是不要过于依赖这个程序。就算在热身过程被打断或出现干扰，你依然能够进行最好成绩尝试。放松的力量取决于你自己，而不是取决于热身表。



自由潜水比赛是对“最好成绩”的最终考验

## 8.2 二氧化碳训练表

训练表是一个系统有效的训练闭气能力的方法。在每个表中都会设计一系列的闭气，用来提升高二氧化碳耐受度或者低氧耐受度。每一个表只会着重训练其中一种耐受度，请不要进行二者的混合训练。

### 二氧化碳耐受

二氧化碳表基于每次闭气都令体内的二氧化碳浓度上升而设计。其目的在于提高生理和心理的二氧化碳耐受度。

### 静态或动态

二氧化碳表可以在完全放松状态下（静态）或运动状态下（动态）练习。如果你进行的是动态二氧化碳表，还可以训练肌肉对乳酸的耐受度（又见AIDA4中的训练大纲设计）。

### 水中或陆地

你可以在陆地上进行二氧化碳耐受训练，比如在床上放松时（静态）或者在公园里散步时（动态）。你同样可以在泳池或者平静水域中进行这两种方式的练习，但是一旦你在水中开始闭气训练，就必须有一个有资格的潜伴在旁全程进行照看。记住：在距离较近的地方各自训练对于安全程序来说远远不够。一人下潜，另一人进行照看才能保证安全。然后再角色互换。

### 不应有低氧风险

精心设计的训练表由于会引发体内的高二氧化碳浓度而非常具有挑战性。训练表能够让你在两次闭气之间有足够的时间恢复体内的氧气浓度，却不足以完全排出二氧化碳。这意味着在参照训练表进行闭气时，二氧化碳浓度将会升高并逼近你的承受极限，但是身体绝对不会处于低氧状态。



## 设计原则1：闭气时间不变

闭气时间和二氧化碳耐受因人而异，因此根据个人需求而设计训练表才最能发挥其效果。以下是几个设计原则中的首要原则：呼吸时间有所变化，而闭气时间保持不变。在典型的二氧化碳表中（见**图17**），闭气时间固定，呼吸时间依次递减。

呼吸	闭气
2分钟	2分钟
1分45秒	2分钟
1分30秒	2分钟
1分15秒	2分钟
1分钟	2分钟
45秒	2分钟
30秒	2分钟
15秒	2分钟

图17：以时间为基准的静态二氧化碳耐受训练表范例

## 设计原则2：使用接近静态闭气最好成绩的一半时间

你应该首先测量静态闭气的最长时间（maxSTA），然后再根据原则2设计自己的首个二氧化碳表。你可以采用热身表来测试最好成绩（见上章）。一旦你取得静态闭气最好成绩，设计二氧化碳表时用其中的一半时间来作为起始点。

**范例：**如果你的最好成绩是3分20秒，第一个二氧化碳表的闭气时间为1分40秒

### 设计原则3：8组静态闭气或20组动态闭气

经典静态二氧化碳表通常包含8个放松闭气。然而动态表中你在保持运动状态，意味着身体制造更多二氧化碳。因此在动态表中的闭气时间会比静态表要短得多。由此建议将训练表设计为20轮，或者20组闭气。

呼吸	距离	重复练习
1分15秒	25米	4
1分钟	25米	4
45秒	25米	4
30秒	25米	4
15秒	25米	4

图18：以时间为基准的动态二氧化碳表范例

在图18所示的二氧化碳表中，你将每一行重复四次，然后再进行下一行。训练表一共有五行，意味着你会做20次闭气。

### 以时间为基准的训练表

如果你在床上放松时开始进行静态闭气表，可以轻松的使用秒表来计算时间。手机上也有很多在线app来帮助你制定私人训练表，甚至自动为你计算表格时间。App会像潜伴一样“引导”你做完整个流程。要记住独自练习闭气必须在陆地上进行。

如果你选择在水中训练，必须有潜伴在旁全程进行看护。你的潜伴同样可以引导你完成二氧化碳表，帮助你计算时间以及重复次数。

## 以计数为基准的训练表（呼吸次数、步数等等）

以上所讨论的训练表都以时间为基准（秒和分钟）。然而还有另一种有效的方法来设计你的表格，那就是呼吸次数算法而非时间算法。举例来说，用呼吸5次来代替呼吸30秒钟。这种方法可以帮助你更精确的掌控训练表，比如说5次全呼吸（肺活量（VC），[见5.1](#)）是一种固定的气体量并且易于反复练习。

一个基于时间的训练表有时候很难按比例计算实际呼吸量。20秒的放松腹式呼吸（潮气量（TV））与20秒使用全部肺活量（VC）是截然不同的。因此呼吸次数是一种更精确的二氧化碳表设计方法。

放松	闭气
8次呼吸	2分
7次呼吸	2分
6次呼吸	2分
5次呼吸	2分
4次呼吸	2分
3次呼吸	2分
2次呼吸	2分
1次呼吸	2分

图19：以呼吸次数为基准的静态二氧化碳训练表范例

动态表可以在不使用任何计时工具的情况下进行。例如在做“步行闭气”表时，你可以呼吸10步，然后闭气30步。这是一个适宜的陆地动态二氧化碳表的训练模式，不要求计算时间（见[图20](#)）。

另一个泳池动态表的传统范例为：5次呼吸，然后游泳（DYN）25米距离，5次呼吸，然后游泳25米距离，4次呼吸……等等。

步行时呼吸	步行时闭气	重复
30步	50步	4
25步	50步	4
20步	50步	4
15步	50步	4
10步	50步	4

图20：以步数为基准的动态二氧化碳训练表范例

### 8.3 氧气训练表

以上所述的二氧化碳耐受训练表能够产生显著效果。但是无论对二氧化碳的耐受能力有多高，你依然会感受到血液中二氧化碳浓度在上升。这些训练表的意义在于能够良好应对高二氧化碳浓度，甚至从中获益，比如触发哺乳动物潜水反射（见[章节9](#)）。

高二氧化碳耐受能够延长闭气时间，你可能因此在潜水快结束时发生低氧。可以通过训练低氧耐受度，令身体和心理在延长闭气时间后，即使处于这种极端情况也能够正常运转。但是这种训练形式并不属于休闲自由潜水，而是极限自由潜水。在休闲自由潜水中，你绝对不可能处于低氧状态。频繁低氧、丧失行动能力甚至昏迷都毫无益处。





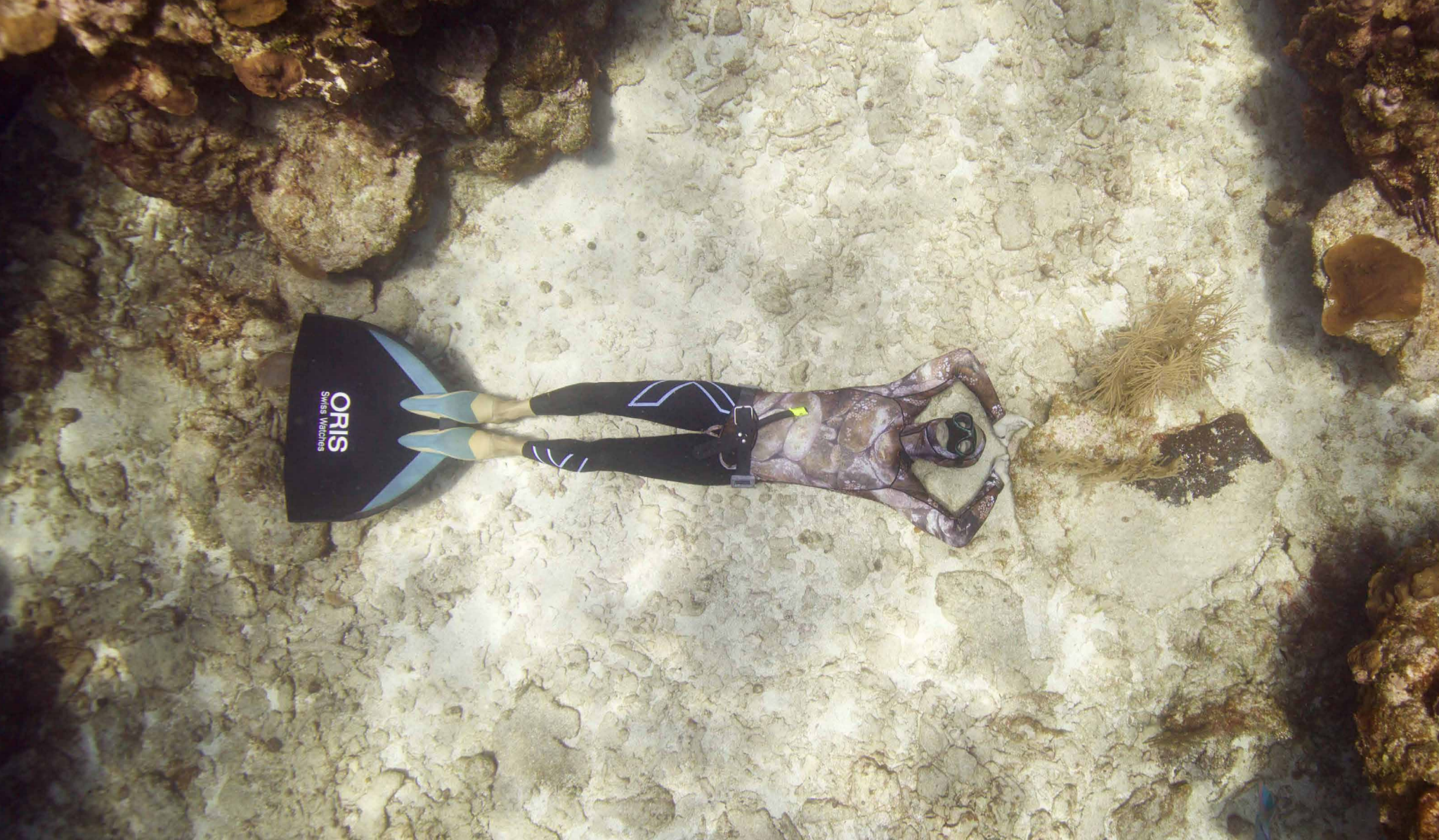
潜伴跟随刚完成最好成绩尝试的自由潜水员上升

## 章节 08 知识点回顾

什么是“节省腿力”法？

二氧化碳表的基本原理是什么？





## 章节09

# 哺乳动物潜水反射（MDR）

医学界长久以来都认为人类无法一口气下潜过深，因为周围上升的压力会压迫自由潜水员的肺部导致出现不可避免的损伤。但是很快就出现大深度自由潜水员，他们不仅活着回到水面，还毫发无损。这给医学界带来了极大震动。

此外，我们无法得知如日本海女、希腊海绵采集者或渔猎手等专业闭气潜水员，是如何做到多次长时间闭气并且同时保持运动状态的。更神奇的是这些潜水员就算在陆地上完全放松并且不在肢体动作上浪费任何能量，也不一定能做到同样的闭气时间。

一些谜团通过现今科学得到了解释，我们称之为哺乳动物潜水反射（尽管在其他物种上也观察到了同样的反射）。这种反射存在于所有水中哺乳动物，如鲸鱼或海豚，但是对于陆地上的小型哺乳动物同样适用，其中也包括人类。



## 9.1 定义和效果

对于哺乳动物潜水反射（MDR），甚至在命名上，都依然存在学术争议。MDR是通过一些刺激而引发的一系列的身体反应（又叫“适应”）。也经常错误地被称为“潜水反射”。然而“反射”指单个刺激（如火焰）引发的单个反应（如手指碰到热锅立刻躲开），这显然不适用于MDR。

研究哺乳动物潜水反射的高压科学领域现今正在飞速发展，一系列的相关文章都在陆续发布。此章将对自由潜水领域的当前科学知识做一个概述。

### 一系列调整

哺乳动物潜水反射是一系列的身体反应或适应：

- 末端血管收缩
- 心跳变缓
- 脾脏效应
- 血液转移 / 血液补偿
- 新陈代谢变慢

### 一系列触发条件

以下一些条件或者触发原因引发了身体的调整：

- 闭气（ $\text{CO}_2$ 浓度升高）
- 浸入水中
- 压力上升（肺容量低于残气量（RV））
- 低温

触发原因和身体反应是一种具有很多可能性的相互作用的复杂系统。举例来说，高二氧化碳浓度（高碳酸血症）造成末端血管收缩，从而导致

躯干液体过多（中枢性高血压）。神经系统相应通过降低心率（心跳放缓）来恢复从心脏到整个循环系统的血量输出总量（心排量）。其他同时发生反应的路径与其组合在一起共同形成MDR。

## 节省氧气

MDR的主要作用是帮助我们在潜水中节省氧气。这个效应通过降低心率（心跳放缓，见上）和放慢新陈代谢，也就是减少身体氧气消耗来延长闭气时间。

## 更高效的利用氧气

其次，MDR令我们的身体能够在闭气过程中更高效的利用氧气。降低流向非必要肌肉和器官的血流量。这些非必要肌肉无法得到足够的血液供给，却依然可以在低氧模式下维持长时间正常运作。这种状态发生于特定肌肉的工作量高于氧气供给量时。肌肉会持续运作直到其能量储存耗尽。

## 预防肺挤压伤

第三，可能也是最重要的一点是，MDR能够在深度下对肺部进行保护。MDR的主要作用是血液转移（见下）。如果没有血液转移，任何哺乳动物，包括人类，都不可能下潜超过25-35米而不受到伤害。

# 9.2 末端血管收缩

## 四肢血管收缩

“血管”意为（血液的）管道，血管收缩指血管变窄。而血管舒张正好相反，指血管变宽。末端的意思是血管收缩发生在身体四肢，主要是双腿和双臂，其中包括手和脚。



## 供给四肢的氧气量减少

血管收缩导致通向四肢的血流量减少，其中肌肉的氧气供给也因此降低。这些受到影响的肌肉可以持续运作一段时间，但是会在低氧状态下耗尽能量储备（AIDA4将会对之做出详细阐述）。

## 更多氧气供给大脑等重要器官

减少四肢肌肉的氧气供给量意味着可以有更多血液用于躯干，以延长大脑和其他重要器官在不呼吸的状态下正常运作的时间。

## 乳酸堆积

血液循环不仅向肌肉提供氧气，还会将肌肉产生的废料运送出去，如CO<sub>2</sub>或乳酸。血管收缩所导致的血流量降低会抑制这个废料排出程序，造成四肢肌肉中乳酸的堆积。

这可以解释为什么你的双腿在大深度潜水中，特别是在做二氧化碳表时会感到“沉重”的原因。虽然表格中的休息时间足以恢复你的氧气浓度，却依然不足以在下次闭气之前排出所有腿部肌肉中堆积的乳酸。

## 耐受训练

乳酸耐受训练是二氧化碳表中的重要部分。但是每个非自由潜水领域的运动员都知道很多其他针对此耐受的方法，比如常规间歇训练。

## 水面间隔时间

由于末端血管收缩所导致的乳酸代谢速度缓慢，使得在挑战最好成绩前延长水面间隔时间变得十分关键。[章节8.1](#)中做详细讨论的热身表建议在尝试最好成绩之前至少4分钟的休息时间。有关如何计算水面间隔时间的一般方法，请参考[章节7.5](#)。

## 9.3 心跳变缓

一般来说，心跳变缓的意思是成人心率每分钟低于60次（bpm）。医学范畴来说，这是一种心率失常或者心跳不规则，但是只有在正常状态下心率低于50bpm时，才被视为健康出现问题。自由潜水在很多方面都不能被归于“正常状态”，有可能发生心率远远低于健康水平的情况出现。即使是比医学上认定为“异常”心率更低的情况，目前也并没有已知的负面后果发生。心脏是一块肌肉，在如闭气的特殊状态下放慢活动频率是对我们有益处的，能够保存更多能量。

### 心跳变缓

未经训练的人体会在MDR的影响下心率降低25%，而在训练有素的自由潜水员中，可观察到他们的心率会比普通放松状态时下降50%。

末端血管收缩和心跳变缓之间具有一定相关性：末端血管收缩越剧烈，心率下降越明显。

### 触发条件：面部浸水

仅通过面部浸水就可触发心跳变缓。这让自由潜水员可以从中获益：特别是在为挑战泳池项目最好成绩做准备时，反复将面部浸入冷水中。能够在下水之前就让心率降低。

## 9.4 脾脏效应

### 脾脏：储存红细胞的容器

当我们体内的全部血液循环通过脾脏时，这个器官充当了储存红细胞的角角色。出现紧急情况（如严重出血事故），或体内需要更多氧气供给时，可以释放这些红细胞应急。

## 脾脏收缩

在如闭气一类的特殊情况下，身体需要额外的氧气携带能力。这时脾脏会开始收缩并向血液释放储存的红细胞。

## 更多的氧气载体

红细胞数量的提升令身体能够在血液中运载更多氧气，从而加强自由潜水员的闭气能力。

## 9.5 血液转移 / 血液补偿

Enzo Maiorca在1962年成为首个下潜超过50米并且毫发无损的自由潜水员。在此之前，这种行为被认为对人体有害，因为人们推测肋骨会因为上升的水压而向内变形。然而在1974年，针对Jacques Mayol的研究终于发现所有哺乳动物包括人类，存在一种可以下潜至更深的生理机制，这种机制叫做血液转移，又称为血液补偿。

### 胸腔中的血液

由于末端血管收缩，大量血液可用于保护重要器官和大脑。

### 肺泡血管扩展

当自由潜水员下潜超过残气量深度（RV，见[章节5.2](#)）时，由于血液转移的作用，肺部仍然可以继续被挤压。肺泡的血管获取更多血液并且开始扩张！

### 补偿由于压力所造成的体积减小

肺泡血管吸收血液并开始扩张（血液补偿）。因此能够占据在水面上时空气在肺泡中所占据的空间。把肺泡想象成一个橘子：果肉是肺泡内的空气量，果皮是环绕着“气囊”的血管。当这个橘子在水中越沉越深时，果肉的体积随着压力的增大而越来越小，果皮紧接着开始膨胀以补偿

减小的体积。橘子整个体型的缩小速度比单个果肉的缩小速度慢：也就是说在大深度下，橘子的果肉更小而果皮更厚。（当然，现实生活中的橘子由液体和固体组成，在水下不会被压缩，这里只是打个比方。）

## 防止肺部承受过多负压

以上提到在不减小肺部整体体积的情况下，肺泡中的空气可以被压缩的比预期更小。因此血液转移能够防止肺部产生负压。

## 预防肺挤压伤

血液转移能够预防肺挤压伤。因此下潜超过RV深度对人体不会产生伤害。然而肺挤压伤的主要原因是下潜超过RV深度时，尽管由于胸腔和横膈膜柔韧性不足而导致肺部已经出现负压，却依然继续下潜。血液转移可以推迟肺部中负压的产生，我们因此可以下潜更深。为了给身体足够时间以适应递增的深度，循序渐进和重复训练至关重要。血液转移不能一蹴而成，它是一种因环境变化而产生的生理反应，需要足够的时间和训练才能行之有效。胸腔柔韧性（减少残气量RV，见[章节5.4](#)）缓解压力，再配合血液转移，可以令我们在大深度下安全潜水。但是所有这些能力都需要长年累月的提升和适应才能达成。因此给自己充足的时间，付出耐心，每次下潜都不要有一丝松懈：

**一旦感觉胸腔出现不适，立刻做好终止下潜的准备。记住，优秀的自由潜水员不会出现肺挤压伤、桑巴或昏迷。**



## 9.6 新陈代谢减慢

新陈代谢是指生物体有机细胞之间的所有化学交换过程。这个抽象定义包含一些极为具体的身体活动，比如消化。其中一些化学活动利用氧气将营养转换为能量和体热。

### 低代谢率

低代谢率是身体所有生化过程变缓直到低于“正常水平”的一种状态。这可以通过胃部对自由潜水的反应来察觉。在自由潜水过程中由于胃部停止消化，身体可能会发生呕吐以排出胃中的食物。

低代谢率因此能够降低身体对氧气的摄取量，进而在闭气过程中向重要器官和大脑供给更多氧气。

### 可能出现的副作用：体温过低

身体所有生化反应都会释放出热能并随之产生体热。如果一个自由潜水员过长时间保持低代谢率，他/她可能会更快感到寒冷。在一些极端情况中，甚至会造成体温过低（低温症）的现象发生，潜水员会开始颤抖并且无法放松。

## 9.8 激发哺乳动物潜水反射（MDR）

### 人类的MDR天生比较薄弱

哺乳动物潜水反射在海洋哺乳动物中表现非常明显，然而人类的MDR天生比较薄弱。尽管如此，脸朝下跳入冷水中可以立刻降低心率。这种现象被称为心跳变缓，是哺乳动物潜水反射中重要的一环。

### 可以通过训练强化

对于大多数非自由潜水员的人们来说，哺乳动物潜水反射可以被视为多年未经利用的一项生理机制。开始尝试自由潜水意味着启动这一被遗忘

的机制，让之焕然一新。通过多次重复，这个陈旧生锈的机制开始变得行云流水。就像自由潜水中的所有能力一样，这需要足够的耐性和训练。只要给予充足的时间，哺乳动物潜水反射能够更加明显，更加迅速以及更加有效。

## 在尝试最好成绩之前先热身

在尝试最好成绩之前先热身的最主要原因是激发哺乳动物潜水反射（见[章节8.1](#)）。

## 9.8 浸泡导致的利尿

### 原因：末端血管收缩

四肢中可用的血液量由于末端血管收缩而降低，因此更多供给重要器官，如心脏、肺部和大型内脏血管。

### 躯干内液体过剩

这会导致肺循环中的血液量急剧上升，又被称为体内液体过剩。

### 激发尿液产生

肾脏于是立刻开始制造尿液，这是最简单也最快速能够减少过剩血液量的方法：排尿。

### 脱水风险

在自由潜水前大量喝水至关重要，在之后更是如此。你会流失大量体液，并且可能会脱水。



## 章节 09 知识点回顾

什么是哺乳动物潜水反射（MDR）？

为什么血液转移对于自由潜水来说至关重要？





## 章节10

# 自由潜水行为准则

维护周边环境

小心长脚蹼

保护海洋生物

不要从海洋中拿走任何东西

不要在海洋中留下任何东西

维护潜点环境

以身作则



## 附录A

# 知识点回顾

## 2. 生理学

### 人体血液的功能是什么？

答案：运输气体、养分、废料、产物、激素和体热；防止发炎；调节血液酸碱度（pH），以及通过在身体各组织之间运输水分以保持水分平衡。

### 紫绀是什么？为什么你需要提醒潜伴他开始出现紫绀现象？

答案：紫绀也被叫做“嘴唇发紫”。由于嘴唇的皮肤最薄，低氧导致的血液颜色变化可以轻易看出。然而嘴唇发紫同样意味着自由潜水员出现低温现象。以上两种情况中，都必须对你的潜伴做出提醒，因为自由潜水员无法自己感受到紫绀。

### 扩散原理的定义。

答案：扩散是气体从高浓度区域迁移到低浓度区域的自然趋势。

### 静脉、动脉和肺部特殊循环的定义。

答案：静脉：将血液带回心脏的血管。动脉：将血液从心脏运输到各个器官的血管。肺动脉携带低氧血液由心脏出发流向肺部，肺静脉则是携带高氧血液由肺部出发回到心脏。

### 超呼吸不能改变血液中的氧气浓度，仅仅会降低其中的二氧化碳浓度，请判断正确或错误。

答案：正确

### 3. 压力平衡

#### **压力感和痛感之间是有区别的。请做出评价。**

答案：压力感是需要做出有效压力平衡的基础条件，而潜水中耳朵感到疼痛则是需要立刻停止下潜的信号。

#### **为什么不建议使用海水冲洗鼻窦？**

答案：海水并不是通常所说的那种“生理盐水”，含有很多污染物和有机物，其中包括大量细菌以及其他可造成感染的因素。你应该尽量避免海水进入体内，但是少量海水不会造成严重后果。

#### **不管你使用哪种压力平衡技术，重点是什么？**

答案：只运动必要的肌肉，并放松其他肌肉。脖子或下巴紧绷是令压力平衡难以进行的常见错误。

### 4. 气压伤

#### **如何防止发生气压伤？**

答案：通过做压力平衡平衡体内器官组织所受到的压力，减少和外界之间的压力差，就可以避免发生气压伤（又称为“挤压伤”）。如果发生气压伤，请记住以下准则：“保持干燥，就医”。

#### **耳膜穿孔的症状是什么？**

答案：剧烈的疼痛、眩晕感和失去方向感。

#### **中耳气压伤是如何发生的？**

答案：如果你无法进行压力平衡却依然继续下潜，血液和其他液体可能会被迫进入中耳，将中耳部分或完全充满。

#### **为什么要重视疑似中耳气压伤并且必须就医检查？**

答案：中耳中的液体会带来很高的感染风险，进而导致中耳炎。

### **为什么在发生逆向阻塞时，应该避免进行压力平衡？**

答案：压力平衡会向鼻窦充入更多气体，然而逆向阻塞时鼻窦或中耳已经有过多气体了。这时应该尽量缓慢地上升，如果无法找到方向的话使用导潜绳作为指引。困住的空气最终会释放出来的。

### **什么是气压性眩晕症？**

答案：气压性眩晕症（AV）一般会发生在上升过程中，指一只耳朵减压速度慢于（或未完全减压）另一只耳朵。中耳内的压力差会导致大脑将此状态误认为身体活动。由此出现失控的眼球移动、恶心、想吐、耳鸣以及听力下降等AV症状。

### **贴合良好的头套会造成头套挤压。请做解释！**

答案：如果头套贴合良好（比如这是一件相当合身的湿衣），空气可能会被困在头套和耳膜之间的耳道中，在上升过程中空气受到挤压，会造成耳膜或耳道的损伤。

### **在下潜过程中，如果发生鼻窦阻塞，你应该如何避免鼻窦挤压？**

答案：如果你遇到鼻窦阻塞，立刻抓住导潜绳停止下潜，放松并重新尝试压力平衡。如果疼痛没有消失，你必须终止潜水并且缓慢上升。

### **避免鼻窦阻塞的最好建议是？**

答案：不要在感冒或鼻塞时潜水并且补充大量水分。

## **5. 深度下的肺部容积**

### **什么是残气量？**

答案：残气量（RV）是完全呼气后的肺部剩余空气量。平均为25%的肺总容积（TLC）。

## 提高肺活量最有效的方法是什么？

答案：首先，练习“一口全呼吸”的正确技术（两段式呼吸，见AIDA2）能够帮助你完全充满肺部。其次，通过拉伸横膈膜能够减少残气量，进而提高肺活量。

## 什么是失效深度？

答案：失效深度是达到残气量（RV）而无法正常进行压力平衡的深度。

## 肺部损伤在升水后有几种症状。列举至少其中两种症状。

答案：你可能会持续感到胸部发紧。呼吸道有某种程度的堵塞，造成呼吸时出现杂音。即使升水后已经恢复数次呼吸，依然持续感到呼吸困难。你可能想咳嗽几声来清一下嗓子，如果你这样做，会咳出粉红泡沫状液体。最后你可能会持续感到乏力。

## 列举四种以上有助于避免肺挤压的好建议！

答案：下潜时保持自我意识；潜水要放松，否则就不要潜水；如果感到寒冷，终止潜水；拉伸肋间肌和横膈膜；在深度下采用正确的转身；慢慢适应深度。

## 6. 浮力

**“过重”很明显会带来危险，但是“过轻”也不代表在自由潜水中就是安全的。请做评价。**

答案：“过轻”可能会让你在潜水的第一阶段为了抵抗浮力而消耗过多！

**解释并作出评价：“过浅的中性浮力无法弥补技术不足。”**

答案：过浅的中性浮力意味着下潜时过重。如果你有下潜的困难，改善你的鸭式入水技术才是关键。加太多配重是不负责任和危险的。

**如果在自由落体时失去平衡，可以使用哪些主要方法来做出纠正？**

答案：头部与身体保持一条直线，竖直的身体姿态，配重在配种带上均匀分布，适当的速度，躯干放松，一只手滑过导潜绳，等等。



## 7. 低氧与昏迷

### 为什么昏迷毫无益处？

答案：就算发生多次昏迷，大脑也无法适应低氧下的工作状态。

### 在哪些情况下会发生脑缺血？

答案：低血压，站起速度（过）快，超呼吸所导致的脑缺血，颈部的头套过紧，被勒住脖颈，湿衣下方包有空气，等等。

### 在自由潜水语境中，浅水昏迷的定义是什么？

答案：在自由潜水快结束时由于低氧所导致的意识丧失。低氧是在上升过程中，水压变化所导致或加剧的。

### 只有吸入压缩气体的潜水员才会发生减压病，比如水肺潜水。判断对错。评价！

答案：错误。减压病（DCS）同样可以因为深度以及上升速度等因素影响自由潜水员，不单单只有水肺潜水中“底部时间”一个原因。

## 8. 训练的概念

### 什么是“节省腿力”法？

答案：自由潜水恒重下潜的限制因素之一在于下潜最后阶段中活动的肌肉，主要是腿部肌肉对乳酸的耐受度。我们称这种现象为“腿部沉重无力”：在乳酸耐受度达到最大值后，你的肌肉可能会无法移动。因此应该以尽可能少的体力进行热身下潜。

### 二氧化碳表的基本原理是什么。

答案：二氧化碳表基于每次闭气都令体内的二氧化碳浓度上升而设计。训练表能够让你在两次闭气之间有足够的时间恢复体内的氧气浓度，却不足以完全排出二氧化碳。其目的在于提高生理和心理的二氧化碳耐受度。

## 9. 哺乳动物潜水反射

### 什么是哺乳动物潜水反射（MDR）？

答案：MDR是通过一些刺激而引发的一系列的身体反应，能够帮助你储存更多氧气，更有效地利用氧气以及防止发生肺挤压伤。

### 为什么血液转移对于自由潜水来说至关重要？

答案：当自由潜水员下潜超过残气量（RV）深度，由于血液转移，肺部仍然可以被继续挤压：肺泡血管吸收更多血液而扩张。

# 工作人员

## 作者

Oli Christen

## AIDA International 负责人

Jean-PolFrançois

## 中文翻译

晓蓉

小胖儿

羊小幻

陆卿

吴超

## 排版

Jussi Rovanpera

Sun Choi

## 医疗建议

Per Westin

## 插图

Francine Kreiss with Felice Mastroleo

## 校对

Felice Mastroleo

Christian Langer

Jonathan Sunnex

William Trubridge

Walid Boudhiaf

Claude Chapuis

Carlos Coste

Nicole Heidenreich

## 照片

Kimmo Lahtinen :

Cover, 6, 14, 23, 34, 45, 53, 62, 67, 70, 77, 86

Matt Beanland :

1

Luca Vaime :

15, 65, 76

Jussi Rovanpera :

32, 51, 61, 63

David Trubridge :

42

Daan Verhoeven :

87

AIDA3进阶自由潜水v1.04.00SC简体中文版2019

版权所有2015 AIDA International Freediving