



# Investigation on Alternobaric Vertigo of Gradational Simulated Saturation Diving with the Deepest Saturation of 480m to -493m

Jianguang Zhou<sup>1,\*</sup>, Changyun Liu<sup>2</sup>, Yingqi Zhou<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Naval Center for Specialty Medicine, Shanghai, China

<sup>2</sup>Hongkou District of Changhai Hospital Affiliated to Naval Medical University, Shanghai, China

## Email address:

zhoujg411@aliyun.com (Jianguang Zhou), Liucy21xh@126.com (Changyun Liu), zhouyingqi81@163.com (Yingqi Zhou)

\*Corresponding author

## To cite this article:

Jianguang Zhou, Changyun Liu, Yingqi Zhou. Investigation on Alternobaric Vertigo of Gradational Simulated Saturation Diving with the Deepest Saturation of 480m to -493m. *Science Discovery*. Vol. 9, No. 1, 2021, pp. 27-31. doi: 10.11648/j.sd.20210901.15

Received: February 23, 2021; Accepted: March 8, 2021; Published: March 12, 2021

**Abstract:** Objective To provide medical support for deep helium-oxygen saturation diving. Methods According to the data, the diagnostic criteria of Alternobaric vertigo were established. Gradational simulated saturation diving at 65 m, 250 m and 480m helium-oxygen saturation -493 m (hereinafter referred to as 480 m) in 500m saturation system, questionnaire, physical examination, Nystagmus view detector and Magnetic resonance imaging were used to check divers before and after each pressure exposure. Results 1 person at 250m and 480 m after leaving the cabin each had hyposmia, and 1e person at 250m and 480 m after leaving the cabin each had knee reflex (+), but the two sides were symmetrical. 1 person at 250m and 480 m after leaving the cabin each had finger nose test (+), and 1 person at 480 m after leaving the cabin had heel-knee-tibia test (+). 1 person at 65m, 250m and 480 m after leaving the cabin each had hyperemia in the eardrum, and 1 person at 250m and 2 people at 480 m after leaving the cabin had caloric test (+), all on the right side. 2 people at 250m and 480m after leaving the cabin each were found to be impaired by electrical audiometry. All the abnormal people above were reexamined normal the next day. When the pressure changed, there were 5 person-times of dizziness (13s on average), 4 person-times of aural fullness (177.5s on average), 7 person-times of shaking sensation (337.14s on average), 5 person-times of nausea (312s on average), 3 person-times of dizziness (15min on average), 1 person-time of headache in total (20s), 6 person-times of Romberg and 2 person-times of Fukuda in total. Alternobaric vertigo was diagnosed 1 person-time and most likely 1 person-time at 65m, 2 person-times and most likely 2 person-times at 250m and 3 person-times at 480m. Conclusion Alternobaric vertigo occurs frequently in deep helium-oxygen saturated diving, which is characterized by short time, complete reversibility and no influence, but should be paid attention to.

**Keywords:** Helium-oxygen, Saturated Diving, Divers, Alternobaric Vertigo

## 深度递增模拟氦氧最深480m饱和-439m巡回潜水变压性眩晕的调查

周建光<sup>1\*</sup>, 刘长云<sup>2</sup>, 周颖奇<sup>1</sup>

<sup>1</sup>海军特色医学中心, 上海, 中国

<sup>2</sup>海军军医大学附属长海医院虹口院区, 上海, 中国

## 邮箱

zhoujg411@aliyun.com (周建光), Liucy21xh@126.com (刘长云), zhouyingqi81@163.Com (周颖奇)

**摘要:** 目的: 为大深度氮氧饱和潜水提供医学保障。方法制定变压性眩晕诊断标准, 在500m饱和系统进行模拟65m、250m、480m氮氧饱和-493m(以下简称480m)巡回潜水实验中, 采用问卷、查体、眼震视图仪、核磁共振等对潜水员入舱前、出舱后进行检查。结果: 250m、480m出舱后各有1人嗅觉减退, 各有1人指鼻试验(+), 各有1人膝反射(+), 但是双侧对称, 480m出舱后有1人跟膝胫实验(+), 65m、250m、480m出舱后各有1人鼓膜充血, 250m出舱后1人, 480出舱后2人冷热实验(+), 均右侧, 250m、480m出舱后各有2人电测听示感音性受损, 以上所有异常者第二天复查均正常。压力变化时天旋地转5人次, 平均13S, 耳闷4人次, 平均177.5s, 摇晃感7人次, 平均337.14s, 恶心5人次, 平均312s, 头昏3人次, 平均15min, 头痛1人次, 20s, Romberg6人次, Fukuda2人次。变压性眩晕65m确诊1人次, 极可能1人次, 250m确诊2人次, 极可能2人次, 480m确诊3人次。结论: 大深度氮氧饱和潜水变压性眩晕多人发生, 特点是时间短, 完全可逆, 但是应引起重视。

**关键词:** 氮氧, 饱和潜水, 潜水员, 变压性眩晕

## 1. 引言

1957年美国海军潜水生理学家Bond提出饱和潜水概念, 提高了潜水作业效率, 但由于氮麻醉的影响, 深度大于36.5m的饱和潜水应用氮氧混合气, 称为“氮氧饱和潜水”[1]。我国上世纪70年代起进行了一系列空气饱和以及氮氧饱和潜水医学的研究, 80年代后进行了一系列大深度氮氧饱和潜水医学保障的研究, 从实验室模拟到海上实潜, 饱和深度从80m到350m, 取得饱和潜水对机体生理影响以及医学保障的研究成果[2, 3]。

1965年, Lundgren[4]对550名潜水员的调查研究中首次命名了“变压性眩晕”, 指外界压力变化时急性发作的旋转性眩晕。飞行员在飞行过程中也存在压力变化的, 对于飞行员的变压性眩晕的研究较多[5,6], 而对于潜水员的研究报道则较少, 随着人类向深海探索的需要, 更大深度饱和潜水的医学研究是重要的课题。某研究所在500m饱和潜水系统进行了深度递增模拟65m、250m、480m氮氧饱和潜水实验[7], 笔者作为临床保障医师进行了相关调查, 现将结果进行报道。为越来越多的常规潜水以及饱和潜水作业提供临床医学保障知识, 能够使更多的潜水医师认识和诊断此病, 并能够准确处理, 可进一步保障潜水员健康, 提高潜水作业效率, 并为进一步加深饱和潜水实验提供参数。

## 2. 研究对象与方法

### 2.1. 研究对象

9名潜水员, 年龄25~34岁, 潜龄6~16年。饱和潜水实验在某医学研究所500m饱和潜水系统内进行。潜水员身体及心理均健康, 无眩晕相关疾病病史, 选拔情况见文献[7]。

### 2.2. 方法

#### 2.2.1. 深度递增模拟模拟氮氧饱和潜水方法

深度递增模拟分3个阶段5次饱和潜水组成, 分别为65m(2次): 加压2h, 饱和逗留48h, 减压52h; 250m(2次): 加压13h, 饱和逗留47h, 减压178h; 和480m(1次): 加压

82h, 480m逗留-493m巡回49h, 减压302h。潜水具体过程参阅文献[7]。

#### 2.2.2. 体检及检查

每次饱和潜水前1周以及出舱后第2d和1月均住院检查, 进行神经科以及耳鼻喉科副主任医师以上医师体检, 发现异常则另一名主任医师复检。除常规查体外, 神经内科进行Romberg试验以及Fukuda试验, 耳鼻喉科进行电耳镜检查、电测听以及前庭功能检查: 采用丹麦尔听美查特眼震视图仪进行检测, 包括自发性眼震、变位试验和冷热试验。潜水前后行头颅以及内耳MRI检查。

#### 2.2.3. 潜水时眩晕症状记录及检查

潜水过程中如果出现以下症状及时报告并填表: 天旋地转、耳闷、耳聋、耳鸣、摇晃感、恶心、头昏、头痛, 产生症状的持续时间、潜水深度, 加压时间、减压时间等。在舱内完成Romberg试验以及Fukuda试验, 记录是否正常。如1名潜水员出现症状时, 所有同舱潜水员均完成Romberg试验以及Fukuda试验用以对照。

#### 2.2.4. 变压性眩晕诊断标准

参阅文献[5,6]制定标准: 条件:1、环境压力变化时或存在等压气体交换时发生; 2、出现1种及1种以上主要症状: 天旋地转、耳闷、耳聋、耳鸣、摇晃感, 伴有或不伴有恶心、头昏、头痛; 3、体检至少具备以下1种阳性体征: Romberg试验, Fukuda试验, 自发性眼震, 变位试验, 冷热试验阳性; 4、头颅MRI检查阴性。确诊标准为具备条件1+2+3+4, 极可能标准为具备条件1+2, 或1+3+4, 排除标准为不具条件1和4。

## 3. 结果

### 3.1. 一般资料及体检结果

因为潜水员经过严格选拔, 因此无高血压、糖尿病、高血脂等病史, 无耳鼻喉慢性病史, 无中耳炎史, 无眩晕病史, 无神经科疾病史, 无头部外伤史, 无精神疾病史, 心理评定健康。内外科检查均正常, 出舱后以及出舱1月后查体均正常。

### 3.2. 神经科查体及头颅MRI

250m、480m出舱后各有1名潜水员嗅觉减退，250m、480m出舱后各有1名潜水员膝反射(+)，但是双侧对称，

250m、480m出舱后各有1名潜水员指鼻试验(+)，480m出舱后有1名潜水员跟膝胫实验(+)，其余查体及头颅MRI异常率为0%。所有异常者第二天复查均正常。见表1。

表1 神经科查体及头颅MRI异常情况。

	65m			250m			480		
	前	出舱后	出舱1月	前	出舱后	出舱1月	前	出舱后	出舱1月
颅神经	0	0	0	0	1嗅觉减退	0	0	1嗅觉减退	0
肌力	0	0	0	0	0	0	0	0	0
肌张力	0	0	0	0	0	0	0	0	0
腱反射	0	0	0	0	1(+)	0	0	1(+)	0
巴氏征	0	0	0	0	0	0	0	0	0
指鼻试验	0	0	0	0	1	0	0	1	0
跟膝胫	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Romberg	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Fukuda	0	0	0	0	0	0	0	0	0
头颅MRI	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### 3.3. 耳鼻喉查体及内耳MRI

65m、250m、480m出舱后各有1名潜水员鼓膜充血，250m出舱后1名潜水员，480m出舱后2名潜水员冷热实验(+)，均右侧，250m、480m出舱后各有2名潜水员电测

听示感音性受损，480m出舱后有1名潜水员跟膝胫实验(+)，其余查体及内耳MRI异常率为0%。所有异常者第二天复查均正常。见表2。

表2 耳鼻喉科查体及内耳MRI异常情况。

	65m			250m			480		
	前	出舱后	出舱1月	前	出舱后	出舱1月	前	出舱后	出舱1月
耳道盯聆	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鼓膜穿孔	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鼓膜内陷	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鼓膜充血	0	1	0	0	1	0	0	1	0
感音性损伤	0	0	0	0	2	0	0	2	0
神经性损伤	0	0	0	0	0	0	0	0	0
混合性损伤	0	0	0	0	0	0	0	0	0
自发性眼震	0	0	0	0	0	0	0	0	0
眼动功能	0	0	0	0	0	0	0	0	0
变位试验	0	0	0	0	0	0	0	0	0
冷热试验	0	0	0	0	1	0	0	2	0
内耳MRI	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### 3.4. 眩晕症状统计结果

高压停留阶段无压力变化，症状不在统计中，故天旋地转发生5人次，平均13S，耳闷发生4人次，平均177.5s，

摇晃感发生7人次，平均337.14s，恶心5人次，平均312s，头昏3人次，平均15min，头痛1人次，20s，Romberg6人次，Fukuda2人次，症状发生情况统计结果，见表3。

表3 眩晕症状。

	65m			250m			480m		
	加压	高压停留	减压	加压	高压停留	减压	加压	高压停留	减压
天旋地转	0	0	0	1, 10s	0	1, 15s	1, 20s	0	2, 30s
耳闷	1, 60s	0	0	0	0	1, 110s	1, 360	1, 180s	1, 180s
耳聋	0	0	0	0	0	0	0	0	0
耳鸣	0	0	0	0	0	0	0	0	0
摇晃感	0	0	1, 360s	2,300s	0	1, 200s	1, 600s	1, 600s	2, 900s
恶心	1, 300s	0	0	0	1300s	2, 600S	1, 360s	2, 600s	1, 300s
头昏	0	1, 20min	0	0	2, 10min	1, 15min	0	1, 20min	2, 15min
头痛	0	0	0	0	0	0	1, 20s	0	0
Romberg	0	0	1	1	1	1	1	0	2
Fukuda	0	0	0	0	0	1	0	0	1

3.5. 变压性眩晕诊断结果

65m饱和潜水确诊1人次，极可能1人次，250m饱和潜水确诊2人次，极可能2人次，480m确诊3人次。

表4 变压性眩晕诊断情况。

	65m			250m			480m		
	加压	高压停留	减压	加压	高压停留	减压	加压	高压停留	减压
确诊	0	0	1	1	0	1	1	0	2
极可能	1	0	0	1	0	1	0	0	0

4. 讨论

自1965年提出变压性眩晕后在潜水员中的研究较少[8,9]，其发病率约26%。而在飞行员中国内外研究多见，国外报道约为10%~17%[5]，金占国[6]调查发现国内歼击机飞行员变压性眩晕的发生率为20.72%，并认为随着飞机性能的不断提升，变压性眩晕发生率亦可随之提高。本研究共9人次发病，因为非流行病调查研究，样本较少，并且观察的情况为大深度氮氧饱和潜水，存在1人多次潜水，以及潜水过程多次发病的情况，因此未做发病率计算，但是从发病确诊以及极可能情况看，变压性眩晕不是少见疾病，应当引起重视。之所以目前未引起重视，与这种眩晕为一过性，恢复快，未造成实质性损伤，以及大家认识不够等因素有关[10,11]。本研究中神经科以及耳鼻喉科查体结果有个例出现嗅觉、腱反射减退，以及共济失调，鼓膜充血，听力、前庭功能受损，但是自己无症状，查体时发现，第二天复查均正常，说明程度轻，发生过程中往往自己克服，潜水后一般也不会提及，因此均不予重视。

变压性眩晕未见诊断标准[12]，本研究制定了初步标准：条件1、肯定环境压力变化时或存在等压气体交换时，2、出现主要症状：天旋地转、耳闷、耳聋、耳鸣、摇晃感一种，伴有或不伴有恶心、头昏、头痛；3、体检具备1种及1种以上阳性体征：Romberg试验，Fukuda试验，自发性眼震，变位试验，冷热试验阳性，4、头颅MRI检查阴性。确诊标准为具备条件1+2+3+4，极可能标准为具备条件1+2,或1+3+4，排除标准为不具条件1和4。从3个阶段的潜水过程中出现症状及体征结果来看，这个标准是可行的。MRI的检查需要大型设备，虽然现在越来越普及，但是也存在不具备MRI的医疗检查的医疗机构，因此这种情况只能诊断极可能，有条件时必须完善MRI检查。

飞行员的变压性眩晕研究中，发现许多诱发因素[13~15]，例如：内耳的潜在性疾病，一侧前庭功能异常、潜在的梅尼埃病、迷路炎、感冒未愈、急性鼻炎、以及面罩吸氧等因素，本研究中未发现这类情况，因为本次大深度潜水实验，潜水员严格选拔，潜水员全面体检，选择出非常合格的潜水员，排除了急、慢性病史的潜水员，但是在平时的潜水中，不排除上述因素诱发潜水员发生变压性眩晕的可能，因此这些诱发因素也应予以重视。

5. 结论

综上所述，大深度氮氧饱和潜水变压性眩晕多人次发生，特点是时间短，完全可逆，未对潜水员健康造成影响，

但是应引起重视。本文提出的诊断标准实用性强，易于推广应用，适合于各级医疗机构。

参考文献

[1] 方以群,王敏,陈伯华.饱和潜水及其医学保障(上)[J].人民军医2013,56(11):1278-1279,1285。

[2] 龚锦涵,罗锐仁,案印宝,等.350m模拟 氮氧 饱 和 - 37 0m 巡 回 潜 水 实 验 研 究 [J].海 洋 工 程 1991,9(3):98-103。

[3] 石中瑗,赵 德 铭, 崔人镜,等. 302米 氮 氧饱和潜 水模 拟 实 验 中 人 体 某 些 生 理 功 能 的 观 察[J].海洋工程, 1983,1(14):74-83。

[4] Lundgren CE. Alternobaric vertigo--a diving hazard[J]. Br M ed J,1965,2(5460):511-513。

[5] Subtil J,V arandas J,G alrão F,et al. A lternobaric vertigo:prevalence in Portuguese Air Force pilots[J].Acta Otolaryngol,2007, 127(8):843-846。

[6] 金占国,徐先荣,王健,等. 歼击机飞行员变压性眩晕的调查及相关因素分析[J].解放军医学院学报2015,36(1):21-23。

[7] 肖卫兵,张民,方以群. 模拟氮氧480 m饱和-493 m巡回潜水研究中华航海医学与高气压医学杂志 [J].2014,21(2):73-75,97。

[8] Bender-Heine Adam; Dillard Zachary W; Zdilla Matthew J; Alternobaric vertigo and facial baroparesis caused by scuba diving and relieved by chewing pineapple: a case report[J]. Undersea & hyperbaric medicine: journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc 2017,44(6): 607-610。

[9] Jonathan R. Mallen MD, Daniel S. Roberts MD, PhD. SCUBA Medicine for otolaryngologists: Part I. Diving into SCUBA physiology and injury prevention[J]. The Laryngoscope, 2020, 130(1):52-58。

[10] Kitajima Naoharu, Sugita-Kitajima Akemi, Kitajima Seiji. Superior canal dehiscence syndrome associated with scuba diving[J]. Diving and hyperbaric medicine. 2017, 47(2):123-126。

[11] Endara-Bravo Andres, Ahoulim Daniel, Mezerhane Edward, et al. Alternobaric vertigo in a patient on positive airway pressure therapy.[J]. Journal of clinical sleep medicine: JCSM: official publication of the American Academy of Sleep Medicine, 2013, 9(12): 1347-8。

- [12] Ö.Tjernström. Further Studies on Alternobaric Vertigo: Posture and Passive Equilibration of Middle Ear Pressure[J]. Acta Oto-Laryngologica, 2009, 78(1-6): 1-231.
- [13] Charles D. Bluestone, J. Douglas Swarts, Joseph M. Furman, et al. Persistent alternobaric vertigo at ground level[J]. The Laryngoscope, 2012, 122(4): 868-872.
- [14] Evens Rachel A, Bardsley Barry, C Manchaiah Vinaya K. Auditory complaints in scuba divers: an overview.[J]. Indian journal of otolaryngology and head and neck surgery: official publication of the Association of Otolaryngologists of India, 2012, 64(1): 71-8.
- [15] Tran Dai A. You're the flight surgeon: alternobaric vertigo.[J]. Aviation, space, and environmental medicine, 2010, 81(9): 896-7.