

DOI:10.3724/SP.J.1008.2009.00106

· 短篇论著 ·

# 模拟 3~30 m 快速上浮脱险潜艇艇员肾动脉血流动力学的变化

## Changes of renal artery hemodynamics in submariners after 3-30 m simulated air-breathing fast buoyancy ascent escape

刘庆华<sup>1</sup>, 方以群<sup>2</sup>, 袁恒荣<sup>2</sup>, 许 骥<sup>2</sup>, 王海涛<sup>2</sup>, 王 辉<sup>3</sup>, 马 骏<sup>2</sup>

1. 第二军医大学长海医院核医学科, 上海 200433

2. 海军医学研究所, 上海 200433

3. 第二军医大学长海医院超声科, 上海 200433

**[摘要]** **目的:**评价快速上浮脱险后潜艇艇员肾动脉血流动力学的变化。**方法:**应用多普勒超声对模拟 3~30 m 快速上浮脱险试验的艇员进行肾动脉血流动力学的监测。**结果:**3、10、30 m 训练深度, 双肾动脉阻力指数(RI)、搏动指数(PI)均在正常范围, 并随着训练深度的加大变化无统计学意义。**结论:**浅深度快速上浮脱险对肾动脉血流动力学无显著影响, 本次试验的训练方法及保障是安全有效的。

**[关键词]** 多普勒超声检查; 快速上浮脱险; 潜艇艇员; 肾脏; 血流动力学; 应激

**[中图分类号]** R 845 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 0258-879X(2009)01-0106-02

快速上浮脱险作为潜艇失事后艇员单人脱险的主要方式, 具有调压快、高压暴露时间短和脱险深度大等特点, 在快速上浮脱险的快速加减压过程中, 机体处于较强的应激状态, 可引起外周血管收缩。同时上浮脱险过程中, 气体氧分压增加, 高分压氧对肾血管有收缩作用, 可使肾血流量减少。本研究应用多普勒超声对参加模拟 3~30 m 快速上浮脱险试验的潜艇艇员进行了肾动脉血流动力学监测, 以探讨快速上浮脱险对艇员肾功能的影响, 为提高快速上浮脱险医学保障水平提供参考。

### 1 资料和方法

1.1 试验对象 8名潜艇艇员, 年龄 20~26岁, 平均 23岁。舰艇岗位分别为分队长、机修工、电工、潜水员等。前一年曾进行同样深度的训练, 此次为复训。

1.2 脱险设备及试验程序 海军医学研究所所属模拟快速上浮脱险舱; 装具为潜艇配发脱险服。艇员着装, 进入脱险舱, 经注水、加压, 待脱险舱内压力与主舱压力平衡后, 打开脱险舱上盖, 艇员上浮至水面, 主舱按照预定的减压速度至常压, 艇员出舱。连续 3 d 分别进行模拟 3、10、30 m 上浮深度的训练。

1.3 数据采集 出舱即刻首先进行体温、脉搏、呼吸频率、心电图、鼓膜的检查。出舱后 10~30 min 进行肾动脉血流动力学测量, 采用 GE 公司的 LOGIC I 型便携式彩超仪, 探头频率 3.5 MHz, 取样门宽置于肾门处左右肾动脉管腔内, 调整取样线角度与血流方向接近平行, 测量收缩期最大血流速度( $V_{max}$ )、舒张期血流速度( $V_{min}$ )、时间平均血流速度

(TMAX)、搏动指数(PI)及阻力指数(RI)。并于试验前 1 d 测定各参数基础值。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 11.0 统计软件, 对数据进行随机区组方差分析, 以  $P < 0.05$  判定有统计学差异。

### 2 结果

训练前各参训人员身体状况良好, 体温、心肺听诊、鼓膜检查正常, 心率 51~98 次/min, 血压 95~128 mmHg/60~77 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)。一参训者 3 m 深度训练时略感头晕, 随后 10 m、30 m 的训练中, 症状消失, 其训前及 3 次训练中心率分别为 98、98、91、94 次/min。其他参训人员未感到任何不适, 体温、脉搏、呼吸频率、心电图、鼓膜的检查均未见异常。

训练前及 3、10、30 m 快速上浮脱险后  $V_{min}$ 、TMAX、PI 及 RI 等血流动力学指标测值详见表 1, 随机区组方差分析显示随着脱险深度的加大, 左右肾动脉  $V_{max}$ 、 $V_{min}$ 、TMAX、PI 和 RI 值变化无统计学意义( $P > 0.05$ )。

### 3 讨论

肾脏是一个血供极为丰富的实质性脏器, 其灌注状况直接影响肾小球滤过功能。肾脏灌注状况又与肾血管阻力大小密切相关, 血流量变化与阻力呈反比。正常肾内血管床属低阻力状态, 因此整个舒张期呈持续血流频谱状态, 这样更有利于肾小球滤过。虽然有研究<sup>[1-3]</sup>显示肾动脉血流速度  $V_{max}$ 、 $V_{min}$  受血流阻力影响, 可以反映肾血流灌注变化, 但由于超声声束与血流夹角的影响, 测值有一定误差。肾动脉

**[收稿日期]** 2008-01-07 **[接受日期]** 2008-09-16

**[基金项目]** 全军医药卫生科研基金(06MB222), 海军后勤课题(03-3303)。Supported by Medical Science Research Foundation of the PLA(06MB222) and Program of Naval Logistics(03-3303)。

**[作者简介]** 刘庆华, 博士, 副教授。E-mail: shlqh@126.com

RI 和 PI 由于不存在角度的影响,能客观反映机体调节的肾动脉功能状态。RI 和 PI 不仅可以反映血管阻力和弹性的变化,而且包含了收缩期和舒张期的血流信息,能够反映脏器

的血流灌注情况,被广泛应用于糖尿病肾病、慢性肾病、肾移植和梗阻性肾病的研究<sup>[1-8]</sup>。

表 1 不同训练深度双肾动脉血流动力学指标

训练深度 l/m	右肾动脉					左肾动脉				
	V <sub>max</sub> (cm/s)	V <sub>min</sub> (cm/s)	TMAX (cm/s)	PI	RI	V <sub>max</sub> (cm/s)	V <sub>min</sub> (cm/s)	TMAX (cm/s)	PI	RI
0	83.54±	27.95±	42.00±	1.31±	0.65±	80.18±	27.52±	42.78±	1.22±	0.63±
	23.15	7.59	9.89	0.30	0.06	22.33	5.84	9.59	0.25	0.07
3	81.65±	29.22±	43.75±	1.19±	0.63±	62.16±	22.45±	33.32±	1.18±	0.63±
	26.19	7.44	12.51	0.20	0.05	6.69	3.01	4.58	0.21	0.04
10	88.58±	32.10±	46.73±	1.21±	0.63±	82.49±	28.02±	43.01±	1.22±	0.63±
	15.27	6.00	7.38	0.20	0.06	20.60	7.44	12.15	0.26	0.06
30	82.34±	31.39±	45.41±	1.11±	0.60±	80.09±	27.73±	42.88±	1.21±	0.64±
	24.70	8.53	13.75	0.17	0.04	15.42	3.35	6.39	0.19	0.05

上浮脱险过程中,气体氧分压增加,高分压氧对肾血管有收缩作用,使肾血流量减少<sup>[9]</sup>。同时快速上浮脱险快速减压过程中,机体处于较强的应激状态<sup>[10]</sup>。应激通过交感-肾上腺髓质系统介导,可引起外周血管收缩<sup>[11-12]</sup>。本试验发现训练员肾动脉的 RI、PI 随着训练深度的加大变化无统计学意义,考虑可能与以下因素有关:(1)此次高压暴露时间较短,最长仅 1 min,体现不出量效关系;(2)此次为复训,机体已有一定程度的适应,应激作用小;(3)浅深度快速上浮脱险对肾功能无显著影响,如果加大训练深度,可能会有肾功能的改变;(4)此外肾动脉血流动力学的检查在出舱后 10~30 min 进行,而非出舱即刻,可能有短暂的血流动力学改变已恢复。说明即使肾脏血流动力学有改变也是可逆的、一过性的,因而在目前的训练深度和防护条件下,训练方法及保障是安全有效的。今后的试验中,我们拟在出舱即刻即进行肾动脉主干及其肾内分支的血流动力学测量,更深入了解不同深度快速上浮脱险对肾功能的影响。

[参考文献]

[1] Onur M R, Cubuk M, Andic C, Kartal M, Arslan G. Role of resistive index in renal colic[J]. Urol Res, 2007, 35: 307-312.  
 [2] 孙卓贲, 刘立静. 糖尿病肾病的彩色多普勒超声诊断价值[J]. 中国超声诊断杂志, 2005, 6: 868-869.  
 [3] 徐培菊, 李秋, 李永柏, 全学模, 王乔, 白永红. 肾炎及肾病肾动脉血流检测的临床意义[J]. 实用儿科临床杂志, 1999, 14:

73-74.  
 [4] Milovanceva-Popovska M. Doppler ultrasonography: a tool for nephrologists-single centre experience[J]. Prilozi, 2008, 29: 107-128.  
 [5] 李慧敏, 雷成功, 刘望彭, 张缙熙. 彩色多普勒血流显像对 II 型糖尿病患者肾内动脉血流的研究[J]. 中华超声影像学杂志, 1995, 4: 264-267.  
 [6] 陈文卫, 周立明, 郝立丹, 姜霞, 毕惠敏, 孙有刚. 糖尿病肾病的彩色多普勒血流显像研究[J]. 中国超声医学杂志, 1996, 12: 42-44.  
 [7] 王炼, 姚绍球, 杨斌, 傅宁华, 方熙珍, 罗岚. 慢性肾病彩色多普勒血流图与肾皮质厚度及病理改变[J]. 中国超声医学杂志, 1996, 12: 43-44.  
 [8] 翁三川, 赵玉华, 赵超英, 周贵东. 犬失血性休克及补液过程中肾动脉多普勒血流速度频谱形态、阻力指数、搏动指数的变化[J]. 中国超声医学杂志, 1997, 13: 5-8.  
 [9] 关永家. 高气压医学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1992: 34.  
 [10] 蒋春雷, 方以群. 潜艇脱险及其医学保障[M]. 上海: 第二军医大学出版社, 2004: 103-105.  
 [11] 钱令嘉. 应激与应激医学[J]. 疾病控制杂志, 2003, 7: 393-396.  
 [12] 杨钢, 席正雄, 万瑜, 汪浩, 毕钢, 刘东. 应激时大鼠血、脑、心血管、肾上腺血管紧张素 II 含量的变化[J]. 生理学报, 1993, 45: 505-509.

[本文编辑] 孙岩