

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2018.09.019

SaO₂ 联合心率诊断急性高原病的临床研究*李彬, 阳盛洪[△], 李年华, 高亮

(解放军第十八医院高山病研究所, 新疆叶城 844900)

[摘要] **目的** 探讨动脉血氧饱和度(SaO₂)和心率(HR)诊断急性高原病(AMS)的临床效果。**方法** 纳入 2013 年 5 月至 2015 年 8 月急进高原 3 700~5 400 m 驻防男性战士共 1 062 名为研究对象, 收集人口学资料并进行 AMS 症状调查, 检测 SaO₂ 和 HR, 分析不同海拔 SaO₂ 和 HR 与 AMS 症状评分的关系。**结果** 急进海拔 3 700~<4 300 m, SaO₂ 诊断 AMS 的界值为 84.5% [ROC 曲线下面积(AUC)=0.781], 筛检灵敏度为 78.31%, 特异度为 72.02%; HR 诊断 AMS 的界值为 89.5 次/分(AUC=0.640), 筛检灵敏度为 71.27%, 特异度为 54.63%; SaO₂ 与 HR 串联筛检 AMS 灵敏度为 58.87%, 特异度为 89.23%; 而并联诊断灵敏度为 90.70%, 特异度为 37.43%。急进海拔 5 000 m 以上, SaO₂ 诊断 AMS 的界值为 80.5% (AUC=0.825), 筛检灵敏度为 84.62%, 特异度为 68.85%; HR 诊断 AMS 的界值为 93.5 次/分(AUC=0.718), 筛检灵敏度为 53.00%, 特异度为 85.25%; SaO₂ 与 HR 串联诊断 AMS 灵敏度为 47.01%, 特异度为 93.44%; 而并联诊断灵敏度为 90.60%, 特异度为 60.66%。**结论** SaO₂ 结合 HR 可作为 AMS 现场诊断的客观指标, 便于大规模人群 AMS 初步筛查。

[关键词] 高原病; 急性病; 心率; 血氧饱和度; 筛检**[中图分类号]** R594.3**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2018)09-1210-02Clinical study on SaO₂ combined with heart rate for diagnosing acute mountain sickness*LI Bin, YANG Shenghong[△], LI Nianhua, GAO Liang

(Mountain Sickness Research Institute, 18th Hospital of PLA, Yecheng, Xinjiang 844900, China)

[Abstract] **Objective** To explore the clinical effect of SaO₂ and heart rate(HR) for the diagnosis of acute mountain sickness (AMS). **Methods** A total of 1 062 male soldiers on garrison duty in rapidly entering to high altitude at 3 700—5 400 m from May 2013 to August 2015 were included as the research subjects. The demography data were collected and the AMS symptoms investigation was performed. SaO₂ and HR were detected and the relationship between SaO₂ and HR at different altitudes with AMS symptom score was analyzed. **Results** The cut-off value of SaO₂ for diagnosing AMS in rapidly entering to high altitude at 3 700—<4 300 m was 84.5% (AUC=0.781) with the screening sensitivity of 78.31% and specificity of 72.02%; which of HR for diagnosing AMS was 89.5 times/min (AUC=0.640) with the screening sensitivity of 71.27% and specificity of 54.63%. When SaO₂ was serially connected with HR, its sensitivity was 58.87% and the specificity was 89.23%, while the parallel connection yielded a sensitivity of 90.70% and a specificity of 37.43%. In rapidly entering the altitude at above 5000 m, the cut-off value of SaO₂ for diagnosing AMS was 80.5% (AUC=0.825) with the screening sensitivity of 84.62% and specificity of 68.85%; which of HR for diagnosing AMS was 93.5 times/min (AUC=0.718) with the screening sensitivity of 53.00% and specificity of 85.25%; when SaO₂ was serially connected with HR, its sensitivity for diagnosing AMS was 47.01% and specificity was 93.44%, while the parallel connection yielded a sensitivity of 90.60% and a specificity of 60.66%. **Conclusion** SaO₂ combined with HR can serve as an objective index for the on-site diagnosis of AMS and is convenient for the AMS preliminary screening of large populations.

[Key words] altitude sickness; acute disease; heart rate; blood oxygen saturation; screening

急性高原病(acute mountain sickness, AMS)是高原自然环境下缺氧所导致的一类特殊临床综合征, 大多数平原人快速进驻海拔 3 000 m 以上高原时, 会出现头昏、头痛、恶心、呕吐、疲乏、失眠等 AMS 症状^[1]。现行 AMS 诊断标准主要是根据主观症状来评分, 诊断依据“急性高原反应的诊断和处理原则”(中国 AMS 标准: AMS-CSS, GJB-1098-1991)和“急性高原病路易斯湖国际诊断标准”(国际标准: AMS-LLS)。依据主观症状诊断受到多种因素的影响和制约, 准确度较差, 寻找简便易行、真实可信的客观诊断指标, 在高原现场进行快速诊断, 积极采取休息、吸氧、药物等早期干预措施, 对 AMS 防治有重要的临床意义。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2013 年 5 月至 2015 年 8 月急进高原 3 700~5 400 m 的 1 062 名男性战士, 其中 3 700~<4 300 m 362 名, 4 300~<5 010 m 522 名, 5 010~<5 400 m 86 名,

≥5 400 m 92 名, 年龄 17~29 岁, 平均(20.0±2.2)岁, 世居平原, 无高原暴露史。

1.2 方法 收集 1 062 名急进高原男性战士的人口学资料, 到达当日下午依据“急性高原反应的诊断和处理原则”进行 AMS 症状调查, 采用“急性高原反应症状调查表”记录症状并计算总分, 总分小于 5 分基本无高原反应, 记为阴性“-”; ≥5 分为有高原反应, 记为阳性“+”。采用芬兰产 Ohmeda Tuffsat 掌式血氧仪检测静息状态坐位动脉血氧饱和度(SaO₂)和心率(HR)。4 300~<5 010 m 未驻守边防连, 故没有纳入调查对象, 考虑到 5 000 m 以上地区 AMS 发病规律的特殊性, 将研究对象分为 3 700~<4 300 m 和 5 010~<5 400 m 两个梯度分别探讨。分析 AMS 症状评分与 SaO₂ 和 HR 的相关性后评估 SaO₂ 和 HR 单独及联合筛检对诊断 AMS 的价值。

1.3 统计学处理 采用 SPSS21.0 进行统计分析, 相关分析采用 Pearson 线性相关分析, AMS(+)=1, AMS(-)=0, 对

* 基金项目: 全军后勤科技重大项目(AWS142005); 全军医学科技青年培育项目(14QN021)。 作者简介: 李彬(1980-), 助理研究员, 本科, 主要从事高原医学的研究。 [△] 通信作者, E-mail: kevinys@163.com。

SaO₂ 和 HR 筛检评估 AMS 进行 ROC 曲线分析,根据 ROC 曲线下面积(AUC)、灵敏度、特异度、约登指数和符合率等指标检验评估模型和确定临界值,根据 SaO₂ 和 HR 是否大于临界值确定其“+”或“-”,串联即两项指标同时为“+”判定为“+”,否则为“-”;并联即其中一项指标为“+”则判定为“+”,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 AMS 症状总分与 SaO₂ 和 HR 相关性分析 急进海拔 3 700~<4 300 m,AMS 发生率为 40.16%(355/884),AMS 症状总分和 HR 呈正相关($r=0.224, P=0.000$),与 SaO₂ 呈负相关($r=-0.461, P=0.000$)。急进海拔 5 010~<5 400 m,AMS 发生率为 65.73%(117/178),AMS 症状总分和 HR 呈正相关($r=0.366, P=0.000$),与 SaO₂ 呈负相关($r=-0.509, P=0.000$)。

2.2 急进海拔 3 700~<4 300 m 采用 SaO₂ 和 HR 及二者联合筛检 AMS 结果 急进海拔 3 700~<4 300 m,SaO₂ 诊断 AMS 的界值为 84.5%,筛检灵敏度为 78.31%,特异度为 72.02%,AUC 为 0.781($P=0.000$)。HR 诊断 AMS 的界值为 89.5 次/分,筛检灵敏度为 71.27%,特异度为 54.63%,AUC 为 0.640($P=0.000$)。SaO₂ 与 HR 串联,诊断 AMS 灵敏度为 58.87%,特异度为 89.23%。SaO₂ 与 HR 并联,诊断 AMS 灵敏度为 90.70%,特异度为 37.43%(表 1,2)。

表 1 急进海拔 3 700~<4 300 m SaO₂ 和 HR 筛检 AMS 结果比较(n)

| 项目 | n | SaO ₂ | | HR | | 串联诊断 | | 并联诊断 | |
|--------|-----|------------------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|
| | | + | - | + | - | + | - | + | - |
| AMS(+) | 355 | 278 | 77 | 253 | 102 | 209 | 146 | 322 | 33 |
| AMS(-) | 529 | 148 | 381 | 240 | 289 | 57 | 472 | 331 | 198 |
| 总数 | 884 | 426 | 458 | 493 | 391 | 266 | 618 | 653 | 231 |

表 2 急进海拔 3 700~<4 300 m SaO₂ 和 HR 筛检 AMS 诊断价值比较(%)

| 方法 | 灵敏度 | 特异度 | Youden 指数 | 阳性预测率 | 阴性预测率 |
|------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| SaO ₂ | 78.31 | 72.02 | 48.45 | 65.26 | 83.19 |
| HR | 71.27 | 54.63 | 25.23 | 51.32 | 73.91 |
| 串联诊断 | 58.87 | 89.23 | 54.95 | 78.57 | 76.38 |
| 并联诊断 | 90.70 | 37.43 | 35.02 | 49.31 | 85.71 |

表 3 急进海拔 5 010 m~<5 400 m SaO₂ 和 HR 筛检 AMS 结果比较(n)

| 项目 | n | SaO ₂ | | HR | | 串联诊断 | | 并联诊断 | |
|--------|-----|------------------|----|----|-----|------|-----|------|----|
| | | + | - | + | - | + | - | + | - |
| AMS(+) | 117 | 99 | 18 | 62 | 55 | 55 | 62 | 106 | 11 |
| AMS(-) | 61 | 19 | 42 | 9 | 52 | 4 | 57 | 24 | 37 |
| 总数 | 178 | 118 | 60 | 71 | 107 | 59 | 139 | 130 | 48 |

表 4 急进海拔 5 010 m~<5 400 m SaO₂ 和 HR 联合筛检 AMS 诊断价值比较(%)

| 方法 | 灵敏度 | 特异度 | Youden 指数 | 阳性预测率 | 阴性预测率 |
|------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| SaO ₂ | 84.62 | 68.85 | 53.90 | 83.90 | 70.00 |
| HR | 53.00 | 85.25 | 35.92 | 87.32 | 48.60 |
| 串联诊断 | 47.01 | 93.44 | 41.12 | 93.22 | 47.90 |
| 并联诊断 | 90.60 | 60.66 | 58.62 | 81.54 | 77.08 |

2.3 急进海拔 5 010~<5 400 m 采用 SaO₂ 和 HR 及二者联合筛检 AMS 结果 急进海拔 5 010~<5 400 m,SaO₂ 诊断

AMS 的界值为 80.5%,筛检灵敏度为 84.62%,特异度为 68.85%,AUC 为 0.825($P=0.000$)。HR 诊断 AMS 的界值为 93.5 次/分,筛检灵敏度为 53.00%,特异度为 85.25%,AUC 为 0.718($P=0.000$)。SaO₂ 与 HR 串联,诊断 AMS 灵敏度为 47.01%,特异度为 93.44%。SaO₂ 与 HR 并联,诊断 AMS 灵敏度为 90.60%,特异度为 60.66%(表 3,4)。

3 讨 论

AMS 通常表现轻微并具有自限性,但影响健康并降低工作效率,严重时可导致高原肺水肿和脑水肿,救治不及时可导致死亡。AMS-LLS 和 AMS-CSS,以及视觉模拟测试积分法(VAS)均是以主观症状为诊断基础,调查对象对症状程度分级难以准确把握,易导致结果偏差。急进高原最常见的症状是头痛,其发生率随海拔上升而增加,头痛在 AMS 诊断中的地位还存在争议^[2]。AMS-CSS 标准中头痛并不是诊断 AMS 的先决条件,而在 AMS-LLS 诊断系统中,头痛则是诊断 AMS 的核心症状。乘坐汽车等交通工具进入高原人群常见症状为头晕和胃肠道症状,如何有效区分此类症状是晕车还是 AMS 造成的是难点。步行人群则是疲劳或虚弱,是低氧和劳累负荷因素造成。而在海拔 5 000 m 以上,睡眠困难则更加常见,促使 AMS 的发生及发展,并与预后相关^[3]。

AMS 易感人群筛选一直是高原医学研究的重点和难点,SaO₂ 是反映心血管系统对缺氧代偿变化的敏感指标。在 AMS 的生理病理过程中起重要作用。急进高原,氧分压降低引起 SaO₂ 下降^[4]。既往的研究中,SaO₂ 与 AMS 之间的关系争议较大,部分结果显示 SaO₂ 与 AMS 相关^[5-6],而另外一部分结果显示二者之间没有明显联系^[7],对 SaO₂ 检测或预测 AMS 存疑^[8]。也有人认为仅对中度 AMS 有准确预测作用^[9],结合呼吸频率或 HR 可作为进一步确诊 AMS 的特异性^[9]和客观性方法^[10]。低氧环境下,人体氧离曲线处于非常陡的部分,动脉血氧分压的轻微变化就会引起 SaO₂ 的较大变化。因此,影响血氧分压的因素如通气变化、坐位、活动,均可导致 SaO₂ 大范围波动。

高原低氧引起 SaO₂ 下降同时引起交感神经兴奋,从而影响心血管系统功能,使 HR 增快,海拔越高,HR 增快越明显^[4]。AMS 症状与心动过速有关^[11],人体通过提高 HR 对缺氧进行代偿,HR 越高,说明缺氧越严重,发病率就越高,但是部分研究却是得出相反的结论^[12]。分析原因是 HR 同 SaO₂ 检测一样,受人体活动的影响较大,容易产生倚倚而出现不同的结果。故 SaO₂ 和 HR 测量必须严格控制检测条件,才能获得比较准确的数据。

国内外 AMS 诊断标准症状描述专业性较强,适合医务科研人员使用,而采用 SaO₂ 和 HR 只需要简单的仪器设备,可以随时随地进行检测,适合非专业人士使用。特别是任务需要必须急进高原的机动部队,AMS 风险增加^[13],快速完成大规模初步筛查至关重要,这就要求诊断方法有较好的阳性预测率。本结果显示,急进高原单独采用 SaO₂ 或 HR 筛查 AMS 诊断价值较低,联合灵活使用灵敏度可达 90% 以上,具有较好的鉴别诊断能力。本研究认为海拔 4 000 m 左右,HR>89.5 次/分或 SaO₂<84.5%,而海拔 5 000 m 以上,HR>93.5 次/分且 SaO₂<80.5% 可初步诊断为 AMS。但是,本研究有以下不足:(1)研究观察对象单一,全部是男性青年战士,因此研究结果不适用于所有急进高原人群;(2)采用掌式血氧仪检测 SaO₂ 和 HR 波动比较大,检测时应统一标准,最好多次测量取平均值才能获得比较准确的结果;(3)本研究对象为初次进入高原,而多次低氧暴露对环境的熟悉能减少 AMS 严重性,此方法是否适用于多次暴露高原人群还有待于进一步验证。

参考文献

- [1] 付晓林,赵竑,乔强,等.熊去氧胆酸治疗 ERCP 术后复发性胆总管结石患者疗效观察[J].中国冶金工业医学杂志,2016,33(1):27-28.
- [2] KATSINELOS P, LAZARAKI G, CHATZIMAVROUDIS G, et al. Risk factors for therapeutic ERCP-related complications: an analysis of 2 715 cases performed by a single endoscopist[J]. *Ann Gastroenterol* 2014, 27(1): 65-72.
- [3] 林蕤,顾卫,黄慧.间苯三酚预防胆总管结石 ERCP 术后胰腺炎的效果[J].海南医学,2016,27(12):1960-1962.
- [4] CONCEPCIÓN-MARTÍN M, GÓMEZ-OLIVA C, JUANES A, et al. Somatostatin for prevention of post-ERCP pancreatitis: a randomized, double-blind trial[J]. *Endoscopy*, 2014, 46(10):851-856.
- [5] 翟莉莉,黄坤,于久飞.吡哌美辛栓预防内镜逆行胆胰管造影术胆总管取石术后胰腺炎的研究[J].中国医药,2016,11(6):836-838.
- [6] AHMAD D, LOPEZ KT, ESMADI M A, et al. The effect of indomethacin in the prevention of post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis: a meta-analysis[J]. *Pancreas*, 2014, 43(3):338-342.
- [7] LEE T Y, CHOI J S, OH H C, et al. Oral udenafil and aceclofenac for the prevention of post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis in high-risk patients: a randomized multicenter study[J]. *Korean J Intern Med*, 2015, 30(5):602-609.
- [8] 彭晓斌,王小云,吴高珏,等.吡哌美辛栓对 ERCP 术后血清淀粉酶、炎症因子和免疫功能的影响[J].海南医学院学报,2016,22(19):2290-2293.
- [9] TRIKUDANATHAN G, ARAIN M A, ATTAM R, et al. Advances in the endoscopic management of common bile duct stones[J]. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 2014, 11(9):535-544.
- [10] 刘云燕,丁百静,陈明镭,等.吡哌美辛栓预防高危人群发生内镜逆行胆胰管造影术后胰腺炎给药时机的前瞻性研究[J].中国内镜杂志,2016,22(3):23-28.
- [11] ELKHATIB I, SAVIDES T J. Endoscopic papillary balloon dilation versus sphincterotomy for removal of small common bile duct stones in young patients: unresolved issues for an expanding technique[J]. *Dig Dis Sci*, 2014, 59(5):902-904.
- [12] ELMUNZER B J, SCHEIMAN J M, LEHMAN G A, et al. A randomized trial of rectal indomethacin to prevent post-ERCP pancreatitis[J]. *N Engl J Med*, 2012, 366(15):1414-1422.
- [13] LUO H, ZHAO L, LEUNG J, et al. Routine pre-procedural rectal indomethacin versus selective post-procedural rectal indomethacin to prevent pancreatitis in patients undergoing endoscopic retrograde cholangiopancreatography: a multicentre, single-blinded, randomized controlled trial[J]. *Lancet*, 2016, 387(10035):2293-2301.

(收稿日期:2017-10-21 修回日期:2017-12-16)

(上接第 1211 页)

参考文献

- [1] IMRAY C, WRIGHT A, SUBUDHI A, et al. Acute mountain sickness: pathophysiology, prevention, and treatment[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2010, 52(6):467-484.
- [2] WEST J B. Con: headache should not be a required symptom for the diagnosis of acute mountain sickness[J]. *High Alt Med Biol*, 2011, 12(1):23-25.
- [3] NUSSBAUMER-OCHSNER Y, SCHUEPFER N, SIEBENMANN C, et al. High altitude sleep disturbance monitored by actigraphy and polysomnography[J]. *High Alt Med Biol*, 2011, 12(3):229-236.
- [4] MODESTI P A, RAPI S, PANICCIA R, et al. Index measured at an intermediate altitude to predict impending acute mountain sickness[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2011, 43(10):1811-1818.
- [5] WINDSOR J S, RODWAY G W. Con: pulse oximetry is useful in predicting acute mountain sickness[J]. *High Alt Med Biol*, 2014, 15(4):442-443.
- [6] HSU T Y, WENG Y M, CHIU Y H, et al. Rate of ascent and acute mountain sickness at high altitude[J]. *Clin J Sport Med*, 2015, 25(2):95-104.
- [7] WAGNER D R, FRY J P. Oximetry fails to predict acute mountain sickness or summit success during a rapid ascent to 5640 meters[J]. *Wilderness Environ Med*, 2012, 23(2):114-121.
- [8] LEICHTFRIED V, BASIC D, BURTSCHER M, et al. Diagnosis and prediction of the occurrence of acute mountain sickness measuring oxygen saturation-independent of absolute altitude? [J]. *Sleep Breath*, 2016, 20(1):435-442.
- [9] MANDOLESI G, AVANCINI G, BARTESAGHI M A, et al. Long-Term monitoring of oxygen saturation at altitude can be useful in predicting the subsequent development of moderate-to-severe acute mountain sickness[J]. *Wilderness Environ Med*, 2014, 25(4):384-391.
- [10] FAULHABER M, WILLE M, GATTERER H, et al. Resting arterial oxygen saturation and breathing frequency as predictors for acute mountain sickness development: a prospective cohort study [J]. *Sleep Breath*, 2014, 18(3):669-674.
- [11] SCHULTZ M G, CLIMIE R E, SHARMAN J E. Ambulatory and central haemodynamics during progressive ascent to high-altitude and associated hypoxia[J]. *J Hum Hypertens*, 2014, 28(12):705-710.
- [12] KOEHLE M S, GUENETTE J A, Warburton D O. Heart rate variability and the diagnosis of mild-to-moderate acute mountain sickness[J]. *Eur J Emerg Med*, 2010, 17(2):119-122.
- [13] BHAUMIK G, DASS D, BHATTACHARYYA D, et al. Heart rate variability changes during first week of acclimatization to 3 500 m altitude in Indian military personnel [J]. *Indian J Physiol Pharmacol*, 2013, 57(1):16-22.

(收稿日期:2017-10-20 修回日期:2017-12-04)