急性高原病易感性 LVQ 神经网络模型预测研究

游海燕[1],高钰琪[2],黄朝晖[1] (1. 第三军医大学卫勤训练基地卫生勤务学教研室,重庆 400038;2. 第三军医大学高原军事医学系,重庆 400038)

[摘 要] **目的** 探索高海拔暴露前急性高原病(AMS)易感指标与 AMS 的关系,实现对 AMS 易感预测。**方法** 进入高原期前,检测 314 例健康成年人 22 项生理、心理指标,进入高原后按照国际通用急性高原病判断标准(LLS)进行 AMS 诊断。利用神经网络强大的容错性,基于选定的易感指标特征,建立了 AMS 易感预测的 LVQ 模型。**结果** 模型预测将研究对象判断为不出现 AMS 的灵敏度较高(95.00%),平均预测正确率达到 72.22%,预测结果可信度较好。**结论** 该预测模型的建立为进入高海拔人群筛选提供了可用的方法,能够初步实现对 AMS 易感人群的筛选。

[关键词] 急性高原病;易感性;LVQ 神经网络模型;预测

[中图分类号] R852.11 [文献标识码] A [文章编号] 1672-5042(2015)06-0627-03

Prediction of susceptibility to acute mountain sickness based on LVQ neural-network model

YOU Hai-yan[1], GAO Yu-qi[2], HUANG Zhao-hui[1] (1. Department of Health Service, Training Base of Health Service, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China; 2. Department of High-Altitude Military Medicine, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective The purpose of this study was to examine the relationship between acute mountain sickness (AMS) and AMS susceptibility indices before ascent to high altitude and to evaluate their predictive value for AMS. **Methods** A total of 314 healthy male adults were voluntarily enrolled. Their 22 physiological and mental indices of AMS susceptibility were obtained before exposure high altitude. The diagnoses of AMS were based on the Lake Louise score (LLS), an international standard scoring system for AMS. According to the characteristics of selected AMS susceptibility indices and the strong fault tolerance of neural network theory, the learning vector quantization (LVQ) neural network method was adopted to build the prediction model of susceptibility to AMS. **Results** The results showed the sensitivity of the LVQ model which distinguishes subjects with no-AMS reached 95.00%, the average correct-prediction precision ultimately reached 72.22%. The result of prediction is believable. **Conclusion** The builded LVQ model provide a scientific method for screening crowd who quickly ascend to high altitude, and also can lead to an effective preliminary screening of susceptibility to AMS.

Keywords: acute mountain sickness; susceptibility; LVQ neural-network model; prediction

急性高原病(acute mountion sickness, AMS)有明显的易感性,易感性预测一直以来都是个难点问题[1]。由于指标比较多,有些指标之间相关性较强,传统方法主要采取多元回归法分析[2],该方法的局限性导致了预测效果不够理想。随着信息技术的发展,神经网络方法被越来越多的研究者应用于各类预测问题的研究,其建模更简捷,对于预测问题中各个影响因素之间复杂、非线性关系的拟合能力更强,其预测精度和效率更高,有着传统方法无法比拟的适应性、容错性及自组织性等优点,在疾病预测中有着广阔的应用前景[3-5]。神经网络的学习算法有多种,本研究根据所研究问题的性质和神经网络的有关理论,针对 AMS 易感指标的特征,采取学习向量量化(learning vector quantization, LVQ)网络方法用于建立预测模型,实现对 AMS 易感预测。

1 资料与方法

1.1 研究对象

在海拔 1 350 m 处采用自制调查表和仪器检测获取了 391 例受试对象 22 项指标数据,排除 77 个研究对象(5 个感冒,3 个腹泻,3 个大于 2 900 m 高海拔攀升史,10 个出生并生活在海拔 2 500 m 以上地区,56 个信息不全),没有哮喘或其他肺部疾病或者其他严重慢性疾病人员,共 314 例健康男性纳入研究,年龄(20.18 ± 1.73)岁,身高(171.74 ± 6.49) cm,体质量(63.27 ± 7.10) kg。

1.2 AMS 易感指标

查阅国内外关于 AMS 易感指标研究文献资料,从大批人群各项指标获取的简易性、可操作性和安全性角度出发,尽可能采取无创操作的实验方法,确定如下指标进行样本数据采

doi:10.11659/jjssx.08E015149

[基金项目] 重庆市社会科学规划培育项目(2013PYGL01);全军医学科研计划面上项目(CWS12J091)

[通讯作者] 高钰琪,E-mail: gaoy66@yahoo.com

[收稿日期] 2015-08-20 [修回日期] 2015-09-16

集:年龄、饮酒、吸烟、血氧饱和度、体重指数、肺活量、用力肺活量、心率变异、屏气时间、呼出气 NO、呼出气 CO、静息心率、肺体指数、肺胸指数、心理症状共 22 项指标[6-13]。

1.3 数据处理

将每个研究对象的一组数据包括编号、AMS 诊断结果(是或否)、各 AMS 易感指标共 24 个数据编制成数据文件。数据文件中每组数据共分 24 个字段,第 1 个字段是人员编号(便于实现样本数据随机选取),第 2 个字段是 AMS 诊断结果(非 AMS 用数字 1 表示;AMS 用数字 2 表示),第 3 ~ 24 个字段为 AMS 易感因子指标,包括“BMI”、“age”、“drinking”、“smoking”、“心理症状结果(1:有心理问题;0:无心理问题)”、“VC”、“FVC”、“FENO”、“FECO”、“肺体指数”、“肺胸指数”、“SaO_2”、“HR”、“屏气时间”、“SDNN”、“rMSSD”、“PNN50”、“TP”、“VLF”、“LF”、“HF”、“LF/HF”共 22 个指标,其中心理症状指标是抑郁、焦虑、SCL-90 3 种症状调查表调查结果的合并,即抑郁、焦虑、SCL-90 3 项调查中有 1 项是阳性,就认为该研究对象有心理方面问题。

1.4 模型方法

采用 LVQ 神经网络算法模型,随机选取 260 例研究对象作为训练集,剩余的 54 例作为测试集,将研究对象易感指标量化特征作为网络输入,AMS 和非 AMS 两种诊断结果作为输出,利用 Matlab 7.0 软件自带的神经网络工具箱函数 newlvq( )构建 LVQ 网络,进行 AMS 易感预测。

2 结果

2.1 AMS 症状调查结果

研究对象总行程 1 080 km,途经最高海拔 5 250 m,最高睡眠海拔 4 700 m(第 3 天晚上)。按照国际通用的判断急性高原病标准(lake lousie score,LLS),314 例健康男性中 AMS 119 例,非 AMS 195 例。AMS 发病率最高峰在第 3 天,随后逐渐降低,7 d后,几乎无 AMS 症状人员。研究对象 AMS 最高分和 AMS 评分大于 4 分人数最多时也是出现在第 3 天。无急性高原肺水肿(high altitude pulmonary edema,HAPE)或脑水肿(high altitude cerebral edema,HACE)病例。

2.2 LVQ 模型预测结果

将检测的 22 项指标数据全部用于网络训练,建立 LVQ 仿真模拟模型,该模型输出数据结果如下:样本总数为 314 例,其中 No-AMS 为 195 例,AMS 为 119 例。训练集病例总数为 260 例,其中 No-AMS 为 155 例,AMS 为 105 例。测试集病例总数为 54 例,其中 No-AMS 为 40 例,AMS 为 14 例。采用 54 例样本对建立的 LVQ 网络模型进行仿真模拟测试,在 No-AMS 组,正确判断为 No-AMS 的有 38 例,错误判断或误诊为 AMS 有 2 例,确诊率为 95.00%,正确预测 39 例,错误预测 15 例,平均预测正确率为 72.22%,错误率为 27.78%(表 1)。

表 1 LVQ 网络预测结果

项目	LVQ 网络预测诊断(例)		平均预测正确率(%)	平均预测错误率(%)	灵敏度(%)	特异度(%)
	No-AMS	AMS				
No-AMS	38	2	72.22	27.78	95.00	7.14
AMS	13	1				

3 讨论

AMS 易感性预测是国内外学者关注研究的重点,国内外从事高原医学研究的专家都在共同努力寻找并建立一个可以预测急性高原病的模型方法。目前的研究一方面主要集中在生理、生化、心理、基因、海拔高度、地理因素等某方面指标与 AMS 的关系,都是孤立进行某一方面因素的研究分析[6,13-17],没能把人体作为一个复杂系统,将生理、心理等因素有机结合起来,从多指标角度基于复杂性、系统性建立急性高原病易感指标。另一方面有个别文献研究报道利用多元回归分析方法研究建立 AMS 易感预测模型,如:Schneider 等[14]采用双变量分析或多元逻辑回归分析研究发现,年龄、性别、训练、体重指数、饮酒、吸烟对 AMS 易感没有显著影响;Burtscher 等[18-19]采用多元回归分析研究发现,暴露低气压 20 ~ 30 min 后血氧饱和度值可以作为判断 AMS 高度易感的依据;Vann 等[20-21]采用多元回归分析方法研究表明,AMS 发病的可能性与海拔高度和暴露时间有关。国内学者利用多元回归分析方法研究表明,急性高原病症状评分结果与受试者饮水 1 000 mL 后 2.5 h 尿量、最大呼气流量、低氧反应 7 min时心率及胸廓体积之间存在线性回归关系[2]。然而,多元回归分析不能很好地处理变量间的共线性,其要求测定指标之间是相互独立的,对测定因素集的独立性要求比较高,而实际研究提出的 AMS 易感指标根本不可能达到相互独立,故多元回归分析实现多指标预测难度大。

随着计算机科学技术的发展,神经网络方法被越来越多的研究者应用于各类预测问题的研究,尤其是在疾病预测中广泛使用[3-5],因此本研究借助神经网络理论对数据的要求较低,容错能力强,以医学数据为研究对象的数据挖掘已成为可能这一优势特点,应用人工神经网络 LVQ 预测方法从复杂系统工程角度探讨人体在低海拔某些生理、心理指标与进入高原后 AMS 发生的关系,目的在于利用高海拔暴露前人员的生理、心理等综合数据信息,实现批量人群进入高海拔前的初步的 AMS 易感者筛选。在研究工作中,利用已获取的 AMS 易感者高海拔暴露前生理、心理等 22 个指标作为网络输入(输入变量),把是否有 AMS 出现作为网络输出(结局变量),建立 AMS 易感者诊断模型实现进入高海拔前的初步的 AMS 易感者筛选。同时为保证测试结果准确,在训练和测试神经网络时,按照

AMS 和非 AMS 的比例分配了数据集,且采用试错法确立了 LVQ 神经网络竞争层神经元数目和最大循环次数。本研究结果表明:在 No-AMS 组,模型预测将研究对象判断为不出现 AMS 的灵敏度较高(95.00%),平均预测正确率达到 72.22%,预测结果可信度较好,但是在 AMS 组,正确判断为 AMS 的比例相对较低,出现 AMS 的特异度相对较低状况。分析原因有:①目前国际上关于 AMS 的诊断没有客观可行的标准和依据,仍然采用主观性较强的症状调查量表,该方法缺乏对 AMS 诊断的金标准,即没有客观定量的判断方法来确定人员进入高海拔后是否有 AMS 出现,故研究建立客观的 AMS 诊断标准对于实现 AMS 易感者筛选以及提高筛选的准确性非常必要。②为了进一步提高数据挖掘质量,提高预测模型的灵敏度和精度,保证预测模型的可靠性和实用性,在采集数据时还应特别注意 AMS 症状的调查应尽可能客观描述,虽然神经网络理论的容错性较强,但主观因素过多也会给研究结果带来影响,因此,开展进一步研究应尽量降低数据采集中主观因素的影响。

本研究结果也表明,虽然平均预测正确率只达到了 72.22%,但是对于 No-AMS 预测精度仍然高。在实际应用中,可以考虑利用该模型方法通过预测急进高原人群 No-AMS 的发生人群,反推 AMS 的发生人群,从而实现对 AMS 易感者的初步预测筛选。Polak 等[22]利用人工神经网络在 2 551 例妊娠糖尿病的高危人群中进行筛查,发现 91 例妊娠糖尿病患者,灵敏度为 70%,而传统的 Logistic 回归分析的灵敏度只有 56.3%。因此,LVQ 神经网络用于 AMS 易感预测是可行的,该预测模型的建立,为进入高海拔人群 AMS 易感筛选提供了可借鉴的方法,进一步研究可能更多集中在 AMS 判断的客观性以及改进模型方法,提高预测精度。

[参考文献]

[1] 高钰琪. 高原军事医学[M]. 重庆:重庆出版社,2005:250 - 267.

[2] 黄庆愿,高钰琪,刘福玉,等. 急性高原反应相关因素的多元线性回归分析[J]. 第三军医大学学报,2006,28(12):1269 - 1272.

[3] 王俊杰,陈景武. BP 神经网络在疾病预测中的应用[J]. 数理医药学杂志,2008,21(3):259 - 262.

[4] 李 娟,胡永华. 神经网络模型在分析复杂性疾病多基因交互作用中的应用[J]. 中国卫生统计,2010,27(3):321 - 323.

[5] 黄德生,施海龙,关 鹏,等. LVQ 人工神经网络在伤寒、副伤寒发生强度判别与预测中的应用[J]. 中国医科大学学报,2005,34(2):146 - 149.

[6] Karinen HM, Peltonen JE, Kahonen M, et al. Prediction of acute mountain sickness by monitoring arterial oxygen saturation during ascent[J]. High Alt Med Biol, 2010, 11(4): 325 - 332.

[7] 周其全,高钰琪,黄庆愿,等. 肺功能测定对急性高原反应易感者预测价值的初步探讨[J]. 西北国防医学杂志,2004,25(1):13 - 15.

[8] Koehle MS, Guenette JA, Warburton DER. Oximetry, heart rate variability, and the diagnosis of mild-to-moderate acute mountain sickness[J]. Eur J Emerg Med, 2010, 17(2): 119 - 122.

[9] Huang Q, Gao Y, Mou X, et al. The role of hypoxic response and breath holding at sea level in prediction of acute mountain sickness[J]. Chin J Appl Physiol, 2004, 20(2): 142 - 145.

[10] Brown DE, Beall CM, Strohl KP, et al. Exhaled nitric oxide decreases upon acute exposure to high-altitude hypoxia[J]. Am J Hum Biol, 2006, 18(2): 196 - 202.

[11] Kunze U, Böhm G, Ferstl F, et al. Assessing smoking behaviour among medical students by the measurement of expired carbon monoxide (CO)[J]. Wien Med Wochenschr, 2009, 159(1): 14 - 16.

[12] 周其全,高钰琪,黄庆愿,等. 肺功能与急性高原反应症状学评分之间的相关分析[J]. 华西医学,2004,19(2):262 - 263.

[13] 牟信兵,叶刚林,曾凤兰,等. 急性高原病患者心理状况评定[J]. 高原医学杂志,2001,11(2):22 - 23.

[14] Schneider M, Bernasch D, Weymann J, et al. Acute mountain sickness: influence of susceptibility, preexposure, and ascent rate[J]. Med Sci Sport Exer, 2002, 34(12): 1886 - 1891.

[15] Sutherland AI, Morris DS, Owen CG, et al. Optic nerve sheath diameter, intracranial pressure and acute mountain sickness on Mount Everest: a longitudinal cohort study[J]. Brit J Sport Med, 2008, 42(3): 183 - 188.

[16] MacInnis MJ, Koehle MS, Rupert JL. Evidence for a Genetic Basis for Altitude Illness: 2010 Update[J]. High Alt Med Biol, 2010, 11(4): 349 - 368.

[17] 宋桐林,吴 玉,沈鹏宇,等. 青年男性急性高原反应与地理因素的关系研究[J]. 局解手术学杂志,2014,23(6):599 - 601.

[18] Burtscher M, Flatz M, Faulhaber M. Prediction of susceptibility to acute mountain sickness by $Sa(O_2)$ values during short-term exposure to hypoxia[J]. High Alt Med Biol, 2004, 5(3): 335 - 340.

[19] Burtscher M, Szubski C, Faulhaber M. Prediction of the susceptibility to AMS in simulated altitude[J]. Sleep Breath, 2008, 12(2): 103 - 108.

[20] Vann RD, Pollock NW, Pieper CF, et al. Epidemiological-modeling of acute mountain sickness (AMS)-A prospective data collection standard[J]. Adv Exp Med Biol, 2003, 543: 355 - 358.

[21] Vann RD, Pollock NW, Pieper CF, et al. Statistical models of acute mountain sickness[J]. High Alt Med Biol, 2005, 6(1): 32 - 42.

[22] Polak S, Mendyk A. Artificial intelligence technology as a tool for initial GDM screening[J]. Expert Syst Appl, 2004, 26(4): 455 - 460.

(编辑:周小林)