

我国区域气候影响下的成年人肺动脉收缩压参考值及其地理分布规律

刘新蕾¹, 葛 淼*, 王聪霞², 路春爱³, 杨绍芳¹, 张 雯¹, 岑敏仪¹

(1. 陕西师范大学旅游与环境学院健康地理研究所, 陕西 西安 710119; 2. 西安交通大学医学院第二附属医院心内科, 陕西 西安 710004; 3. 陕西师范大学校医院, 陕西 西安 710062)

摘 要: 【目的】为制定中国成年人肺动脉收缩压参考值的统一标准提供科学依据。【方法】搜集了中国 61 个地区的 3 405 例健康成年人肺动脉收缩压参考值资料, 运用相关分析研究肺动脉收缩压与 7 项地理指标的关系, 利用向后回归分析和因子分析分别建立了模型并利用 T 检验对最优模型进行选取。【结果】肺动脉收缩压与地理指标存在显著的相关性。经验证, 因子分析模型为最优预测模型。根据模型计算全国 2 322 个地区的 PASP 预测值, 利用 ArcGIS 软件的克里金插值法内插出中国成年人肺动脉收缩压参考值的空间趋势分布图。【结论】海拔是成年人肺动脉收缩压参考值最主要的影响因子。若已知中国某地的地理指标数据, 可通过因子分析模型计算得出结果, 也可利用空间趋势图直观地得到中国任何地区的成年人肺动脉收缩压参考值。

关键词: 肺动脉收缩压; 地理环境指标; 回归分析; 因子分析; 克里金插值

中图分类号: R188

文献标志码: A

文章编号: 1672-3554(2015)02-0294-07

Impacts of Regional Climate Factors on the Pulmonary Artery Systolic Pressure Reference Value of Chinese Adults

LIU Xin-lei¹, GE Miao*, WANG Cong-xia², LU Chun-ai³, YANG Shao-fang¹, ZHANG Wen¹, CEN Min-yi¹

(1. College of tourism and environment, Shaanxi Normal University, Xi'an Shaanxi, 710119, China; 2. The Second Affiliated Hospital of Medical College of Xi'an Jiaotong University, Xi'an, 710004, China; 3. Hospital of Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Corresponding to: GE Miao, E-mail: gemiao@snnu.edu.cn

Abstract: 【Objective】To provide scientific basis for unifying standard of the reference value of Chinese adults' pulmonary arterial systolic pressure. 【Methods】This paper collected the reference value of PASP of 3405 healthy adults from 61 units in China. The relationship between PASP reference value and the 7 geographic factors was studied by correlation analysis and two models were built by regression analysis and factor analysis. Then the optimal model was selected by t test. 【Results】There was significant correlation between PASP reference value and geographical factors. The factor analysis model was selected as the best one. Then the paper calculated the PASP reference value according to the model, and interpolated the distribution map of PASP reference value by Kriging method in ArcGIS 10.0 software. 【Conclusion】Altitude is the main impact factor of adults' PASP reference value. If the geographic factors of a certain area are obtained, the reference value of Chinese adults' PASP can be calculated by the factor analysis function. In addition, the PASP reference value of an area can be read from the distribution map we got.

Key words: pulmonary artery systolic pressure; geographic factors; regression analysis; factor analysis; Kriging

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci), 2015, 36(2):294-300]

收稿日期: 2014-09-12

基金项目: 国家自然科学基金(40971060)

作者简介: 刘新蕾, 在读硕士生, Email: 13474102524@163.com; * 通信作者: 葛淼, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为健康地理, E-mail: gemiao@snnu.edu.cn

肺动脉高压是由于各种病因引起的肺动脉压力及肺血管阻力进行性升高的病理状态,是许多心肺疾病发生、发展过程中重要的病理生理环节^[1-3],因此,及时而准确地对患者右心室功能做出评价,对其病情评估、治疗决策和预后判断具有重要的临床意义。在临床上,肺动脉收缩压(pulmonary arterial systolic pressure,PASP)是诊断肺动脉高压的重要指标。但在医学诊断的实际应用中,PASP的正常参考值存在差异。世界卫生组织规定肺动脉压力的诊断标准为海平面静息状态下右心导管测定肺动脉收缩压 $>4.0\text{ kPa}$ (30 mmHg , $1\text{ mmHg}=0.133\text{ kPa}$)^[4],而国内关于肺动脉高压诊断的通用标准为轻度肺动脉高压($40\text{ mmHg}<\text{PASP}<50\text{ mmHg}$)、中度肺动脉高压($50\text{ mmHg}<\text{PASP}<70\text{ mmHg}$)、重度肺动脉高压($\text{PASP}>70\text{ mmHg}$)^[5],另外,也有国外的研究者拟诊肺动脉压力的肺动脉收缩压标准为 $\geq 40\text{ mmHg}$ 肺动脉高压标准^[6]。为了临床需要,很多人测定了本地区的PASP参考值,并定性研究了海拔与肺动脉压的关系^[7-9],但地理环境是个复杂综合体,对肺动脉收缩压可能有更多层面的影响。因此本文采用相关分析、回归分析与因子分析方法研究了中国成年人肺动脉收缩压与多个地理因素的关系,发现有一定的规律性。

1 材料与方法

1.1 PASP 参考值

通过检索中国期刊网、万方全文数据库、中国优秀博士学位论文全文数据库、超星数字图书馆等相关网络数据库,收集了中国61个市(县)级医院和有关单位及高等院校测定的3405例健康成年人PASP参考值(mmHg)^[10-18],收集的医学数据均以“均数 $\pm$ 标准差”($\bar{x}\pm s$)表示,在进行统计分析时,采用某地区多家医院测量结果的平均值。检测对象的年龄范围是18~92岁,各单位平均检测人数59例,最少为17例,最多109例。这些单位分布在中国29个省、市、自治区(图1),缺乏宁夏、贵州、台湾、香港及澳门的资料。在地区数量分布上,东部平原地区的资料多于西部高原地区,在样本数量分布上,东部地区与西部地区总样本数差别不大。

本文收集的PASP参考值均采用彩色多普勒超

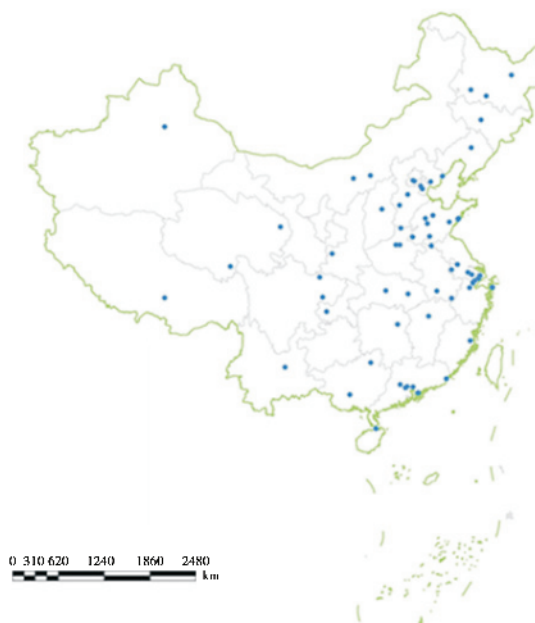


图1 样本点分布图

Fig.1 Distribution map of sampling points

声心动图测定,用三尖瓣反流法估测,其方法如下:受检者取左侧卧位,平静呼吸,于心尖四腔心切面或大动脉短轴切面,采用彩色多普勒观察,取样点位于三尖瓣口的右房侧,测量三尖瓣反流峰值流速(V),根据简化Bernoulli公式及估测的右房压力(RAP)计算PASP, $\text{PASP}=4V^2+\text{RAP}$;一般RAP设为 10 mmHg 。本文所选健康人群的排除标准:①慢性肾病、肾病综合征或各种原因引起的肾功能不全患者;②先天性心脏病患者;③各种原因引起的心衰患者;④原发性高血压患者⑤冠心病及心肌病患者;⑥各种急、慢性肝病或肝功能不全患者;⑦各种急、慢性呼吸道疾病患者及肺血管疾病患者;⑧甲亢、糖尿病患者;⑨近期外伤手术史;⑩恶性肿瘤患者。

1.2 地理资料

本文选取了7项与人体生理状况密切联系的地理指标——海拔高度(m)、年日照时数(h)、年平均气温($^{\circ}\text{C}$)、年平均相对湿度(%)、年降水量(mm)、气温年较差($^{\circ}\text{C}$)和年平均风速(m/s),分别表示为 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 。地理指标取材于有关地理著作和辞典^[19-20],以及中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn/>)。所有地理指标均为近30年的平均值。

2 结 果

2.1 相关分析

将成年人 PASP 参考值作为因变量,7 项地理指标作为自变量,运用 SPSS17.0 统计分析软件进行相关分析^[21],计算得出成年人 PASP 参考值与各项地理指标的单相关系数 r 值和 P 值(表 1)。可以看出,海拔高度和年平均气温与成年人 PASP 参考值的相关性很显著,是对成年人 PASP 参考值产生影响的主要因素。PASP 随海拔高度以及年日照时数的增加而增大,随年平均气温、年平均相对湿度、年降水量、气温年较差和年平均风速的降低而减小。

表 1 中国成年人 PASP 参考值与地理因素之间的相关系数

Table 1 Correlation between the geographical factors and Chinese adults' PASP reference value

Geographical factors	r	P
Altitude (X_1)	0.356	0.000
Annual sunshine duration (X_2)	0.061	0.543
Annual average temperature(X_3)	-0.263	0.008
Annual average relative Humidity(X_4)	-0.199	0.045
Annual precipitation(X_5)	-0.179	0.072
Annual temperature range(X_6)	-0.012	0.903
Annual average wind Speed(X_7)	-0.080	0.421

2.2 向后回归分析

应用 SPSS17.0 统计分析软件,对 PASP 参考值与 7 项地理环境指标进行向后回归分析,推导出地理指标与成年人 PASP 参考值之间的回归方程:

$$\hat{Y}=45.46-0.002341 X_2-0.6693 X_3-0.2709 X_6 \pm 5.50$$

在以上回归方程中, $\hat{Y}$ 是成年人 PASP 参考值, X_2 是年日照时数(h), X_3 是年平均气温($^{\circ}\text{C}$), X_6 是气温年较差($^{\circ}\text{C}$), 5.50 是剩余标准差的值。 $F=7.124$, $P=0.000<0.01$, 说明方程有统计学意义。

2.3 因子分析

地理环境是由气候、地形地势等多种自然要素构成的自然综合体,各地理因素之间相互交织的复杂关系对某一生理指标的影响难以解释。因子分析可以在一群具有相关性且难以解释的数据中,将相关性较强的指标归为一类,降低不同类间

变量的相关性,找出影响原始数据的共同因素^[21]。因此,本文选用因子分析法对 7 项地理指标与成年人 PASP 参考值的关系进行研究。

2.3.1 判断变量能否进行因子分析 因子分析使用的前提条件是变量间具有相关性,对该条件的判断主要包括两个方面:若大多数变量之间的简单相关系数绝对值 >0.3 ,则进行因子分析才有实际意义^[21]。本文所选取的 7 项地理指标之间的单相关系数矩阵如下,绝大部分地理指标间的相关系数绝对值都大于 0.3:

1.000	0.315	-0.530	-0.547	-0.421	-0.149	-0.443
0.315	1.000	-0.676	-0.798	-0.705	0.465	0.108
-0.530	-0.676	1.000	0.788	0.857	-0.714	-0.103
-0.547	-0.798	0.788	1.000	0.829	-0.500	0.193
-0.421	-0.705	0.857	0.829	1.000	-0.647	0.019
-0.149	0.465	-0.714	-0.500	-0.647	1.000	0.339
-0.443	0.108	-0.103	0.193	0.019	0.339	1.000

其次,7 项地理环境指标的 KMO 适度抽样测定值为 0.605,符合 0.5~1.0 的因子分析的统计学标准, Bartlett's 球形检验为零。综上所述,对本文所选取的 7 项地理指标进行因子分析是可行的。

2.3.2 构造因子变量 选取地理环境指标 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 作为原始变量,利用 SPSS 软件进行公因子提取。表 2 所示,前两个因子的特征值分别为 4.022、1.679,累积贡献率达到 81.455%,满足累积方差贡献率 $>70\%$ 或特征值 ≥ 1 的原则,故选取两个公共因子(表示为 F_1 、 F_2)代替 7 个地理指标来进行成年人 PASP 参考值与地理环境关系的研究。

2.3.3 因子得分 依照每个变量在公共因子中的得分,容易得到公共因子 F_1 、 F_2 与各个原始变量的标准化值($\text{std } X_i, i=1, 2, \dots, 7$)的表达式:

$$F_1 = -0.077 \text{ std } X_1 - 0.210 \text{ std } X_2 + 0.237 \text{ std } X_3 + 0.215 \text{ std } X_4 + 0.232 \text{ std } X_5 - 0.208 \text{ std } X_6 - 0.058 \text{ std } X_7$$

$$F_2 = -0.450 \text{ std } X_1 + 0.022 \text{ std } X_2 - 0.015 \text{ std } X_3 + 0.140 \text{ std } X_4 + 0.012 \text{ std } X_5 + 0.335 \text{ std } X_6 + 0.506 \text{ std } X_7$$

标准指标变量的公式为 $\text{std } X_i = (X_i - \bar{\sigma}_i) / \delta_i$, $\bar{\sigma}_i$ 、 δ_i 分别是 X_i 的平均值和标准差。根据各原始变量的描述统计量(表 3),还原 F_1 、 F_2 表达式中的标准指标变量 $\text{std } X_i$,得到 F_1 、 F_2 关于原始变量 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 的表达式:

$$F_1 = -0.00009903X_1 - 0.0004828X_2 + 0.04982X_3 +$$

表 2 解释的总方差

Table.2 Total variance explained

Component	Initial eigen value			Extraction sums of squared loadings			Rotation sums of squared loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative/%	Total	% of Variance	Cumulative/%	Total	% of Variance	Cumulative/%
1	4.022	57.455	57.455	4.022	57.455	44.135	3.991	57.007	57.007
2	1.679	23.991	81.455	1.679	23.991	61.827	1.711	24.438	81.445
3	0.551	7.876	89.321			73.526			
4	0.467	6.670	95.991			81.387			
5	0.158	2.259	98.249			87.924			
6	0.101	1.439	99.689			93.541			
7	0.022	0.311	100.000			95.958			

$0.02264X_4 + 0.000519X_5 - 0.0304X_6 - 0.07426X_7 - 0.5575$

$F_2 = -0.0005788X_1 + 0.00005059X_2 - 0.003153X_3 + 0.01474X_4 + 0.00002684X_5 + 0.04895X_6 + 0.6479X_7 - 3.9404$

表 3 各地地理指标的描述统计量

Table 3 Descriptive statistics of geographical factors

Geographical Factors	Mean Value	Standard Deviation
Altitude (X_1)	247.913	451.5616
Annual Sunshine Duration (X_2)	2 142.472	444.1295
Annual Average Temperature(X_3)	15.742	4.5287
Annual Average Relative Humidity(X_4)	72.877	7.8860
Annual Precipitation(X_5)	1 120.158	466.2207
Annual Temperature Range(X_6)	23.732	7.2660
Annual Average Wind Speed(X_7)	2.7141	0.8389

以 F_1 、 F_2 为自变量, 成年人 PASP 参考值为因变量进行回归分析, 得到如下回归方程:

$\hat{Y}=23.85-0.8001F_1-1.0231F_2 \pm 0.43$

其中 $F = 4.596$, $P = 0.012 < 0.05$, 说明回归方程是显著的。将 F_1 、 F_2 关于原始变量 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 的表达式带入上述回归方程, 将其转化为成年人 PASP 参考值与原始变量的多元回归方程:

$\hat{Y} = 28.33 + 0.0006714X_1 + 0.0003345X_2 - 0.03663X_3 - 0.03319X_4 - 0.0004428X_5 - 0.02576X_6 - 0.6035X_7 \pm 0.43$

$\hat{Y}$ 是成年人 PASP 参考值, X_1 是海拔高度 (m), X_2 是年日照时数 (h), X_3 是年平均气温 ($^{\circ}\text{C}$), X_4 是年平均相对湿度 (%), X_5 是年降水量 (mm), X_6 是气温年较差 ($^{\circ}\text{C}$), X_7 是年平均风速 (m/s), 0.43 是剩余标准差的值。

2.4 参考值的最优模型选择

通过上述研究, 本文得出了中国成年人 PASP 参考值的向后回归分析模型和因子分析模型。利用这两种模型对中国各地区地理环境与 PASP 参考值的关系进行预测, 得到不同预测值, 与实测值的对比如图 2 所示。经比较, 向后回归模型与因子分析模型的预测效果没有明显差别。

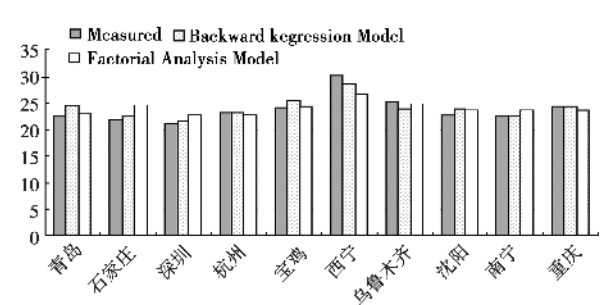


图 2 成年人 PASP 参考值的预测值与实测值

Fig.2 Real value and the predicted value of PASP

对成年人 PASP 参考值的两种预测模型进行配对样本双侧 t 检验, 结果显示: 向后回归模型 t 检验的 t 值为 0.005, P 值为 0.996, 因子分析模型 t 检验的 t 值为 0.004, P 值为 0.997, 在 95% 的显著水平下, 二者的预测值与实测值之间均无显著性差异, 而因子分析模型的效果更好, 故选取为成年人 PASP 参考值的最优预测模型。

2.5 PASP 的空间趋势分布图

本文选取全国范围内 2 322 个县级及以上行政单位作为观测点, 依据因子分析模型对各地区成年人 PASP 的参考值作出预测, 借助 ArcGIS 软件中的地统计分析模块进行克里金插值^[22], 精确地拟合并绘制出成年人 PASP 参考值的地理分布

趋势图(图3),图中每种色系各代表一参考值范围,红色区域的参考值值域最大,橙色次之,绿色最小,位于同一色系上的参考值相同。由图可知,中国成年人PASP参考值由西向东较为规律地减小,青藏高原、新疆北部、四川西部以及甘肃、青海等地的PASP参考值较高,华东与东南大部、华北平原、松嫩平原与三江平原等地的PASP参考值较低。

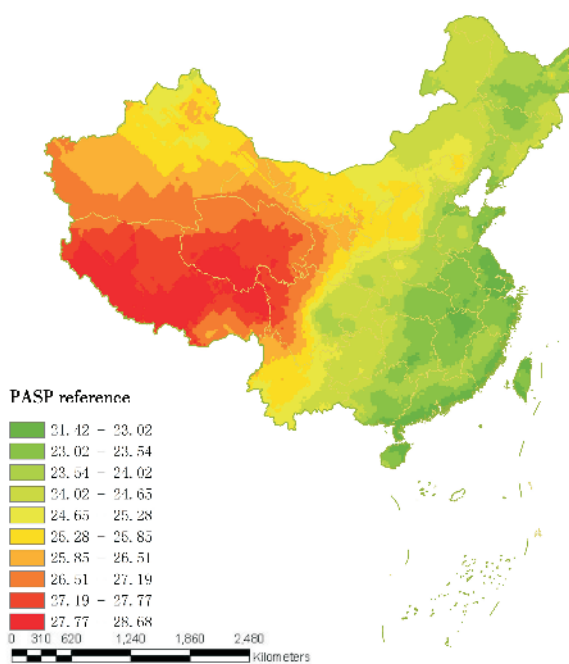


图3 我国成年人PASP参考值分布图

Fig.3 Distribution map of Chinese adults' PASP reference value

3 讨论

根据单相关系数,成年人PASP参考值随着海拔(X_1)、年日照时数(X_2)的增大而增加,其中海拔与PASP的相关性很显著;随着年平均气温(X_3)、年平均相对湿度(X_4)和年降水量(X_5)、气温年较差(X_6)和平均风速(X_7)的增加而减小,其中年平均气温与PASP的相关性很显著。对比中国海拔变化图与年平均气温分布图^[23-24],PASP的趋势变化与海拔变化比较一致,由西向东均为递减状态,且走势大致相同,而与年平均气温的变化趋势则大致相反,说明年平均气温与PASP参考值是负相关关系。

根据相关系数,海拔是影响我国成年人PASP参考值的最主要地理因素指标,其对PASP的影响

机制可能如下:海拔越高则氧含量越低,在缺氧的情况下,体内产生多种缺氧诱导的细胞因子,同时伴有细胞内外电解质的紊乱,再加上神经调节紊乱的多重作用使肺血管收缩^[25-28],从而使肺动脉收缩压升高。缺氧条件下,氧分压刺激外周化学感受器,反射通过交感神经使血管收缩,同时缺氧会引起某些体液因子的释放,如去甲肾上腺素、组织胺、血管紧张素等,使肺血管收缩;另外缺氧可直接作用于血管平滑肌,有人认为缺氧可提高肌膜对钙离子的通透性,使透入肌细胞的钙离子增多,从而增强血管平滑肌的收缩,也有人认为缺氧使肺血管平滑肌失去钾离子而获得钙离子,膜电位接近阈值,易于除极兴奋而收缩^[29]。此外,肺血管的长期收缩可使肺小动脉肌层增厚,管腔狭小,阻力增加,故人群所处海拔越高,肺动脉收缩压也越高。

根据本文的研究结果,若获取某地的海拔、年日照时数、年平均气温、年平均相对湿度、年降水量、气温年较差和平均风速,可用因子分析模型方程计算出这一地区的成年人PASP参考值。以北京为例,其海拔高度31.3 m、年日照时数2764 h、年平均气温12.3℃、年平均相对湿度60%、年降水量571.9 mm、气温年较差30.8℃、平均风速2.5 m/s,计算得:

$$\hat{Y}=28.33+0.000\ 671\ 4\times 31.3+0.000\ 334\ 5\times 2764-0.036\ 63\times 12.3-0.033\ 19\times 60-0.000\ 442\ 8\times 571.9-0.0257\ 6\times 30.8-0.603\ 5\times 2.5\pm 0.43=24.28\pm 0.43$$

因此,北京地区成年人PASP的参考值为(24.28±0.43)mmHg,0.43是剩余标准差的值,即北京地区成年人PASP参考值的范围是(24.28-0.43)~(24.28+0.43)即23.85~25.71 mmHg。通过成年人PASP参考值空间趋势图也可查出某地的PASP参考值。

人与环境之间存在着持续的交互过程,人类不断地从环境中获取所需的能量和物质,同时向环境中排泄代谢产物,生理状况受环境影响十分明显。地理环境有着明显的地域分异规律,这使得人的很多生理特征也表现出明显的地域性,这与《黄帝内经》中“因地异质,因地制宜”的理论也是相吻合的。本文探索了成年人肺动脉收缩压与地理环境的关系,所得的空间趋势分布图可宏观地估计中国大部分地区成年人的肺动脉收缩压参考

值。地理环境是个复杂综合体,多个地理环境指标对肺动脉收缩压可能有更多及更深层面的影响,复杂的地理环境对肺动脉收缩压的综合性作用机理还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 吴棘,罗银丽,刘雪玲,等.组织多普勒右室 Tei 指数评价肺动脉高压患者右心室功能[J]. 中国超声医学杂志, 2009, 25(10): 965-968.
Wu J, Luo YL, Liu XL, et al. Tissue Doppler in Tei index assessment of right ventricular function in patients with pulmonary hypertension [J]. Chin J Ultrasound Med, 2009, 25(10): 965-968.
- [2] Woodring JH, Vandiviere HM, Fried AM, et al. Update: the radiographic features of pulmonary tuberculosis[J]. AJR, 1986, 146(3): 497-506.
- [3] Miller WT, Miller WT Jr. Tuberculosis in the normal host: radiological findings [J]. Semin Roentgenol, 1993, 28(2): 109-118.
- [4] 俎红丽. 单心动周期实时三维超声心动图评价肺动脉高压患者右心室重构特征[D]. 河北: 河北医科大学, 2013.
Zu HL. The application study of single cardiac cycle real-time three dimensional echocardiography in the modality and function right ventricular in patients with atrial septal defect [D]. He Bei: Hebei Medical University, 2013.
- [5] 许红,宋爱萍. Tei 指数对慢性阻塞性肺病患者右心室功能的评价[J]. 中国临床医学, 2013, 20(4): 574-576.
Xu H, Song AP. Evaluation of right ventricular function in patients with chronic obstructive pulmonary disease using Tei index[J]. Chin J Clin Med, 2013, 20(4): 574-576.
- [6] McQuillan BM, Picard MH, Leavitt M, et al. Clinical correlates and reference intervals for pulmonary artery systolic pressure among echocardiographically normal subjects[J]. Circulation, 2001, 104(23): 2797-2802.
- [7] 冯恩志,杨生岳,闫自强,等. 急性高原反应者肺血管活性因子水平与肺动脉压的关系[J]. 临床肺科杂志, 2011, 16(11): 1660-1662.
Feng EZ, Yang SY, Yan ZQ, et al. Relationship between pulmonary vasoactive factors and pulmonary arterial pressure in acute high altitude reaction and its change after return to lower altitude [J]. J Clin Pulmon Med, 2011, 16(11): 1660-1662.
- [8] 潘丽. 健康青年急进高原早期心血管系统变化特点及对高原适应能力的影响[D]. 重庆: 第三军医大学, 2012.
Pan L. Characteristics of changes in cardiovascular system at the earlier stage for healthy young adults who rapidly travel to plateau and their impacts on altitude acclimatization capability [D]. Chong Qing: Third Military Medical University, 2012.
- [9] 王崇忠,彭茜,夏清,等. 高海拔地区儿童肺高压临床分析[J]. 实用医院临床杂志, 2013, 10(5): 205-207.
Wang CZ, Peng Q, Xia Q, et al. Clinical analysis of children with pulmonary hypertension at high altitude [J]. PJCM, 2013, 10(5): 205-207.
- [10] 百利平,王淑贞,张弘,等. 应用超声心动图对正常人随着年龄增大肺动脉压力增高的探索性研究 [J]. 中国实用医药, 2013, 8(5): 73-74.
Bai LP, Wang SZ, Zhang H, et al. Application of echocardiography to normal increase with age increased pulmonary artery pressure of exploratory research [J]. China Prac Med, 2013, 8(5): 73-74.
- [11] 周兆良,朱文军,庄延兵,等. 斑点追踪成像与实时三维超声评价肺源性心脏病患者右心室收缩功能[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2013, 10(6): 449-454.
Zhou ZL, Zhu WJ, Zhuang YB, et al. Evaluation of right ventricular systolic function in patients with pulmonary heart disease by speckle tracking imaging and real-time three-dimensional echocardiograph[J]. Chin J Med Ultrasound: E Ed, 2013, 10(6): 449-454.
- [12] 薛明华,张琴,侯代伦,等. 组织多普勒成像对肺动脉高压患者右心功能的评价[J]. 山东大学学报: 医学版, 2013, 51(4): 37-41.
Xue MH, Zhang Q, Hou DL, et al. Evaluation of right ventricular function in patients with pulmonary hypertension using tissue Doppler imaging [J]. J Shandong Univ: Med Sci, 2013, 51(4): 37-41.
- [13] 蔡茜,吴尚洁,赵雪峰. 慢性阻塞性肺疾病相关性肺动脉高压患者外周血单核细胞 Rho 激酶水平测定[J]. 中南大学学报: 医学版, 2012, 37(5): 453-457.
Cai X, Wu SJ, Zhao XF. Measurement of Rho-kinase in peripheral bold monocytes in patients with pulmonary arterial hypertension related to chronic obstructive pulmonary diseases[J]. J Cent South Univ: Med Sci, 2012, 37(5): 453-457.
- [14] 刘小燕,董红梅,祁玉曙,等. 高原地区慢性肺心病心力衰竭患者血浆炎症因子-内皮素的变化及意义[J]. 医学研究杂志, 2010, 39(3): 86-88.
Liu XY, Dong HM, Qi YS, et al. Changes of the cytokines and endothelium function in patients with

- chronic pulmonary heart failure disease at high altitude area[J]. J Med Res, 2010, 39(3): 86-88.
- [15] 孙立红, 赵桂美. 肺心病患者血浆肾上腺髓质素、神经肽 Y 与缺氧性肺动脉高压的关系[J]. 临床内科杂志, 2007, 24(8): 539-540.
- Sun LH, Zhao GM. Study on the relationship of the plasma a levels of adrenomedullin, neuropeptide Y and hypoxic pulmonary[J]. J Clin Intern Med, 2007, 24(8): 539-540.
- [16] 蒲朝霞, 林珂, 郑胜州. 肺动脉高压患者右室机械活动延迟与右室收缩功能的相关性研究[J]. 中华心血管病杂志, 2006, 34(9): 816-818.
- Pu ZX, Lin D, Zheng SZ. Relationship between right ventricular mechanical delay and right ventricular systolic function in patients with pulmonary hypertension [J]. Chin J Cardiol, 2006, 34(9): 816-818.
- [17] 吴海爽, 姜志荣, 吕启凤, 等. 二维斑点追踪成像评价肺动脉高压患者右心室功能[J]. 临床超声医学杂志, 2013, 15(8): 545-548.
- Wu HS, Jiang ZR, Lv QF, et al. Assessment of right ventricular function in patients with pulmonary hypertension by two -dimensional speckle tracking imaging[J]. J Chin Ultrasound in Med, 2013, 15(8): 545-548.
- [18] 丁茜, 刘栩, 朱天刚. 类风湿性关节炎患者右心室功能损害的早期检测[J]. 临床心血管病杂志, 2012, 28(12): 910-912.
- Ding Q, Liu X, Zhu TG. Early detection of subclinical right ventricle impairment in patients with rheumatoid arthritis[J]. J Clin Cardiol, 2012, 28(12): 910-912.
- [19] 阎崇年, 颜吉鹤, 宋俊岭, 等. 中国市县大辞典[M]. 北京: 中共中央党校出版社, 1991: 1-1446.
- Yan CN, Yan JH, Song JL, et al. Chinese counties dictionary [M]. Beijing: Chinese Central Communist Party School Press, 1991: 1-1446.
- [20] 颜宏, 沈国权, 毛耀顺, 等. 中华人民共和国气候图集[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 2-250.
- Yan H, Shen GQ, Mao YS, et al. Climatic atlas of the people's republic of china [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2002: 2-250.
- [21] 赖国超, 陈超. SPSS17.0 中文版常用功能与应用实例精讲[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010: 168-337.
- Lai GC, Chen C. Common Function Earnestly and Application Examples of SPSS 17.0 [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2010: 168-337.
- [22] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析教程[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 50-203.
- Tang GA, Yang X. ArcGIS Geographic Information System Spatial Analysis Tutorial[M]. Beijing: Sciences Press, 2006: 50-203.
- [23] 廖克. 中华人民共和国国家自然地图集[M]. 北京: 中国地图出版社, 1999: 1-283.
- Liao K. The national natural atlas of the people's republic of china[M]. Beijing: Sino Maps Press, 1999: 1-283.
- [24] 王静爱, 左伟. 中国地理图集[M]. 北京: 中国地图出版社, 2009: 27-29.
- Wang JA, Zuo W. Geographic Atlas of China [M]. Beijing: Sino Maps Press, 2009: 27-29.
- [25] 何顺厚, 王焱林, 王清秀, 等. 星状神经节阻滞对缺氧性肺动脉高压家兔的血管舒张因子及肺动脉压的影响[J]. 中华麻醉学杂志, 2003, 23(7): 519-521.
- He HS, Wang YL, Wang QX, et al. Effect of stellate ganglion block on the plasma concentration of vascular constricting and relaxing factors and pulmonary arterial pressure in rabbits with hypoxic pulmonary hypertension [J]. Chin J Anesthesiol, 2003, 23(7): 519-521.
- [26] 陈希林, 孙秉庸, 王肇文, 等. 缺氧-内毒素对清醒山羊肺动脉增压反应和肺内液体交换的影响[J]. 第三军医大学学报, 1986, 8(1): 1-7.
- Chen XL, Sun BY, Wang ZW, et al. Effects of hypoxia and endotoxin on pulmonary pressor response and lung fluid exchange in conscious goats[J]. J Third Med Univ, 1986, 8(1): 1-7.
- [27] 杨生岳, 罗晓红, 郭振援, 等. 血清缺氧诱导因子-1 α 和血管内皮生长因子水平与高原慢性肺心病患者肺动脉压的关系[J]. 中国临床医学, 2010, 17(6): 775-777.
- Yang SY, Luo XH, Guo ZY, et al. Change in serum hypoxia inducible factor -1 α and vascular endothelial growth factor and its relationship to pulmonary arterial pressure in patients with acute exacerbation of chronic corpulmonale on plateau[J]. Chin J Clin Med, 2010, 17(6): 775-777.
- [28] 张继伟. 细胞外钙敏感受体在缺氧性肺血管收缩中的作用和机制[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- Zhang JW. The role and mechanism of the extracellular calcium-sensing receptor in hypoxia-induced cytoplasm calcium concentration increase in pulmonary arterial smooth muscle cells[D]. Wu Han: Huazhong University of Science and Technology, 2013.
- [29] 吕永达, 谭玲. 高原气候特点及对人体生理功能的影响[J]. 旅行医学科学, 1999, 5(1): 1-7.
- Lv YD, Tan L. Climate characteristics at altitude and its physiological influence[J]. Travel Med Sci J, 1999, 5(1): 1-7.