

我国高原健康环境评估

戴霄晔¹, 王 铮^{1,2}, 刘 涛²

(1 华东师范大学教育部地理信息科学重点实验室, 上海 200062; 2 中国科学院科技政策与管理科学研究所, 北京 100080)

摘 要: 我国有大量的居民居住在广袤的山地和高原地区, 海拔上升带来的氧气含量降低、紫外辐射增强等高原自然环境导致的各种不利因素, 对他们的衣食住行造成了巨大的影响。针对高海拔地区自然环境特点, 包括低压低氧、低气温、低湿度、高辐射等自然环境条件, 全面而深入地分析了高原环境对人体健康可能造成的各种不良影响, 并介绍了高原肺水肿、脑水肿等急性高原病和高原衰退症等慢性高原病的发病特征。进一步地, 在众多学者的大量研究基础上, 对海拔高度增加引致的氧气含量和紫外辐射强度等自然指标变化规律进行了总结, 分析了各指标变化对人体生理的影响, 进而得出了在不同海拔高度人体生理的表现。依据有关数据, 还总结了我国各种急性、慢性高原病在县级区域水平上发生的区域分布规律, 对我国高原病与高原反应发生的地区进行了划分, 并指出了各种疾病发病的海拔临界值。这对于改善高原居民的生理健康水平、指导平原地区前往高海拔地区人们对高原病的防护有重要意义。

关键词: 高原环境; 人体健康; 高原病

中图分类号: R188 R594.3

文献标识码: A

我国地势西高东低, 地貌类型多样, 其中高原占全国面积的 26%。高原地区由于海拔较高, 对气压、气温、水分、日照等气候条件有很大的影响, 对于居住在高原地区的居民的生活带来很大不便甚至危害。我国早在公元前《汉书·西域传》中就已经对高原反应有了最初的记载。

关于高原地区环境对人体健康的影响, 国内外学者已经作了大量的研究, 发现随着海拔的不断升高, 人体各器官的机能都会受到一定的影响。吴天一等 (1997) 对高原红细胞增多症诊断标准作了初步研究^[1]; 吴天一 (2001) 又对高原肺水肿与急性呼吸窘迫综合症作了深入的研究^[2], 详尽阐述了高原地区急性呼吸窘迫症的发病机理; 毕家顺等 (2001) 对紫外线辐射对人体的影响作了研究^[3]; 周兆年 (2003) 作了关于低氧和人体健康的研究^[4], 详细介绍了低氧诱导因子、细胞凋亡和间歇性低氧, 对高原低氧和高原地区健康环境的研究意义深远。国内外学者都分别从各个医学角度研究了高原低氧、紫外

线辐射、高原病对人体的伤害。站在地理学的角度上, 在了解高原健康环境对人体健康影响的基础上, 更关心的是由于高原环境而导致的高原疾病的地域分布情况, 从而更全面地了解我国高原地区的健康环境并服务决策。本文综合了国内外学者关于高原低氧、紫外辐射和高原病对人体健康的影响的研究, 全面总结了随着海拔的增高对人体健康的综合影响, 并在此基础上作了进一步的分析研究, 以高原疾病的地域分布为依据对我国高原健康影响作了海拔临界划分, 对我国高原健康环境作出评估。

1 高原自然环境及其对人体的影响

1.1 高原地区的自然环境

高原地区受物理条件变化和垂直地带性影响, 大气压随着海拔高度的增加而降低, 一般海拔每上升 100 m, 大气压降低 12.7 hPa (9.53 mmHg)^[5], 氧压力也随之降低; 在对流层中, 气温随高度而降

收稿日期 (Received date): 2005-12-20 改回日期 (Accepted): 2006-03-01

作者简介 (Biography): 戴霄晔 (1983-), 女 (汉), 上海人, 硕士研究生, 主要从事地理信息系统与区域发展方面研究, E-mail: littleka26@126.com; [戴霄晔 (1983-), Female (the Han Nationality), Born in Shanghai. Postgraduate of East China Normal University, mainly studies on GIS and regional development]

低。整个对流层的气温直减率平均为 $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}^{[5]}$;降水量在一定海拔高度范围内随高度升高而增加^[6],超过一定的海拔,就会出现相反的情况,但高海拔地区空气稀薄,地面温度高^[7],蒸发力变大,因此大气湿度相对较低;高海拔地区光辐射和电辐射明显增强^[8],太阳辐射中的紫外线也随海拔增高而增强,海拔高度每上升 100m ,紫外线辐射强度增加 1.3% ^[3]。

除上述特征外,多风沙、高风速、日温差大和气候多变等也是高海拔地区的特点。图 1^[9]为大气压、氧分压随海拔升高的变化情况。

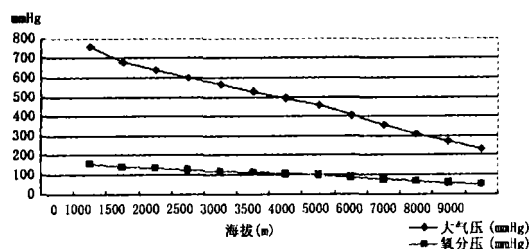


图 1 大气压、氧分压随海拔升高的变化图
(源数据据文华、蒋石林, 2001)

Fig 1 Change of air pressure and PaO_2 to altitude
(the data from Wen Jiang 2001)

1.2 高原环境对人体健康的影响

大致分析了高原地区的自然环境特点后,我们就可以讨论这样的高原自然环境究竟对人体健康带来怎样的影响。从上文中我们看到高海拔地区的气候环境随着海拔的增加发生了变化,这些变化因素会对人体健康产生多方面的影响:大气压随海拔的降低造成的缺氧现象容易引起头痛、失眠、脱发、呼吸及脉搏加快、红细胞增多、血压升高、食欲减退、易疲劳等症状;低温寒冷,易发生伤冻,并引起低温雪灾对人造成伤害;干燥的气候使人的呼吸系统抵抗力降低,容易引发或者加重呼吸系统的疾病,空气湿度低的时候,流感病毒和能引发感染的革兰氏阳性菌的繁殖速度加快,也容易随着空气中灰尘扩散,引发疾病;太阳辐射通过紫外线对人体产生伤害,紫外线强度越大波长越短对人体损害越大,在强烈的紫外线照射下,人的皮肤易晒黑,产生红斑或日光性皮炎,人显得过早衰老,人眼易损害,白内障的发病率较高。其中最为主要的影响,最大最直接的是低压缺氧和紫外线辐射对人体的伤害。

1.2.1 低压缺氧对人体健康的影响

氧是人类及许多生物赖以生存的重要条件^[4]。由于在高原地区氧气的绝对量相应减少,直接造成人体吸入气体和肺泡气体中的氧分压降低,导致动脉血氧的饱和度降低^[2]。人体摄入的氧气不足,血红蛋白处于不饱和状态,各部分组织的细胞就都会因供氧不足出现一定的变化,表现出相应的缺氧症状。在高海拔下,大气压和吸入气体、肺泡气体的氧分压以及动脉血氧饱和度的变化情况如图 2 所示。

随着环境大气中氧浓度的不断降低,人体会逐渐出现各种不良状况,包括呼吸、脉搏加强加快,血压升高,注意力减退,思想出现紊乱,头痛、耳鸣、眼花、恶心、呕吐和紫组,甚至失去自主动作和说话能力,陷入昏迷,最终可能导致死亡^[10]。

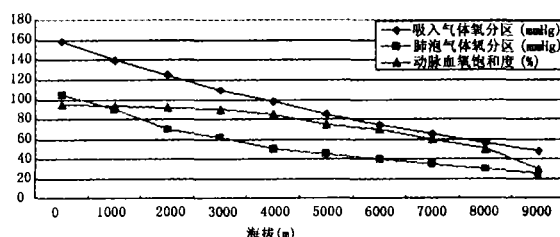


图 2 吸入气体氧分压、肺泡气体氧分压以及动脉血氧饱和度随海拔高度的变化曲线
(源数据据高春锦、马必生等, 1996)

Fig 2 Change of PaO_2 of inbreathing air and air in alveolus and change of SaO_2 in artery blood to altitude
(the data from Gao Ma 1996)

1.2.2 紫外线对人体健康的影响

紫外线是太阳辐射的重要组成部分,它对人类的日常生活和生存都会产生重要的影响,尤其是过量的紫外线,会对人类和地球表面生命具有伤害作用^[11],它们主要对人的眼睛、皮肤、免疫系统构成影响。实验研究表明,白内障、视力模糊等眼部疾病,皮肤红斑、皮肤黑化、皮肤癌等皮肤疾病,都和 UVB 波段辐射有直接关系^[3,12]。长期大剂量的紫外辐射会抑制某些免疫反应的产生,造成免疫功能系统失衡,对皮肤有直接破坏作用,可诱发基底细胞癌、鳞状细胞癌及黑色素瘤的发生^[12]。

紫外线不仅存在于直射的日光之中,还存在于下垫面的反射之中。积雪的反射率最强,为 85% ,沙滩为 25% ,水面为 5% ,绿地为 3% 。在日光下,人体受到日光和下垫面反射光同时照射。阴天约有

60% ~ 80% 的紫外线能穿透云层, 到达地面。即使在雨天, 还会有 20% ~ 40% 的紫外线威胁皮肤^[3]。另外在高海拔地区, 由于积雪的反射作用, 人体将遭受紫外线的双重辐射, 冰雪覆盖的高山、雪原, 对眼睛的危害较大, 容易引起结膜炎、角膜炎、雪盲症等^[3]。

综上所述, 高原地区的自然环境主要体现在低气压、低气温、低湿度和强日照辐射, 并且由于这些特点而对人体健康带来一定的影响。图 3 直观地总结了由于高原环境而引起的对人体健康的影响。

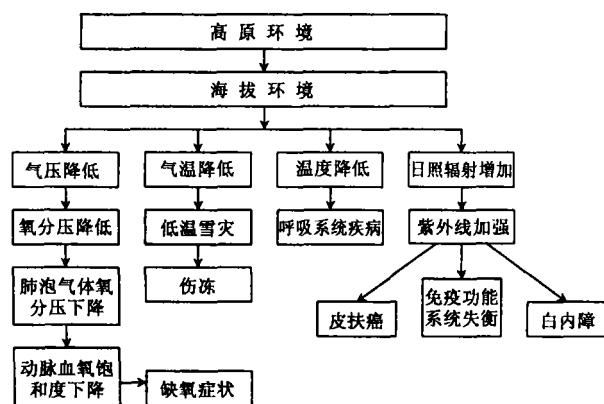


图 3 高原环境对人体健康的影响

Fig 3 Effect of plateau on human health

2 高原环境引起的疾病

2.1 人体机体对高原环境的反应与调整

一般来说, 生活在平原环境的人员进入高原之后, 身体往往不适应其特殊的自然环境, 机体往往会发生一系列的变化以应对这种突然的变化。曾平等 (2005) 的研究结果表明: 由于低氧、低压、寒冷等因素刺激及胞内酶大量释放和低氧环境对细胞过氧化损伤都可作应激原, 诱导激活体内转录因子, 从而启动应激蛋白的基因转录, 使急进高原 3 d 组汉族新兵血清应激肽显著升高 ($P < 0.01$)^[13]。王超等 (2005) 的研究同样证明人体血清应激肽含量水平在人员急进高原前后会发生明显变化^[14]。McAuliffe *et al.* (2003) 研究了海拔增高对怀孕妇女——尤其是身患呼吸道疾病的孕妇——呼吸系统的影响。该研究以肺活量校正的血红蛋白浓度作为指标, 通过对秘鲁 314 名孕期妇女 (居住在零海拔地区的 112 人, 居住在海拔 4 300 m 高原的 192 人) 和 38 名非孕期妇女 (每地区各 19 人) 的比较分析, 发现海

平面地区怀孕妇女与非怀孕妇女之间的指标差别不大, 但是统计上均显著低于高海拔地区相应人群的水平。在高海拔地区, 孕期妇女在第一和第二个三月期指标水平与非怀孕人群水平相似, 但是在第三个三月期指标水平低于非怀孕妇女^[15]。

一方面, 人体自身的应激调整对于缓解高原环境对身体机能造成的损害是大有裨益的, 而另一方面, 当环境剧烈变化, 需要人体做出更大程度的调整时, 往往会由于机体承受能力的限制引发病变。从生物学和医学角度看, “高原”是指海拔 3 000 m 以上的广阔地区。因为一部分人到达这个高度时, 不能立即适应这里的以低气压、低氧为特征的高原环境, 而出现“高原反应”, 如果超过这个高度, “高原反应”在临床上的表现会更为明显, 甚至可能发生“高原病”^[16]。高原病 (High Altitude Disease, HAD) 是发生于高原低氧环境的一种特发性疾病, 高原低压性缺氧是致病的主要因素。高原病根据发病急缓可分为急性和慢性两大类。

从地学的角度来看, 各种自然条件之间总是存在着一定的相关性, 而其对人体造成的影响也必然会有交互作用。因此, 在医学界对于许多种高原病的成因也莫衷一是, 无法准确判别出到底是何种原因导致了人体器官的病变, 也正因为如此, 才只能笼统地称其为“高原病”。

因此, 对于人类——尤其是长期生活在平原地区的人员——来说, 应该根据海拔高度对高原环境进行判别, 将活动尽量局限于身体条件可以承受的地区。受到高原低压性低氧等自然因素的影响, 机体发生一系列相应变化, 从而引起各种各样的症状和体征, 甚至导致高原疾病。

2.2 急性高原病

初次或再次进入高原或由海拔较低的高原进入海拔较高的高原地区时, 人体很快会发生以缺氧为主的一系列急性高原反应, 表现为头痛、厌食、恶心、呕吐、疲乏、眩晕、失眠等, 临床称为急性高原病 (Acute High Altitude Disease, AHAD), 若不进行治疗, 部分患者则可能发展为高原肺水肿 (High Altitude Pulmonary Edema, HAPE) 或高原脑水肿 (High Altitude Cerebral Edema, HACE)。

急性高原反应是久居平原地区之人迅速移居到高海拔地区后常见的病理现象, 尤其是体质较虚弱, 心肺功能欠佳者易于发作。主要是高海拔地区氧气稀薄导致乏氧性缺氧所致的机体失代偿现象。调查

研究表明少数人在海拔 2 500 m 地区可发病^[16],海拔 3 000 m 以下地区是急性高原反应的低发区,海拔 3 000 m ~ 4 000 m 地区是急性高原反应的多发区,海拔 4 000 m 以上地区是急性高原反应的高发区或危险区,易合并高原肺水肿或高原脑水肿^[17]。

高原肺水肿是由于人体进入海拔 > 3 000 m 高原地区后机体急剧缺氧所引起的一种特发病,是高原病的危重型之一。另一种重型急性高原病是高原脑水肿,当人进入 > 3 000 m 高原时,因人体缺氧;肺泡气氧分压及动脉血氧饱和度降低使得氧供应不能满足大脑需要而发生代谢、机能和形态结构的变化,严重时出现脑水肿、脑病,甚至危及生命^[18]。关于重型急性高原病的发病机制,比较认同的是低氧引起肺动脉压急剧升高,形成肺水肿,影响气体交换使氧分压及血氧饱和度下降,加重了全身及脑组织缺氧引起反射性脑血管扩张,脑血流量增高,颅内压增高,促发脑水肿^[19]。高原肺水肿和高原脑水肿两者都是急性高原病的危重症,两者合并发生,在疾病的发生发展上可相互促进,形成恶性循环^[20]。

2.3 慢性高原病

长期生活工作在海拔 3 000 m 以上的人群,逐渐造成的心、脑血管系统慢性病态,统称为慢性高原病 (Chronic High Altitude Disease, CHAD)。慢性高原病主要有高原衰退症、高原红细胞增多症和高原心脏病。

高原衰退症 (High Altitude Deterioration, HADT),发生于久居海拔 3 000 m 以上的移居者或长期逗留海拔 5 000 m 以上的登山人员。HADT 包括脑力衰退 (表现为头痛、头昏、失眠、记忆力减退、注意力不集中、思维判断能力降低、情绪不稳和精神淡漠)和体力衰退 (表现为食欲减退、体重减轻、疲乏无力、劳动及工作能力降低等^[8])。

高原红细胞增多症 (High Altitude Polycythemia, HAPC)是常见的一型慢性高原病,发生于久居或世居高原者,出现症状性的过度红细胞增多,导致血容量增大,血液粘滞度增变及循环紊乱等一系列病理生理改变^[21]。HAPC 的人群患病率随海拔升高而增高,在海拔 2 500 ~ 2 900 m 仅有极少数易感者易患,海拔 3 000 m 以上发病率增多,海拔 4 000 m 以上发病率显著增高,且在同一海拔范围,移居人群的患病率又显著高于世居人群^{[1][2]}。

高原心脏病 (High Altitude Heart Disease, HAHD),一般发病在海拔 3 000 m 以上,临床表现有

紫绀、气急、咳嗽、浮肿、精神萎靡等症状。急性轻型高原病患者存左心功能不全,而高原肺水肿患者有左右心功能不全,即便 AHAD 治愈,心功能不全纠正,但心脏顺应性却显著降低,这就是高原心脏病发病基础^[22]。

高原病的发生主要原因是缺氧,由于高原空气稀薄,气压降低,氧分压下降,因此人体处于缺氧状态,致使体内新陈代谢发生障碍,产生的能量不足以维持人体的需要,使脏器的功能发生紊乱,从而引起一系列的症状。

从各种高原病的发病情况可以看出,在海拔 3 000 m 以下高原病的发病很少;3 000 ~ 4 000 m 是急性高原病的多发区,急性高原病的发病人群基本上是急进海拔 3 000 m 的移居者,慢性高原病都发生于久居海拔 3 000 m 以上的移居者和世居者;高原病在海拔 4 000 m 以上的发病率有明显的增加,急性高原病在海拔 4 000 m 以上地区是的高发区或危险区,发病率平均 60 % ~ 90 %^[16],从海拔 3 000 m 到 4 000 m 高原红细胞增多症的患病率从 3.75 % 显著增高达 11.83 %^[23];海拔 5 000 m 以上,各种高原病的发病率都很高,尤其是高血压异常,在 5 000 m 高原高血压患病率达 55 % ~ 100 %^[13]。海拔 3 000 m、4 000 m、5 000 m 处高原病的发病率依次有明显的增加。

2.4 久居高原者对高原环境的适应性

以往的研究表明,藏族经过世代的进化,似乎形成了特定的适应机制,以使得他们可以在高海拔地区繁衍生息。Sun *et al* (1990) 和 Drama *et al* (1991) 研究发现,世居在拉萨地区的藏族人较之移居拉萨的汉族人在运动时肺活量和动脉氧饱和度都要明显偏高^[24 25];而 Zhuang *et al* (1996) 也发现藏族人与汉族人相比,在休息时肺泡较小而运动时却能够实现更有效的气体交换。机体的适应机制使得藏族在高海拔地区可以提高氧气在体内的传输效用,以保证生理状况可以维持在一个相对良好的水平之上^[26]。而实践也证明,世居高原的藏族人对于高原环境的适应能力要强于平原地区居民,其各种高原病发病率明显低于汉族移居者。

据西藏自治区人民医院的资料显示,海拔 3 658 m 的拉萨地区慢性高原病的患病率移居者为 12.9 %,世居者为 0 %,而在海拔 4 800 m 的安多地区慢性高原病的患病率移居者为 70 %,世居者为 33.5 % (格日力, 2005)^[27]。其他研究的结论也印

证了这一资料,发现在同一海拔高度,同样的高原病对于移居和世居者发病率也有所不同。如高原性心脏病多在海拔 3 000 m 以上地区发病,移居者患病率大于世居者。3 000 m 以下地区患病率,移居者为 0.07%,世居者较少见;海拔 3 000 m 到 4 000 m 地区的患病率,移居者为 0.71%,世居者为 0.24%;海拔 4 000 m 到 5 000 m 地区的患病率移居者为 1.72%,世居者为 0.4%^[16]。

3 海拔分布特点与高原健康环境评估

根据金农网 ([http / /www. agri com. cn](http://www.agri.com.cn))全国连锁 2 800个县区分站的数据,得到了全国 2 411个县(市)的平均海拔,运用 ArcGIS 软件建立全国县(市)图层,导入平均海拔数据,并用该数据生成全国县(市)平均海拔的分级图(图 4)。

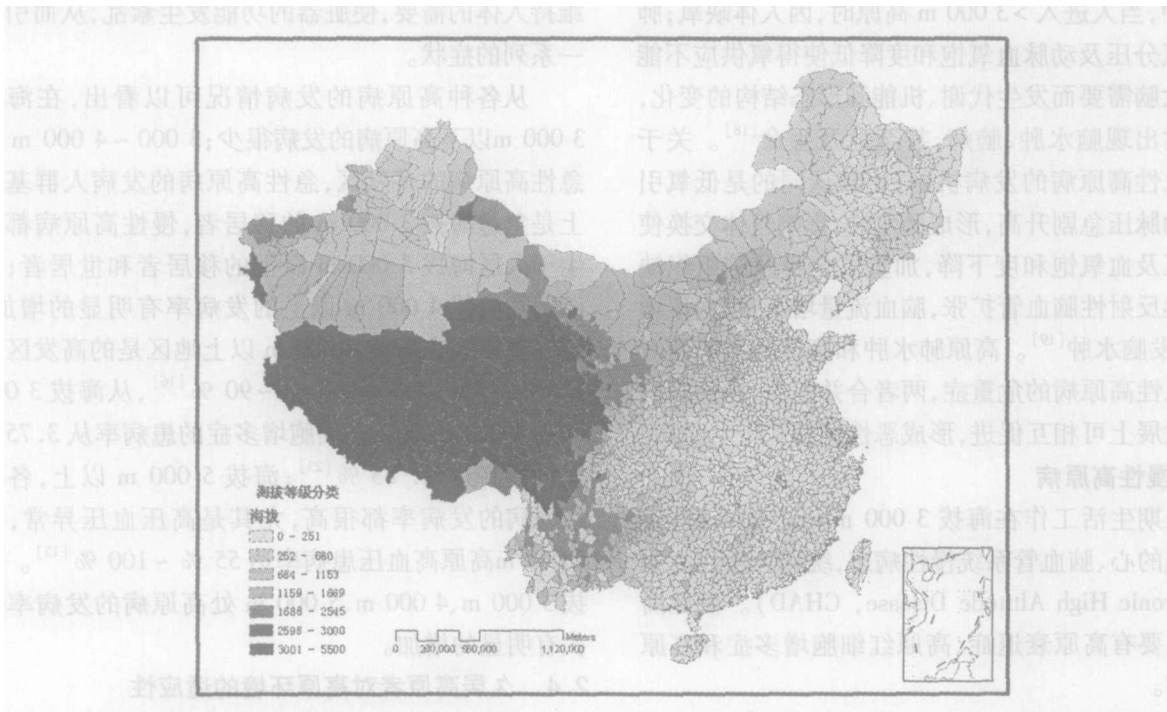


图 4 全国县(市)平均海拔的分级图
Fig 4 Classification of average altitude of county

从我国各县(市)平均海拔的分级图上可以看到,我国各县中海拔在 3 000 m 以上的有 116 个,占全国县总数的 4.81%。这些海拔在 3 000 m 以上县,在青海、新疆、甘肃、四川、云南、西藏都有分布,但主要集中分布在青海省和西藏自治区,大致就是我国的第一级阶梯。3 000 m 以下的各县,为我国的一二级阶梯,从图中的显示可以大致看到一二级阶梯的分界。

在我国东南的低海拔地区,地势平坦,气候条件较为舒适,水气充分,主要受到纬度地带性影响,热力条件为主导因素;在我国高纬地区,热力条件较南方缺乏,主要受到经度地带性影响,水气条件为主导因素,距离海岸线越远越干旱;在青藏高原地区,距离海岸线距离远,海拔很高,主要受到垂直地带性影

响,积温随海拔的升高而降低,导致农业生产潜力的下降,直接影响居民的生活质量,因此在高海拔地区,垂直高度起了主导的作用。

随海拔升高,高原健康条件发生了一系列的变化:空气稀薄,气压降低,氧分压线性减少;气温低,气候寒冷;湿度低,气候干燥;日照强,紫外线辐射严重等,各种变化对人体健康造成了很大的影响,其中以低压缺氧和强紫外辐射最为明显、直接和重要。

另外,高原地区的高原疾病也由于缺氧状态不足以维持人体的需要而发病,并随着海拔的增加,发病率明显上升。根据上文关于高原病的描述,可以依据全国各县的海拔高度来大致确定高原病不同程度发病率的分布,图 5 为急性高原反应和慢性高原病不同程度发病率的地域分布图。

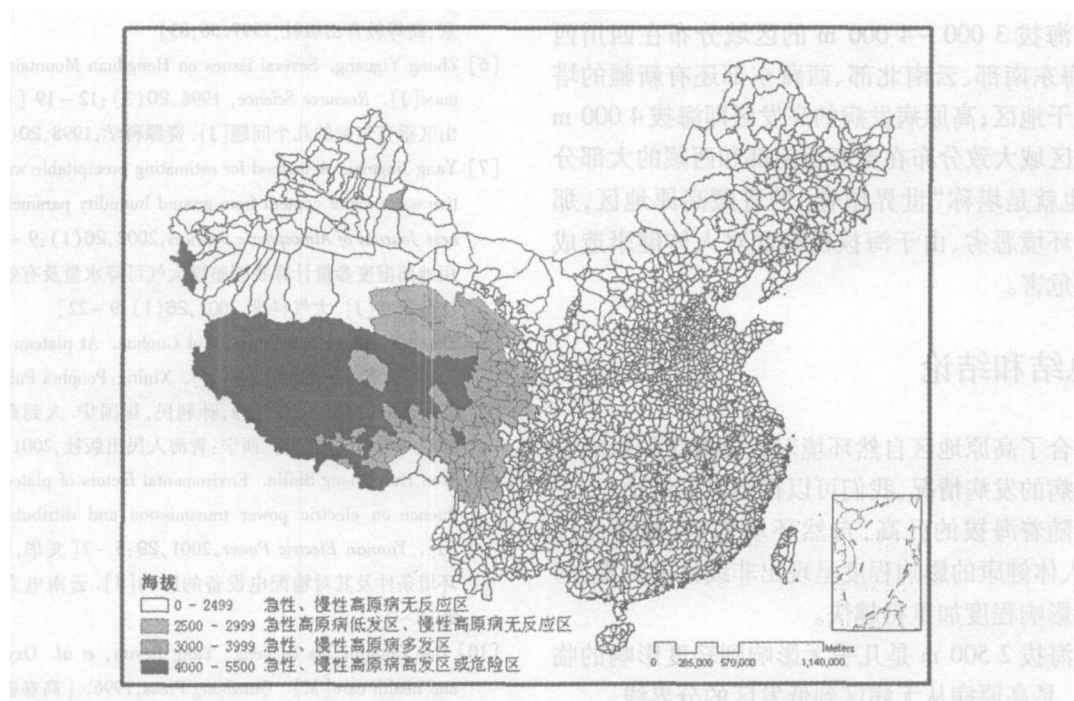


图 5 急性、慢性高原病不同发病率的地域分布图

Fig 5 Distribution of AHAD and CHAD

从图 5 看出,急性高原病和慢性高原病不同程度发病率的分布大致相同,并且海拔 2 500 m、3 000 m 和 4 000 m,分别是急性高原病发病率从无到低、从低到较高以及从较高到高的分界线。其中海拔 3 000 m 和 4 000 m 又是慢性高原病无病区到多发区再到高发区的分界线。海拔 2 500 m 地区少数人会出现急性高原反应;到了海拔 3 000 m,急进高原人群出现急性高原反应,移居者和世居者也开始出现慢性高原病,但发病较少;海拔 4 000 m 以上,急性高原病的发病率平均为 60% ~ 90%^[16],而高原红细胞增多症的患病率从 3 000 m 时的 3.75% 显著增高达 11.83%^[23]。图 5 中都没有对海拔 5 000 m 作特别的划分,这是由于在海拔 4 000 m 以上,高原病的发病率已经达到了很高的程度。海拔 5 000 m 处的氧分压只有海平面的 53%,严重的缺氧使人几乎失去知觉;终年的积雪使人体遭受非常严重的辐射;在海拔 5 000 m 以上,各种高原病的发病率都极高,尤其是高原血压异常,在 5 000 m 高原高血压患病率达 55% ~ 100%^[16]。

海拔 3 000 m、4 000 m、5 000 m 是各种高原疾病对人体健康影响不同程度的分界,然而随着海拔的升高,高原病发病率的变化并不是线性的,图 6 是根据移居者和世居者在海拔 3 000 m、4 000 m、5 000 m 处高原心脏病的发病率作出的折线图。可

以发现,世居者的高原心脏病的发病率升高是比较稳定的,几乎可以看作是随着海拔线性上升的,而对于移居者高原心脏病的发病率从 4 000 ~ 5 000 m 上升的幅度的比从 3 000 ~ 4 000 m 大得多。高原世居者长期生活在高原,相对适应高原的自然环境,而移居者则很难在短时间内产生习服,尤其是进入到海拔 5 000 m 的高度,严重的低压缺氧使人体各种指标难以维持在正常水平。因此海拔越高,自然环境越恶劣,健康条件越差,对人体健康的影响越大。

从图 5 中还可以看到,高原病发病的低发区即海拔 2 500 ~ 3 000 m 的区域分布在四川中西部、青海北部和西藏东南部的个别地区;高原病发病的多

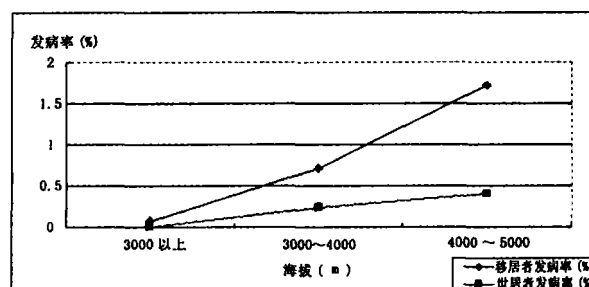


图 6 高原移居者和世居者在不同海拔的高原心脏病发病率 (源数据据冯光卉, 2001)

Fig 6 Rate of HAHD of migrants and natives with different altitude (the data from Feng 2001)

发区即海拔 3 000~ 4 000 m 的区域分布在四川西部、青海东南部、云南北部、西藏东部还有新疆的塔什库尔干地区;高原病发病的高发区即海拔 4 000 m 以上的区域大致分布在青海西南部和西藏的大部分地区,也就是堪称“世界屋脊”的青藏高原地区,那里自然环境恶劣、由于海拔极高而对人体健康造成很大的危害。

4 总结和结论

综合了高原地区自然环境对人体健康的影响以及高原病的发病情况,我们可以得到以下结论:

1 随着海拔的升高,自然环境恶劣,健康条件差,对人体健康的影响程度呈现出非线性的加重,海拔越高影响程度加重得越快。

2 海拔 2 500 m 是几乎无影响到轻度影响的临界高度,是高原病从无病区到低发区的分界线。

3 海拔 3 000 m 开始,各种因素对人体健康的综合影响进一步加强,是轻度影响到有明显症状的临界高度,是高原病从低发到多发的分界线。

4 在高海拔地区各种因素对人体健康的影响随海拔的增高明显加强,且海拔 4 000 m 是从一般影响到严重影响的临界高度,是高原病从多发到高发的分界线。

5 海拔 5 000 m 以上地区各种因素对人体产生了非常严重的影响。

参考文献 (References)

- [1] Wu Tianyi, Li Yan, Li Wanshou, et al. A study on the diagnostic criteria of High Altitude Excessive Polycythemia [J]. *Journal of High Altitude Medicine*, 1997, 7(3): 7~12 [吴天一, 李琰, 李万寿, 等. 高原红细胞增多症诊断标准的研究 [J]. 高原医学杂志, 1997, 7(3): 7~12]
- [2] Wu Tianyi. High altitude pulmonary edema and Acute Respiratory Distress Syndrome [J]. *Journal of High Altitude Medicine*, 2001, 11(2): 62~66 [吴天一. 高原肺水肿与急性呼吸窘迫综合征 [J]. 高原医学杂志, 2001, 11(2): 62~66]
- [3] Bi Jianshun. Impact of ultraviolet Radiation on Human Body and its Prediction [J]. *Yunnan Environmental Science*, 2001, 12: 46~48. [毕家顺. 紫外线辐射对人体的影响及其预报 [J]. 云南环境科学, 2001, 12: 46~48]
- [4] Zhou Zhaonian. Investigation on Hypoxia and Health [J]. *China Basic Science*, 2003, 5: 20~25 [周兆年. 低氧与健康研究 [J]. 中国基础科学, 2003, 5: 20~25]
- [5] Zhou Shuzhen. Meteorology and climatology [M]. Beijing: Higher Education Press, 1997, 56, 83 [周淑贞. 气象学与气候学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1997, 56, 83]
- [6] Zhang Yiguang. Several issues on Hengduan Mountains vertical climate [J]. *Resource Science*, 1998, 20(3): 12~19 [张谊光. 横断山区垂直气候的几个问题 [J]. 资源科学, 1998, 20(3): 12~19]
- [7] Yang Jingmei. A method for estimating precipitable water and effective water vapor content from ground humidity parameters [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2002, 26(1): 9~22 [杨景梅. 用地面湿度参量计算我国整层大气可降水量及有效水汽含量方法的研究 [J]. 大气科学, 2002, 26(1): 9~22]
- [8] Zhang Xuefeng, Sun Linlin, Cui Guohua. A plateau health knowledge and disease prevention [M]. Xining: People's Publishing House of Qinghai, 2001. [张雪峰, 孙利民, 崔国华. 人到高原——卫生知识与疾病防治 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 2001]
- [9] Wen Hua, Jiang Shilin. Environmental factors of plateau and their influence on electric power transmission and distribution equipment [J]. *Yunnan Electric Power*, 2001, 29: 5~7 [文华, 蒋石林. 高原环境条件及其对输电设备的影响 [J]. 云南电力技术, 2001, 29: 5~7]
- [10] Gao Chunjin, Ma Bisheng, Yang Jieyun, et al. Oxygen treatment and health care [M]. Kunming: Qunzhong Press, 1996. [高春锦, 马必生, 杨捷云, 等. 氧疗与氧保健 [M]. 北京: 群众出版社, 1996]
- [11] Guo Shikang, Chang Youli, Hu Fei, et al. Numerical study for the influence of latitude and altitude on surface biologically-active UV irradiance in Yun Nan region [J]. *Yunnan Geographic Environment Research*, 2004, 16(1): 9~13 [郭世昌, 常有礼, 胡非, 张秀年, 李立娟. 纬度和海拔高度对云南地面紫外线强度影响的数值试验 [J]. 云南地理环境研究, 2004, 16(1): 9~13]
- [12] Zhang Yanguang. Effect of ultraviolet radiation to high altitude flight [J]. *Journal of Civil Aviation University of China*, 2004, 22(2): 34~38 [张燕光. 由紫外辐射对人体的影响看航线选择的重要性 [J]. 中国民航学院学报, 2004, 22(2): 34~38]
- [13] Zeng Ping, Hu Juan, Lin Shixing. Changes of stress peptide and myocardial enzyme in serum after exposing the high altitude [J]. *Sichuan Medical Journal*, 2005, 26(2): 137~139 [曾平, 胡娟, 林世兴. 暴露高原不同时间人体血清应激肽和心肌酶改变 [J]. 四川医学, 2005, 26(2): 137~139]
- [14] Wang Chao. Analysis of the hypoxia stress peptide in the enter mountain rapidly man and the nuclear magnetic resonance spectroscopy character of the hypoxia stress peptide [J]. *Sichuan Medical Journal*, 2005, 26(2): 140~143 [王超. 急进高原低氧应激肽光谱特征及含量变化分析 [J]. 四川医学, 2005, 26(2): 140~143]
- [15] Fionnuak McAuliffe, Nikos Kanelas, Gerard E. Rafferty, et al., 2003. Pulmonary diffusing capacity in pregnancy at sea level and at high altitude [J]. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 2003, 134: 85~92
- [16] Feng Guanghui. Mountain Sickness and environment in Qing-Zang Plateau [J]. *Journal of Qinghai Normal University*, 2001(3): 83~86 [冯光卉. 青藏高原自然环境与高原病 [J]. 青海师范大学学报, 2001(3): 83~86]
- [17] Chai Zijie. Investigation and analysis of 234 cases with acute highland reaction [J]. *Clinical Journal of Medical Officer*, 2000, 28

- (1): 50~51 [柴自杰. 急性高原反应 234例调查分析 [J]. 临床军医杂志, 2000, 28(1): 50~51]
- [18] Li Long. The research development of the mechanism of High Altitude Hydrocephalus [J]. *Foreign Medical Sciences (Section of Medical Geography)*, 1997, 18(4): 152~155 [李龙. 高原脑水肿发病机制的研究进展. 国外医学医学地理分册 [J], 1997, 18(4): 152~155]
- [19] Meng Zhaosheng, Zaxi wumu, Deji Zhuoga *et al*. An analysis of 260 clinic cases of serious acute high altitude disease [J]. *Journal of Altitude Medicine*, 2001, 11(3): 38~40 [孟兆生, 扎西措姆, 德吉卓嘎, 杜安春. 重型急性高原病 260例临床分析 [J]. 高原医学杂志, 2001, 11(3): 38~40]
- [20] Wang Yanping, Li Yangyue, Deng Yong *et al*. An analysis of 65 clinic cases of high altitude hydrocephalus with pulmonary edema [J]. *Journal of Altitude Medicine*, 1997, 7(4): 41~43 [王彦平, 李英悦, 邓勇. 高原脑水肿合并肺水肿 65例临床资料分析 [J]. 高原医学杂志, 1997, 7(4): 41~43]
- [21] Wu Tianyi, Li Yan, Li Wanshou *et al*. A study on geophysical pathology of high altitude excessive polycythemia [J]. *Journal of Altitude Medicine*, 1997, 7(3): 1~6 [吴天一, 李琰, 李万寿, 等. 高原红细胞增多症地理病理学的研究 [J]. 高原医学杂志, 1997, 7(3): 1~6]
- [22] Mou Xinbin, Li Suzhi. High altitude pathology [M]. Lhasa: People's Publishing Press of Tibet, 2001. 239, 257, 113, 112 [牟信兵, 李素芝. 高原病学 [M]. 拉萨: 西藏人民出版社, 2001. 239, 257, 113, 112]
- [23] Li Wanshou, Wu Tianyi, Chen Qinhong *et al*. An epidemiological study on high altitude polycythemia [J]. *Journal of Altitude Medicine*, 1998, 8(2): 10~13 [李万寿, 吴天一, 陈秋红, 等. 高原红细胞增多症流行病学研究 [J]. 高原医学杂志, 1998, 8(2): 10~13]
- [24] Sun S F., Droma T. S., Zhuang J G., *et al*. Greater maximal O_2 uptakes and vital capacities in Tibetan than Han residents of Lhasa [J]. *Respiratory Physiology & Neurobiology* 1990, 79: 151~161
- [25] Droma T. Increased vital and total lung capacities in Tibetan compared to Han residents of Lhasa (3658 m) [J]. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1991, 86: 341~351
- [26] Zhuang J., Droma T., Sutton J R., *et al*. Smaller alveolar arterial O_2 gradients in Tibetan than Han residents of Lhasa (3658 m) [J]. *Respir. Physiol.* 1996, 103: 75~82
- [27] Ge Rili. A review of the research on Mountain Medicine in China [J]. *Journal of Qinghai Medical College*, 2005, 26(1): 1~2 [格日力. 中国高原医学研究回顾 [J]. 青海医学院学报, 2005, 26(1): 1~2]

Evaluation of the Influence of Plateau on Human Healthiness in China

DAI Xiaoye¹, WANG Zheng^{1,2}, LU Tao²

(1 East Normal University of China, Shanghai 200062, China;

2 Institute of Technology Policy and Management, CAS, Beijing 100080, China)

Abstract There are large amount of residents living on the plateau and mountain area in China. Corresponding to the increase of altitude, the percentage of oxygen in the air becomes lower and the ultraviolet radiation becomes heavier. Therefore, people's daily lives are affected seriously by the natural environment. First of all, this paper analyzes the characteristic of natural environment on high altitude area, including low air pressure, low oxygen content, low temperature, low humidity and heavy radiation. Based on above, the negative influence on human body of plateau environment is examined thoroughly and comprehensively, and the features of some acute high altitude diseases such as HAPE and HACE, Chronic high altitude disease such as HADT are also introduced in this paper. Furthermore, according to other research findings, the paper studies the law of variations on content of oxygen in air and ultraviolet radiation and the function of human body varying with the different altitudes. At last, the paper concludes the distribution of plateau area and high altitude disease in China by abstracting from relative data and point out the critical altitude of kinds of altitude disease. The conclusion is important to disease improve the healthy level of high altitude residents and prevent normal altitude area people who go to plateau from attacking by high altitude disease.

Key words plateau environment; human health; high altitude