

● 高等医药院校教材 ● 供高原军事医学专业用 ●

高原病理生理学



主 编 高钰琪

副主编 王培勇 周其全

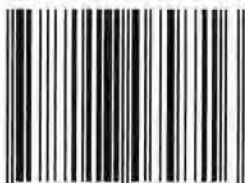
高文祥 张 钢



人民卫生出版社

- ☆ 高原军事医学地理学 李维民
- ★ 高原病理生理学 高钰琪
- ☆ 高原军队卫生学 田怀军
- ☆ 高原军队流行病学 熊鸿燕
- ☆ 高原疾病学 李素芝 高钰琪

ISBN 7-117-07971-1



9 787117 079716 >

定 价：28.00 元

策划编辑 / 赵永昌 责任编辑 / 冯慧敏

封面设计 / 代珊珊 版式设计 / 何美玲 责任校对 / 李 华

高等医药院校教材

供高原军事医学专业用

高原病理生理学

主 编 高钰琪

副主编 王培勇 周其全 高文祥 张 钢

编 者 (以姓氏笔画为序)

王培勇 严 俊 张 钢

范有明 高文祥 高钰琪

黄 斌 黄庆愿 廖卫公

主 审 谢增柱

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

高原病理生理学/高钰琪主编. —北京:人民卫生出版社, 2006. 10

ISBN 7-117-07971-1

I. 高… II. 高… III. 高原医学-病理生理学-教材 IV. ①R188②R363

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 103552 号

高原病理生理学

主 编: 高钰琪

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京汇林印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15

字 数: 356 千字

版 次: 2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-07971-1/R·7972

定 价: 28.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

高原军事医学专业课程系列教材

编写委员会

总主编 高钰琪

编 委 (以姓氏笔画为序)

田怀军 李 杰 李素芝

李维民 高钰琪 熊鸿燕

全套教材共 5 本

- | | | | | | |
|---------------|----|-----|-----|-----|-----|
| 1.《高原军事医学地理学》 | 主编 | 李维民 | 副主编 | 刘运胜 | |
| 2.《高原病理生理学》 | 主编 | 高钰琪 | 副主编 | 王培勇 | 周其全 |
| | | | | 高文祥 | 张 钢 |
| 3.《高原军队卫生学》 | 主编 | 田怀军 | 副主编 | 罗 红 | |
| 4.《高原军队流行病学》 | 主编 | 熊鸿燕 | | | |
| 5.《高原疾病学》 | 主编 | 李素芝 | 副主编 | 郭灵常 | 王学凯 |
| | | 高钰琪 | | 田德元 | |

前 言

我国高原地区主要分布在西藏、青海和新疆，那里地域辽阔，物产丰富，是西部大开发战略的主要战场。同时，上述高原地区地处边陲，边境线长达数千公里，战略地位十分重要。高原地区自然环境恶劣，严重影响人员健康、生活质量和部队的战斗力。虽然现代军队的武器装备不断更新，部队素质不断提高，但高原特殊的自然环境对部队官兵和军事行动所产生的巨大影响将始终存在。这就要求我们在不断加强高原军事医学研究的同时，还要着力提高高原部队医务人员培训的针对性。为此，总部于1999年批准在第三军医大学组建了高原军事医学系，并开始招收临床医学专业（高原医学方向）本科生。他们不仅要学习普通医学知识，同时也要学习高原军事医学专业知识，以完善知识结构，提高业务能力，能够在高原部队的卫生保障中发挥更大的作用。

高原军事医学是一个由军事医学与高原医学相结合的新学科领域，是研究高原自然环境和社会条件等因素对部队成员健康的影响，平时高原部队卫生保障特点和规律，以及高原地区军队成员及军事活动的医学保障的综合性学科，涉及基础、预防、临床医学等多种学科知识在高原特殊环境中的特点及应用。为了培养出与未来高技术现代化战争相适应，熟悉高原环境，了解高原疾病发病特点和规律的高素质新型军事医学人才，我们组织编写了由《高原军事医学地理学》、《高原病理生理学》、《高原军队卫生学》、《高原军队流行病学》和《高原疾病学》组成的高原军事医学系列教材，力求达到“立足高原”、“面向高原”、“服务高原”的要求。

本套教材主要适用于临床医学专业（高原医学方向）本科学员，也可供从事高原医学教学、科研、医疗和防疫的人员，以及军队院校临床医学、预防医学、医学检验等专业和地方医学院校的医学生和研究生参考。

由于高原军事医学是一门新型学科，本套教材的编写是一个全新的尝试和探索，在课程结构与内容安排上难免错误和不足，恳请读者指正。

高钰琪

二〇〇六年八月

目 录

第一章 绪论	1
一、高原病理生理学的概念、任务和内容	1
二、高原病理生理学的研究方法	2
三、高原病理生理学的性质和地位	4
第二章 高原病理生理学概论	5
第一节 高原环境影响机体的主要因素	5
一、高原缺氧	5
二、高原寒冷	8
三、太阳辐射、电离辐射和干燥	11
第二节 高原低氧对机体的影响概述	12
一、对生命过程的不良影响	12
二、对劳动能力的影响	12
三、高原低氧引起特发性疾病	15
四、高原低氧对其他疾病和创伤的影响	16
第三节 高原寒冷对机体的影响	17
一、体温调节	17
二、水交换	18
三、心血管系统	18
四、呼吸系统	18
五、运动系统	19
六、脑功能	19
七、冻伤的发生机制	19
第四节 机体对高原低氧环境的习服和适应	20
一、高原习服	20
二、高原适应	25
三、高原世居者与移居者下到平原后的“脱适应”	29
第三章 高原缺氧的细胞及分子机制	32
第一节 低氧感知	33
一、氧感知	33
二、氧感受器与缺氧信号转导	35

第二节 缺氧与基因表达	43
一、缺氧反应基因	43
二、缺氧反应基因的表达调控	46
第三节 缺氧与细胞增殖	48
一、缺氧诱导细胞增殖	48
二、缺氧诱导细胞增殖的机制	48
第四节 缺氧与细胞坏死和凋亡	52
一、缺氧与细胞凋亡	52
二、缺氧与细胞死亡	55
 第四章 高原缺氧时物质代谢特点及其调节	57
第一节 高原缺氧时食物摄取、消化、吸收特点及调节	57
一、高原低氧对食物摄取的影响	57
二、高原低氧对食物消化的影响	57
三、高原低氧对吸收功能的影响	60
第二节 高原缺氧时物质代谢特点及其调节	60
一、基础代谢	60
二、生物氧化	61
三、糖代谢	63
四、蛋白质代谢	68
五、脂代谢	69
六、其他物质代谢	70
七、高原缺氧时物质代谢的调节机制	72
 第五章 高原呼吸病理生理学	76
第一节 概述	76
第二节 肺通气动力与肺容积	77
一、肺顺应性	77
二、呼吸阻力	77
三、肺容量	78
第三节 肺通气	79
一、低氧通气反应	80
二、初入高原者的低氧通气反应	80
三、高原世居者的低氧通气反应	81
四、高原运动与通气	82
五、低氧通气反应的钝化	83
第四节 高原肺通气的调节	84
第五节 肺的气体交换	86
第六节 高原睡眠与呼吸	87

一、低氧血症	89
二、呼吸性碱中毒	90
三、二氧化碳的波动加强	91
四、中枢对低氧、二氧化碳的敏感性降低	92
五、呼吸调节系统不稳定	93
第七节 高原肺水肿	94
一、发病的原因和诱因	94
二、发病机制	95
三、病理改变	101
四、分型	102
五、机体的主要功能和代谢改变	103
六、防治原则	104
七、病程和预后	105
第六章 高原循环系统病理生理学	107
第一节 高原低氧对心脏功能的影响及机制	107
一、高原低氧对心脏收缩功能的影响	107
二、高原低氧对心脏结构的影响	110
三、高原低氧对冠脉循环的影响及机制	111
第二节 动脉血压及血压异常	115
一、高原低氧环境对人体血压的影响	115
二、高原血压异常	116
第三节 缺氧性肺动脉高压	118
一、肺循环的特点	118
二、缺氧性肺动脉高压	118
三、缺氧性肺动脉高压的种属和个体差异性	119
四、缺氧性肺动脉高压的发生机制	120
第四节 脑循环的改变	126
一、脑循环的特点	126
二、脑血流量的调节	126
三、缺氧时脑血流量的变化及其机制	127
第五节 微循环	128
一、微循环的基本概念	128
二、高原低氧对微循环的影响	129
第六节 毛细血管增生	129
第七节 高原心脏病	130
一、病因	130
二、缺氧性右心室肥大的主要影响因素	130
三、发病机制	131

四、防治原则.....	133
第七章 高原血液系统病理生理学.....	134
第一节 血容量的变化.....	135
一、血量的调节.....	135
二、高原低氧时血量的变化.....	135
第二节 红细胞和血红蛋白的变化.....	136
一、高原红细胞和血红蛋白增加的影响因素.....	136
二、红细胞形态变化.....	137
第三节 血红蛋白和氧的亲合力.....	137
一、血红蛋白类型.....	137
二、氧离曲线.....	138
三、血红蛋白与氧亲和力的影响因素.....	139
四、高原低氧对血红蛋白与氧亲和力的影响.....	140
第四节 血小板和血液凝固性的变化.....	141
一、血小板的生成和功能.....	141
二、低氧对血小板数量及功能的影响.....	142
三、血液凝固性的变化.....	142
第五节 白细胞和免疫功能.....	142
一、白细胞生成及其功能.....	142
二、缺氧对白细胞数量的影响.....	143
三、高原低氧对免疫功能的影响.....	143
第六节 高原红细胞增多症.....	144
一、原因和诱因.....	144
二、发生机制.....	144
三、对机体的影响.....	149
四、防治原则.....	149
第八章 高原低氧对神经系统的影响.....	151
第一节 缺氧时中枢神经系统的基本病理生理改变.....	151
一、不同部位的神经组织对缺氧的敏感性.....	151
二、急、慢性缺氧对 CNS 的影响.....	152
三、缺氧对神经行为的影响.....	152
第二节 高原缺氧影响 CNS 的机制.....	154
一、高原低氧时 CNS 结构的基本变化.....	154
二、高原低氧时 CNS 功能改变的机制.....	156
第三节 高原低氧性神经系统疾病.....	158
一、高原神经与精神异常.....	158
二、高原睡眠障碍.....	160

三、急性高原反应	161
四、高原脑水肿	164
五、高原衰退症	170
第九章 高原内分泌系统病理生理学	173
第一节 蓝斑-交感-肾上腺髓质系统	174
一、基本单元	174
二、中枢效应	174
三、与下丘脑-垂体-肾上腺皮质激素系统的相互关系	175
四、外周效应	175
五、高原环境对交感神经系统的作用	176
第二节 下丘脑-垂体-肾上腺皮质激素轴	177
一、基本单元	177
二、中枢效应	177
三、外周效应	178
四、高原环境对肾上腺皮质轴的作用	179
第三节 垂体-甲状腺激素轴	180
一、急进高原者的甲状腺功能	181
二、久居高原者的甲状腺功能	181
第四节 肾素-血管紧张素-醛固酮系统	182
第五节 心房利钠多肽	184
第六节 垂体-性腺轴激素变化	186
第七节 β-内啡肽	189
第八节 其他活性因子	190
一、花生四烯酸代谢产物	190
二、血小板激活因子	193
三、钙素基因相关肽	194
四、肾上腺髓质素	195
五、血管活性肠肽	196
六、腺苷	197
七、内源性一氧化氮	198
八、内皮素	201
第十章 高原泌尿系统病理生理学与水、电解质和酸碱平衡紊乱	207
第一节 尿量的变化	207
一、正常尿液生成的基本环节	207
二、高原低氧时尿量的改变	209
三、少尿发生的机制	210
第二节 尿液成分的变化	213

一、尿液电解质含量的改变	213
二、尿液乳酸含量的改变	213
三、尿液 pH 值的改变	214
四、尿液蛋白含量的改变	214
第二节 高原低氧对水代谢的影响	215
一、正常水代谢	215
二、高原环境中人体水代谢的改变	216
第四节 高原低氧对电解质平衡的影响	218
一、钠平衡	218
二、钾平衡	219
三、氯化物代谢	219
四、钙磷代谢	219
第五节 高原地区人体酸碱平衡改变	220
一、酸碱平衡理论概述	220
二、高原地区人体酸碱平衡的改变	221
三、影响高原人体酸碱平衡的因素	222
英汉词汇对照表	224

第一章 绪 论

人类认识到高原会影响机体的健康已有较长的历史,但是长期以来缺乏深入的研究。我国是世界上高原面积最大、居住人口最多的国家。20 世纪 50 年代中国人民解放军进军西藏,开创了人类历史上最大规模平原人群进入高原的先河。随着高原地区经济建设和旅游事业的蓬勃发展,越来越多的人进入高原地区。如何有效提高高原居民的健康水平、有效防治因高原特殊环境因素引起的各种疾病越来越受到重视。1999 年第三军医大学成立了高原军事医学系,开始招收临床医学(高原医学方向的)的本科生,开设高原医学专业课程,高原病理生理学就是其中的一门主干课程,也是沟通高原基础医学与临床医学的桥梁课。

一、高原病理生理学的概念、任务和内容

高原病理生理学(high altitude pathophysiology)是研究高原环境因素,如低压性缺氧和寒冷等,影响机体功能、代谢和形态异常改变的特点、规律和机制,以及高原环境因素引起高原特发性疾病的发生发展和转归规律的科学。高原病理生理学既属于高原医学的范畴,也属于病理生理学的范畴,是环境病理生理学的重要组成部分。任何疾病都有病理生理学的问题,高原特殊环境中的疾病也不例外。人类都是生活在一定的环境中的,高原是一个特殊的人类生存和活动的空间,高原地区人群(包括世居和移居人群)的疾病谱、人口结构、心理状态、健康概念、生活习俗,以及所处的社会环境均有其特殊性。高原环境因素本身会引起一些特发性疾病,另外,许多疾病在高原地区也有其特殊性。高原病理生理学的任务就是以暴露于高原环境的人体和动物为研究对象,实验室研究与临床研究相结合,揭示高原特发性疾病的发病机制,以及常见疾病在高原地区显示其特点的内在机制,为这些疾病的诊断、预防、治疗和康复以及高原地区的保健等提供科学依据。

高原特殊环境下的医学和卫生保障涉及到医学的各个学科领域,既有各个学科的一般问题,也有各个学科在高原特殊环境下的特殊性。高原病理生理学的主要任务和内容包括以下几个方面:

1. 高原环境影响机体健康的主要因素及其作用机制 重点研究高原自然环境中,低气压、低温、低湿、强太阳辐射等环境因素对机体的影响,各因素的作用特点、量效关系、作用机制,以及各因素之间的相互作用等。

2. 高原环境因素对机体系统、器官、组织和细胞功能、代谢和形态结构的影响及

机制 高原环境因素对机体的影响是广泛的、非特异性的,涉及到机体的神经、呼吸、血液、循环、消化、泌尿、生殖、内分泌、免疫等多个系统,在整体、系统、器官、组织、细胞、分子和基因水平上均可有所表现,影响机体的功能、代谢和形态结构。这不仅是高原特发性疾病的发病学基础,也是众多常见疾病在高原上有其特殊发生发展规律和临床表现的病理生理学基础。

3. 机体对高原环境的习服-适应规律和机制 适度的高原是人类一种特殊的生存和生活环境。居住在我国高原地区的人群中,既有千百年来世代居住在高原的以藏族为主的各少数民族,也有从平原进入高原的移居者。其中藏族是在高原居住历史最久的民族,已经获得了对高原环境的良好适应。一些高原土生动物长期在高原生存繁衍,对高原环境有很好的适应能力。在高原医学中,把上述两种情况称之为适应(adaptation)。适应是机体的整体功能的全面适应,而且作为生物学特性固定下来,可以经过遗传机制传给子孙后代。平原人进入高原或由高原进入更高海拔高度高原后,因低氧等因素刺激机体产生一系列可逆的、非遗传的代偿适应性变化,从而在高原低氧环境中具有较好工作和生活能力的过程称为习服(acclimatization)。习服的本质是机体在缺氧环境中通过有关供氧系统功能的代偿性增强及(或)组织、细胞用氧能力的代偿性提高,使供氧与用氧间的矛盾得以缓和,并在新的水平上维持平衡,从而使整体生命活动可以顺利进行。机体对高原环境有较强的习服能力,平原人移居高原后,经过一段时间的习服,大部分人可在一定的海拔高度上正常地生活、工作。有关机体对高原环境的习服适应规律和机制是高原病理生理学的重要研究内容。

4. 高原病发生、发展和转归的规律和机制 高原病(High altitude disease)是由高原低氧引起的一类高原特发性疾病,其发生发展的核心和关键是高原低压性缺氧导致的一系列病理生理学改变。高原病依发病急缓分为急性、慢性两大类,再根据低氧性损害在某些器官系统更为集中和突出而作临床分型。目前,我国将高原病分为急性轻症高原病(高原反应)、高原肺水肿、高原脑水肿、高原衰退、高原心脏病、高原红细胞增多症和慢性混合型高原病(Monge病)7个临床型。高原病既可发生于移居高原者,也可发生于世居高原者,是影响高原居民身心健康的重要原因。深入研究高原病发生、发展和转归的规律和机制,为高原病的预防和治疗提供实验和理论依据,是高原病理生理学的根本任务之一。

5. 高原地区常见疾病发生、发展和转归的规律和机制 高原环境影响和改变了某些疾病发生、发展和转归的规律。高原地区的疾病谱与平原地区不尽相同。例如,在世界多数高原地区发现高血压及冠心病在久居特别是世居人群中发病率低,而某些类型的先天性心脏病则发病率很高。慢性阻塞性肺疾患在高原不但发病率高,而且进展快,病情重,死亡率高。高原地区易发胃溃疡、胆道疾患、妊娠中毒和镰状细胞贫血危象等。研究这些疾病在高原地区发生、发展和转归的规律以及显示其特点的内在机制,不仅有助于阐明环境与疾病间的关系,而且可以为这些疾病的防治提供理论和实验依据,也是高原病理生理学的重要内容。

二、高原病理生理学的研究方法

高原病理生理学是一门理论和实验并重的学科,采用现代生物医学和生命科学研究

中一切先进的研究方法和手段,包括生理学的、生物化学的、病理学的、遗传学的、免疫学的、基因组学的、蛋白质组学的和生物信息学的高技术手段。

1. 动物实验 动物实验是现代医学与生命科学的重要研究方法。基于伦理学和职业道德规范,许多研究不能在人体上进行,需要在动物身上进行。人和动物都是由单细胞生物进化而来的,高原环境引起人体的许多改变和疾病可以在一些动物身上复制出来。通过复制动物模型,对其功能、代谢和形态进行深入细致的观察研究,必然有助于揭示人体在高原环境中的损伤与习服适应机制,并有助于寻求有效的防治措施。动物实验的优点在于便于严格控制实验条件,可以进行各种有创和无创检查,可以采集各种体液、组织和细胞标本,测试药物的效果和毒副作用,并可通过建立转基因动物模型或基因敲除动物模型,深入探讨特定基因的作用。利用动物实验进行高原病理生理学研究,既可采用高原土生动物(indigenous mountain species)如牦牛、高原鼠、兔等,也可采用平原动物,通过将平原动物带到高原现场或在平原地区利用低压舱等模拟设备,复制高原缺氧、寒冷损伤等模型。虽然人与动物在功能代谢等方面有许多共同点,但二者有本质区别,所以不能将动物实验的结果机械地照搬到临床,必须将临床研究和动物实验有机地结合起来,综合分析,以求得出正确结论。

2. 临床观察 高原病理生理学的研究对象主要是人,周密细致的临床观察、分析总结是揭示高原环境中疾病发生机制的重要手段。详细观察记录病情的发展过程、对治疗的反应,进行必要的X光、B超、CT、磁共振、心功能、肺功能、心导管、内镜等检查,以及血、尿、脑脊液、活检组织化验等,不仅有助于准确了解病情,做出正确诊断,而且也是进行临床综合分析研究的重要依据。20世纪50年代初,由于对高原病的认识有限,一度曾将高原肺水肿认为是肺炎,进行救治,效果不佳。通过大量的临床观察研究发现,高原肺水肿实际上是平原人进入高原后发生的一种特殊类型的肺水肿,高原低压缺氧是其发生的主要原因,寒冷、疲劳和上呼吸道感染是重要的诱发因素。进行临床观察和实验研究务必遵守伦理规范和职业道德规范,应以不损害病人的健康为前提,病人对此有知情权。

3. 流行病学观察 是从群体的角度研究疾病的发生频率、分布规律、发病原因及其影响因素,以制订合理的防治措施。其研究方法重在群体、着重于调查分析。可通过对高原环境中疾病和健康状况的时间、地点、人群方面的基本分布特征的分析,获得病因假设,为进一步深入开展实验研究和临床研究提供线索,因而也是高原病理生理学的重要研究方法和手段。应用流行病学和分子流行病学的方法,不仅有助于揭示不同种族、不同人群对高原环境的习服适应模式和机制,而且有助于阐明高原病的危险因素和易感因素,进而为深入研究疾病的发生发展规律和防治提供线索和依据。

4. 比较生理学的方法 不同的人群和不同的动物对高原环境的习服适应模式可不尽相同。从不同层次和水平上对不同的人群,如世居高原藏族、南美安第斯克丘亚(Quechua)印第安高原世居者、移居高原汉族、高原移居者与高原世居者的混血后代等进行比较研究,以及对美洲驼、驼羊、牦牛、鼠、兔等高原土生动物和迁居高原的动物进行比较研究,有助于从本质上揭示高原适应的遗传机制,为寻找促适应措施提供线索和理论依据。

高原病理生理学的研究强调宏观研究与微观研究结合,整体水平研究与系统、器

官、细胞、分子和基因水平研究结合，动物实验与临床观察结合，现场研究与实验室研究结合，只有对各方面的研究结果和资料进行综合分析，才能得到可靠的结论。

三、高原病理生理学的性质和地位

高原病理生理学是一门新兴的综合性边缘学科，与解剖学、组织胚胎学、生物学、遗传学、生理学、生物化学、微生物学、免疫学、药理学、分子生物学、病理学等基础学科的关系非常密切。这些学科的发展进步是高原病理生理学学科发展的重要基础。只有充分地运用这些学科的相关知识和研究成果，并将它们与高原的特殊环境有机地联系在一起，进行综合分析和科学思维，才能全面地认识高原环境中机体从整体到细胞、分子和基因水平的变化，以及相关疾病的发生机制。因此，熟悉和掌握这些相关学科的基本理论和知识对于学好高原病理生理学是非常重要的。

高原病理生理学是高原医学的基础学科，学好高原病理生理学对于学好高原疾病学、高原卫生学、高原流行病学等专业知识，提高高原医学的科研和临床实践水平至关重要。

（高钰琪）

高原环境影响机体的因素包括低气压、缺氧、寒冷、相对湿度低、太阳辐射强等。在海拔 3000m 以上高原,影响人类生命活动的自然环境因素主要是缺氧和寒冷。缺氧和寒冷引起的机体的一系列功能、代谢和结构的改变是高原特有疾病或病理过程的病理生理学基础。机体对高原自然环境的习服与适应也主要是对缺氧和寒冷习服-适应。

第一节 高原环境影响机体的主要因素

一、高原缺氧

(一) 高原与大气压

大气(空气)是人类赖以生存的重要外界环境,包围在地球表面的大气在地球引力的作用下对地面物体产生压力,单位面积上承受的大气柱的重量(压力)称为大气压强或大气压(atmospheric pressure, P_B),常用毫米汞柱(mmHg)或千帕斯卡(kPa)等单位表示,1mmHg=0.133kPa。国际上把位于海平面上,温度为 0℃时,水银气压计内的水银柱高度为 760mm 的大气压定为一个标准大气压,即 $1P_B = 760\text{mmHg} = 101.33\text{kPa}$ 。

地球表面任一点距海平面的垂直高度为海拔高度,海拔高度越高,距大气层顶端的距离越短,该高度以上空气柱的重量越轻。同时,大气的密度和质量越近地面越高,越向高处越低。因此,海拔越高,大气压越低(图 2-1)。

大气压除了与海拔高度有关外,还与季节有关。在海拔 8848m 高处,冬季 1 月和 2 月的大气压最低,分别为 243.0mmHg 和 243.7mmHg,夏季 7 月和 8 月的大气压最高,均为 254.5mmHg(图 2-2)。

(二) 高原缺氧的特点

1. 低张性缺氧 大气是多种气体的混合气体,其主要成分为氮(78.09%)、氧(20.95%)、氩(0.93)、二氧化碳(0.03%)和一些微量成分。这些气体成分在大气中所占的比例(百分含量)是恒定的,不受海拔高度变化的影响。根据道尔顿定律,混合气体中每一种气体的压力等于该气体单独占有同一空间所产生的压力。每种气体在大气中构成的压力为该气体的分压,氧在大气中构成的压力为氧分压(partial pressure of oxygen, PO_2)。 $PO_2 = \text{大气压} \times \text{大气中的氧含量}$ 。氧分压随海拔高度的变化而变化。