

中国高等教育学会医学教育专业委员会规划教材

全国高等医学院校教材

供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

高原医学

High Altitude Medicine

主编 格日力



北京大学医学出版社
Peking University Medical Press

中国高等教育学会医学教育专业委员会规划教材
全国高等医学院校教材

供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

高原医学

High Altitude Medicine

主 编 格日力

副主编 欧珠罗布 柳君泽

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 阿 旺 (西藏大学医学院) | 李 向 阳 (青海大学医学院) |
| 巴桑卓玛 (西藏大学医学院) | 李 忠 诚 (青海大学附属医院) |
| 白马康卓 (西藏大学医学院) | 柳 君 泽 (第三军医大学高原军事医学系) |
| 边 巴 (西藏大学医学院) | 芦 莉 (青海省妇幼保健院) |
| 次 央 (西藏大学医学院) | 罗 勇 军 (第三军医大学高原军事医学系) |
| 崔 森 (青海大学附属医院) | 马 福 海 (青海省体育科学研究所) |
| 崔 超 英 (西藏大学医学院) | 欧珠罗布 (西藏大学医学院) |
| 崔 建 华 (兰州军区第十八医院) | 强巴旦增 (西藏大学医学院) |
| 达 嘎 (青海大学附属医院) | 王 祖 谦 (青海大学附属医院) |
| 德 吉 (西藏大学医学院) | 武 建 英 (青海大学附属医院) |
| 范 有 明 (第三军医大学高原军事医学系) | 小 达 瓦 (西藏大学医学院) |
| 高 文 祥 (第三军医大学高原军事医学系) | 熊 辉 霞 (青海大学附属医院) |
| 格 日 力 (青海大学高原医学研究中心) | 张 伟 (青海大学高原医学研究中心) |
| 关 巍 (青海大学附属医院) | 张 建 青 (青海红十字医院) |
| 靳 国 恩 (青海大学高原医学研究中心) | 赵 世 军 (青海大学附属医院) |
| 康 敏 (西藏大学医学院) | 卓玛东智 (西藏大学医学院) |
| 李 勇 (青海大学附属医院) | |



北京大学医学出版社
PEKING UNIVERSITY MEDICAL PRESS

GAOYUAN YIXUE

图书在版编目 (CIP) 数据

高原医学 / 格日力主编. —北京: 北京大学医学出版社,
2015. 4

ISBN 978-7-5659-0938-2

I . ①高… II . ①格… III . ①高原医学—高等学校—
教材 IV . ①R188

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 215148 号

高原医学

主 编: 格日力

出版发行: 北京大学医学出版社

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

电 话: 发行部 010-82802230; 图书邮购 010-82802495

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京画中画印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 许 立 责任校对: 金彤文 责任印制: 李 啸

开 本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 20.25 字数: 592 千字

版 次: 2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-0938-2

定 价: 55.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

美国中华医学基金会项目资助

China Medical Board Funded Project

序

在国家“十二五”计划全面展开的火红年代，我们迎来了全国高等医学院校教材《高原医学》的出版。这本教材作为全国高等医学院校教材，由青海大学医学院会同西藏大学医学院和军队的教学科研单位研究高原医学的专家编写完成，其科学性，代表性不言而喻。我谨向《高原医学》的出版表示热烈的祝贺。

青藏高原和帕米尔高原是我国的特色地貌，号称“世界屋脊”。这一地区面积辽阔，自然资源丰富，是我国经济可持续发展的重要战略资源地区；这一地区与多个国家接壤，存在有争议边境，还是民族分裂势力的活动区域，对我国国家安全至关重要。随着“西部大开发”和青藏铁路的运行，高原地区的经济与国防建设有了突飞猛进的发展。随之而来的是大量平原人员进入高原，带来了高原低氧等环境因素影响下的机体损伤及高原防护等医学问题。

《高原医学》的作者们对于高原低氧等环境因素造成的损伤规律、相关机制和预防、诊断与治疗方面做了详尽的论述。特别是专门介绍了高原健康相关器官系统，如呼吸、心血管、造血、中枢神经系统和营养代谢等。不仅系统总结了我国数十年来在这一领域的研究进展，还引入了国内学者和国际同行的最新研究成果。

《高原医学》教材的出版是我国高原医学发展的需要，也是我国高原医学发展的必然。相信本教材的问世，不仅对于高原医学教学发挥不可替代的作用，而且将会在高原医学研究和高原旅游保健的应用方面产生积极的影响。

在本教材编写中格日力教授与各位作者付出了艰辛的劳动。在“十二五”期间，本书撒下的科学种子必将生根、开花、在我国高原医学教学、科研和高原旅游保健的前进中结出丰硕的成果。

范 明

军事医学科学院

2014年7月

Foreword

For tens of thousands of years, humans have inhabited high-altitude areas of the planet, most prominently in the Tibetan plateau, now known as the Qinghai-Tibet Plateau. Although for centuries it was recognized that high-altitude residents had unique characteristics compared to their lowland counterparts, only with the advent of modern science have the genetic, molecular and translational features of adaptation to life in chronic hypoxia started to be revealed. Yet adaptation is variably successful, and some residents of the plateau suffer from high-altitude maladies such as chronic mountain sickness, while others have conditions aggravated by the hypoxia, such as COPD and congenital heart disease. It is now the Chinese who are at the forefront of this emerging field in human biology and medicine.

In 2004, Professor Ge Ri-Li and I were Co-chairmen of the 6th World Congress of Mountain Medicine and Physiology, which took place in both Xining and Lhasa. Prior to that, Ge was a notable presence at the International Hypoxia Symposia in Lake Louise, Canada. At that time, I was impressed with the lab that he had built, with his training programs and with his scientific work. Since then, however, the number of his publications and the work from his lab and with international collaborators has exploded, with papers in the finest journals in the world. Along with his remarkable productivity, the field of high-altitude medicine in other parts of China has also mushroomed. It is thus timely and inevitable that a textbook of high-altitude medicine appears in China.

This new textbook by Professor Ge and his colleagues heralds a milestone in the education of Chinese doctors and scientists. In the first text devoted to high-altitude medicine in China, Professor Ge shares his decades of research and clinical work in a thorough but understandable form. The growing importance of high-altitude medicine and the need for this book is underlined by the special needs of the permanent residents of the plateau, as well as the increasing numbers of lowlanders traveling, working and relocating to this region. The remarkable achievement of building the Golmud-Lhasa railroad, which required tens of thousands of workers and resulted in so little morbidity from the altitude environment, was testimony to the knowledge and skills of the doctors and scientists responsible for the health of the workers. The railroad now rapidly transports thousands of people to the high altitude of Lhasa, with many developing acute mountain sickness, but few becoming seriously ill. In addition, many of those traveling to the Plateau have pre-existing medical conditions, including pregnancy, pulmonary and cardiovascular disease, diabetes and other problems. Lowland doctors can learn how to properly advise these patients prior to going to altitude, by incorporating the material in this book into their practice. Doctors working in high-altitude areas will of course be able to immediately put to use the information in this text, thereby improving the health and productivity of their patients and communities.

The chapters on hypoxia and drug metabolism, obstetrics and gynecology, anesthesia and Tibetan Medicine are unique to this book, and provide a wealth of information not

easily available in the rest of the world. Emergency care must take into account the special considerations of high-altitude hypoxia in a broad range of conditions and clinicians and emergency workers will find this chapter helpful.

Last year Professor Ge came to visit me in Colorado, where I have a ranch and raise Tibetan yaks and Bactrian camels, in the San Juan Mountains. He had never seen a yak outside of the Plateau and he was amazed at how well they do in Colorado. Growing up in a Mongolian nomad family, and being quite accustomed to Bactrian camels, he was also amazed to find one in Colorado, but was helpful with its feeding and grooming when I put him to work!

High Altitude Medicine will be a standard text for medical students and scientists in China. The fact that the first textbook in the world on high altitude medicine for medical education comes from China is not mere happenstance. Rather, it is testimony to the rapid and ongoing development of expertise in high altitude medicine and biology kindled by the collision of the Indian and Eurasian tectonic plates that results in the remarkable Qinghai-Tibetan Plateau.

Peter Hackett MD

Institute for Altitude Medicine, Telluride, CO, USA

2014. September

前言

21 世纪以来,以第六届国际高原医学大会在我国召开为跨越点,以世界首部慢性高原病诊断标准命名为“青海标准”为里程碑,以美国《科学》杂志全文发表由青海大学医学院同美国犹他州大学学者共同完成的有关《藏族高原遗传适应的机制》研究报告为标志,我国高原医学研究事业在世界高原医学界拥有了不可替代的学术地位。然而,我国高等医学教育中高原医学的课程建设方面严重滞后,原因是普及性的《高原医学》教材迟迟不能成书。

近年来,我国高原医学科学研究利用青藏高原独特的群体优势和资源优势,突出“高原、民族、地域”等特色,坚持现场-实验室-临床三结合的研究模式,在高原低氧适应机制研究、青藏铁路建设高原病防治、2008 北京奥运会高原训练、玉树地震救灾高原病急救等方面取得了重大成果,主要研究获得国家科技进步特等奖及一、二等奖。这些为我们高质量地编写本教材奠定了坚实基础。

在北京大学医学出版社的支持和帮助下,我们组织了国内主要相关研究机构及青海、西藏、新疆等地长期从事低氧生理与高原医学的有关专家、学者,共同参与编写了我国第一部适用于普通高等医学院校的《高原医学》教材。本教材主要适用于临床医学专业的本科生、研究生以及全科医学专业的学生。在编写过程中,突出了“三基”(基本理论、基本知识、基本技能),体现了“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性),强调理论与实践相结合,培养学生牢固掌握解决低氧环境下各种临床问题的能力。本教材共十六章,其内容包括总论、高原适应生理、低氧与细胞代谢、高原习服与高原适应、高原低氧环境与药物代谢、急性高原病、慢性高原病,高原相关呼吸系统疾病,高原与先天性心脏病、高原与妇产科疾病、高原麻醉、高原低温与冻伤、藏医药与高原医学、高原急救医学、高原与运动、高原卫生防护等内容。

由于高原医学是一门新发展起来的学科,再加上编者学术理论、临床实践水平有限,作为尝试和探索,书中难免存在不足之处,尚祈广大师生和读者批评指正。

格日力

2014 年 8 月于西宁

目 录

第一章 总论	1	第三节 高原脑水肿	158
第一节 高原概述	1	第七章 慢性高原病	168
第二节 高原医学概述	6	第一节 慢性高原病	168
第三节 高原医学研究概述	10	第二节 高原性心脏病	186
第二章 高原适应生理	21	第八章 高原相关呼吸系统疾病	195
第一节 呼吸系统	21	第一节 慢性阻塞性肺疾病	195
第二节 循环系统	36	第二节 支气管哮喘	201
第三节 血液与造血系统	43	第三节 肺动脉高压	208
第四节 神经系统	68	第四节 高原睡眠呼吸紊乱	214
第五节 营养与代谢	82	第九章 高原与先天性心脏病	219
第三章 低氧与细胞代谢	92	第一节 概述	219
第一节 低氧感知与信号通路	93	第二节 高原常见的先天性心脏病	221
第二节 缺氧与基因表达	97	第十章 高原与妇产科疾病	232
第三节 低氧与细胞增殖	101	第一节 高原妊娠与分娩	232
第四节 缺氧与细胞凋亡、坏死	104	第二节 生殖内分泌及生育	236
第四章 高原习服与高原适应	109	第三节 高原地区女性罹患高原病的 特点	238
第一节 概述	109	第十一章 高原麻醉	241
第二节 高原习服	110	第一节 麻醉学概述	241
第三节 高原适应	113	第二节 高原麻醉	244
第四节 高原脱适应	117	第三节 高原心脏手术的麻醉与体外 循环	248
第五章 高原低氧环境与药物代谢	119	第十二章 高原低温与冻伤	251
第一节 药物的体内过程	119	第一节 概述	251
第二节 高原低氧环境对药物代谢的 影响	123	第二节 高原冻伤	252
第六章 急性高原病	133	第三节 高原低体温症	257
第一节 急性高原反应	133		
第二节 高原肺水肿	144		

第四节 高原冻伤的预防	259	第四节 急性高原病的急救	281
第十三章 藏医药与高原医学	261	第十五章 高原与运动	284
第一节 藏医基础理论	261	第十六章 高原卫生防护	291
第二节 藏医对高原病的认识	264	第一节 进入高原前的准备和防护 ...	291
第十四章 高原急救医学	269	第二节 进入高原途中的卫生防护 ...	295
第一节 高原急救医学概述	269	第三节 进入高原后的卫生防护	297
第二节 常用高原急救技术	274	中英文专业词汇索引	300
第三节 高压氧舱在高原急救中的 应用	280	彩图	306

第一章 总论

第一节 高原概述

一、高原定义

“高原”一词无明确的定义。在地理学上,海拔在 500m 以上,称之为高原。高原以它一定的高程区别于平原,“高程”是测绘用词,是指从高程基准面计算的地面高度,通俗地理解,其实就是海拔高度。我国规定以青岛黄海海面为海拔高度的基准。我国高原医学及气象学家,从医学的角度曾把 3000m 作为高原的界限。此外,国际上有些学者根据人体暴露于高原环境时出现的生理学反应,将海拔划分为:

(一) 低海拔 (low altitude)

海拔高度在 500 ~ 1500m,人体暴露于低海拔环境时,无任何生理学的改变。

(二) 中度海拔 (moderate altitude)

海拔高度在 1500 ~ 2500m,当人体进入这个海拔地区时,一般无任何症状或者出现轻度症状,如呼吸频率和心率轻度增加,运动能力略有降低,肺气体交换基本正常。除了极少数缺氧特别易感者外,很少有人发生高原病。

(三) 高海拔 (high altitude)

海拔高度在 2500 ~ 4500m,多数人进入这个海拔地区时会出现明显的缺氧症状,如呼吸和脉搏频率增加、头痛、食欲缺乏、睡眠差、动脉血氧饱和度低于 90%,甚至导致急性高原病的发生。

(四) 特高海拔 (very high altitude)

高度在 4500 ~ 5500m,进入特高海拔地区时缺氧症状会进一步加重,动脉血氧饱和度一般低于 60%,运动和夜间睡眠期间出现严重的低氧血症。进入特高海拔地区时应采用阶梯式或阶段性适应方式,否则易发生高原肺水肿、高原脑水肿等严重的急性高原病。

(五) 极高海拔 (extreme altitude)

高度 > 5500m,人类长期居住或执行任务的地区海拔一般不超过 5000m。进入 5500m 地区的人,一般只有那些探险登山运动员,逗留时间也很短。到达极高海拔时机体的生理功能就会出现进行性紊乱,常失去机体内环境自身调节功能,出现极严重的高原反应,显著的低氧血症和低碳酸血症。动脉血氧饱和度在 50% 以下,常常需要额外供氧。

为了进一步确立高原的定义,2004 年在青海西宁召开的第六届国际高原医学大会上,各国学者经充分的讨论,确定了海拔 2500m 以上为高原。因此,目前国际上诊断各类高原病时,患者居住的海拔高度必定为 2500m 以上。

二、高原特殊环境特点及其人类健康的意义

高原医学以人体对高寒缺氧等特殊环境中生理适应(习服)及损伤机制研究为特征。特殊环境包括高原、沙漠、极区、戈壁,这些地区为低氧、低温、高温、干燥、强紫外线等。高原

医学是研究环境与人群健康的关系，特别是研究特殊环境对人群健康的有害影响及其预防的一门科学，专业内容包括：低氧等特殊环境生理适应（习服）及损伤机制，特殊环境与相关疾病防治对策，特殊环境与营养，不同环境因素与机体交叉作用机制等。

（一）高原地形（地貌）特点

高原与平原的主要区别是海拔较高，周边以明显的陡坡为界，以完整的大面积隆起区别于高山，即面积较大、地形开阔，顶面起伏较小、外围又较陡的高地。如青藏高原，东边与四川盆地，北边与河西走廊和塔里木盆地，南边和西南边与印度平原都有相对明显的界限。

高原的地形、地貌变化很大，有的高原表面宽广平坦，地势起伏不大，有的高原由于遍布高山而山峦起伏，地势变化较大。青藏高原由于面积大，在其上布满不同走向的高山，从北到南依次有祁连山、阿尔金山、昆仑山、阿尼玛卿山、巴颜喀拉山、唐古拉山、念青唐古拉山、冈底斯山以及横断山脉等，这些山脉多为东西走向或西北-东南走向。高原上的山脉使高原呈现叠峦起伏的地形地貌，把高原切割成不同的区域，在一定的小区域范围内又呈现出相对比较平缓的特点，即“高原上的平原”。

除了山川以外，高原的地形地貌还与高原上的河流、湖泊、冰川、植被等的分布有关，阿里高原由于海拔高植被少，显得荒凉，而藏南高原则水草、树木丰盛，生机勃勃。

（二）高原气候特点

高原气候（plateau climate）是指高原地区所形成的特殊气候环境。

1. 低气压 大气压随高度的变化而变化，组成大气中各种气体的分压，亦随高度的变化而变化。高原地区大气中的含氧量和氧分压随高度增加而递减，人体肺泡内氧分压也降低，因而动脉血氧分压和饱和度也随之降低（图 1-1）。

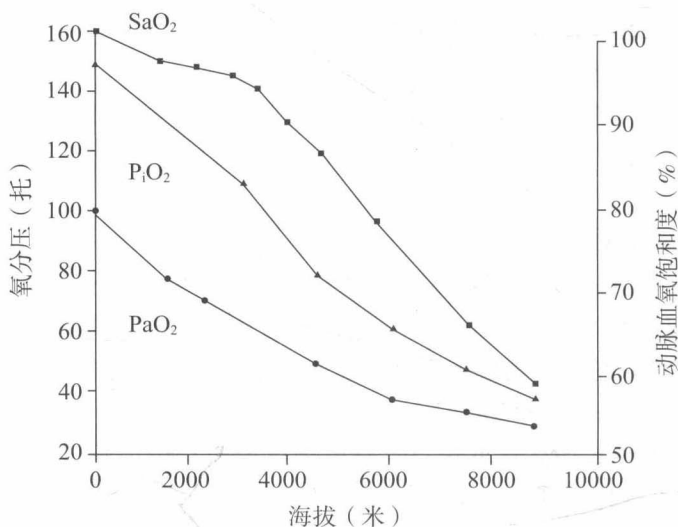


图 1-1 吸入气大气压、动脉血氧分压与海拔的关系

大气压 (P_B) 随海拔高度上升而降低，一般情况下，海拔每升高 100m, P_B 大致降低 7.45mmHg，而水的沸点则下降 0.33℃。大气压是由组成大气的各种气体成分共同形成的压力，其中由氧产生的压力称为大气氧分压 (P_{BO_2})。由于组成大气的各气体成分的体积百分比从海平面直到对流层保持恒定不变，但随大气压降低，大气中单位体积的氧分子密度降低，由氧所产生的压力降低，即 P_{BO_2} 减小。 P_{BO_2} 与 P_B 的关系为： $P_{BO_2} = P_B \times 20.94\%$ 。人体吸入的空气经过呼吸道时被水蒸气饱和，所以吸入气的氧分压 (P_{iO_2}) 要低于大气氧分压 (P_{BO_2})，而肺泡气氧分压 (P_{AO_2}) 由于受呼吸影响，则进一步降低。

$$P_{AO_2} = (P_B - 47) \times 0.2094 - \frac{PaCO_2}{R}$$

(P_{AO_2} : 肺泡气氧分压; P_B : 大气压 760mmHg; 47: 体温 37℃时饱和水蒸气压 47mmHg; 0.2094: 大气中氧气体积百分比; $PaCO_2$: 动脉血 CO_2 分压; R : 呼吸商, 取近似值时, $R = 0.85$)

由于 P_{BO_2} 的大小只取决于大气压, 因此随海拔高度上升, 吸入气氧分压 (P_{iO_2}) 和肺泡气氧分压 (P_{AO_2}) 也随之降低 (表 1-1), 肺内气体交换、氧在血液的运输、组织氧的弥散等都将受到影响, 从而引起组织、细胞供氧不足, 造成机体缺氧。因此, 高原缺氧属低张性缺氧, 是由于外界环境的低氧而引起机体的缺氧, 海拔越高, 缺氧越重。

表1-1 大气压、大气氧分压、吸入气氧分压、肺泡气氧分压和动脉血氧饱和度与海拔高度的关系

海拔高度 (km)	P_B (mmHg)	P_{BO_2} (mmHg)	相当海平面 氧分压 (%)	P_{iO_2} (mmHg)	P_{AO_2} (mmHg)	SaO_2 (%)
0	760	159	100	149	105	95
1	680	140	88	130	90	94
2	600	125	78	115	70	92
3	530	110	69	100	62	90
4	460	98	61	88	50	85
5	405	85	53	75	45	75
6	355	74	46	64	40	70
7	310	65	41	55	35	60
8	270	56	35	46	30	50
9	230	48	30	38	< 25	< 40

* 1mmHg=0.133kPa

2. 寒冷干燥 高原环境对人体的另一种威胁是寒冷。气温随海拔高度的升高而降低, 即每增高 1000m 气温平均下降 6.5℃。我国青藏高原平均海拔均在 4000m 以上, 气温一般较低, 例如青海省西宁 (2260m) 地区全年平均气温为 5.8℃, 可可西里的五道梁 (4640m) 年均气温为 -5.9℃, 西藏拉萨 (3640m) 地区年均气温为 5℃, 那曲地区 (4520m) 年均气温为 -4.1℃。高原大部分地区空气稀薄、干燥少云, 白天地面接收大量的太阳辐射能量, 近地面层的气温上升迅速, 晚上地面散热极快, 地面气温急剧下降。因此, 高原一天当中的最高气温和最低气温之差很大, 有时一日之内, 历尽寒暑, 白天烈日当空, 有时气温高达 20 ~ 30℃, 而晚上及清晨气温有时可降至 0℃ 以下。因此, 高原低氧和低温的双重作用极易导致冻伤和高山病的发生。高原风速大, 体表散失的水分明显高于平原, 尤以劳动或剧烈活动时呼吸加深、加快及出汗水分散出更甚。同时由于高原缺氧及寒冷等利尿因素的影响, 使机体水分含量减少, 致使呼吸道黏膜和全身皮肤异常干燥, 防御能力降低, 容易发生咽炎、干咳、口唇干裂、鼻出血和手足皲裂等。

高原地区的干旱、强紫外线等对机体也有影响。由于高原大气压低, 水蒸气压也低, 空气中的水分随着海拔高度的增加而递减, 故海拔越高气候越干燥。青藏高原年平均相对湿度在 29% ~ 80%, 平均相对湿度不到 50%, 冬季常为零。

在高原由于空气稀薄, 水汽及尘埃较小, 紫外线被大气吸收减少, 辐射强度增加。紫外线是太阳辐射中的一个组成部分, 波长范围为 200 ~ 400nm。在海拔 4000m 以上的高原, 紫外

线量较平原增加 2.5 倍。在雪线以上和冰雪覆盖的高山，由于辐射增加，人体所接受的紫外线辐射量和强度明显增加。海拔越高强度越大，海拔 1500m 以上，每升高 300m 紫外线强度增加 4%。

(三) 高原水文特点

青藏高原水系可分为长江、黄河、雅鲁藏布江、澜沧江等。高原水文的特点是干旱区域大、降雨少、水质差。高大而浑厚的喜马拉雅山脉横卧于青藏高原南缘，阻隔了南来的强大而潮湿的印度洋水汽，对高原上的降水产生巨大的影响，因而降水少，一般年降水量不足 100 毫米。在高原的东南隅，海拔较低，印度洋水汽顺雅鲁藏布江等河谷北上，并向西推进，降水也由高原东南部向西北部递减。

喜马拉雅山脉、藏东南地区和许多高大山脉地区孕育着众多的现代冰川。青藏高原现代冰川都发育在高原上巨大的各山系中，冰川总面积为 49162 平方公里，占全国冰川总面积 58651 平方公里的 83.8%，相当于亚洲山地冰川面积的 40%。青藏高原冰川在地区上分布不均匀，主要分布在高原南半部和东部地区。昆仑山脉冰川面积最广，约 12482 平方公里，其次是喜马拉雅山脉，其面积为 11055 平方公里，分别占全区冰川总面积的 27% 和 24%；冰川总储量为 38563 亿立方米，约占全国冰川储量 51322 亿立方米的 75%，昆仑山和喜马拉雅的冰川储量分别占青藏高原冰川总储量的 33.8% 和 25.8%。

高原地区的暴风雨、暴风雪、洪灾、雪崩等自然灾害，不仅与高原疾病密切关联，也是高原灾害医学的重要内容。

三、世界各主要高原的分布与概况

高原分布甚广，连同所包围的盆地一起，大约共占地球陆地面积的 45%，而海拔 1000m 以上高原面积占整个地球上陆地面积的 28.1%，其中海拔 3000m 以上的高原面积为 400 万平方公里，占陆地面积的 2.5%。高原在世界各洲的分布也不均等，其中欧洲海拔 500m 以上高原面积仅占 17%，亚洲则占 50% 以上，而南极洲则由于几乎全部大陆被冰川所覆盖，高原面积占 93% 以上。

世界最高的高原是中国的青藏高原，面积最大的高原为南极冰雪高原（表 1-2）。

表1-2 世界十大高原海拔、面积与位置

名称	平均海拔（米）	面积（万平方公里）	位置
青藏高原	4500	250	亚洲
帕米尔高原	4000	10	亚洲
玻利维亚高原	3800	35	南美洲
巴西高原	300 ~ 1500	500	南美洲
南极冰雪高原	2500	1280	南极洲
埃塞俄比亚高原	2200	45	非洲
墨西哥高原	2000	35	北美洲
云贵高原	2000	30	亚洲
亚美尼亚高原	2000	30	亚洲
格陵兰冰雪高原	1900	187	北美洲

(一) 亚洲

亚洲覆盖地球总面积的 8.6%（占总陆地面积的 29.4%）。人口总数约为 36.8 亿，占世

界总人口的 62.5% (2010 年)。平均海拔约 950m, 是除南极洲外世界上地势最高的一洲。全洲大致以帕米尔高原为中心, 向四方伸出一系列高大的山脉, 最高大的是喜马拉雅山脉。在各高大山脉之间有许多面积广大的高原和盆地。山地、高原和丘陵约占总面积的 3/4 (其中 1/3 的地区海拔在 1000m 以上), 平原占总面积的 1/4。在各山脉之间分布着海拔高低和面积大小不等的高原, 主要有青藏高原、蒙古高原、伊朗高原、安纳托利亚高原、德干高原、阿拉伯高原、中西伯利亚高原等。

1. 青藏高原 青藏高原地域辽阔, 地貌复杂多样, 地势高峻, 高山峡谷, 山脉绵延, 纵横交错, 是世界上最壮观、最美丽、最宏伟的高原。青藏高原由西藏、青海、四川西部等组成, 总面积约 230 万平方公里, 平均海拔 4500m 左右, 总人口约 1000 万。西藏高原平均海拔 4000m, 被喜马拉雅山、昆仑山及唐古拉山所环抱, 全区西北高东北低, 由藏北高原、藏南谷地、藏东高山峡谷及喜马拉雅山等构成。青海高原位于青藏高原东北部, 深居内陆, 地势高耸, 地形复杂, 高山、高原、盆地和谷地交错, 构成了奇异壮观的高原大自然的环境。全省境内西部极为高, 向东倾斜降低, 主要由祁连山地、柴达木盆地和青南高原三个地区构成。全境最高海拔 7720m, 最低海拔 1800m, 平均 3500m。

2. 帕米尔高原 位于亚洲中部, 分布在我国、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦、阿富汗、巴基斯坦和克什米尔地区, 是天山、昆仑山、喀喇昆仑山、兴都库什山和喜马拉雅山的汇集中心, 系一区域辽阔的山地, 平均海拔在 4000m 以上, 山峰多在 5000m 以上。喀喇昆仑山向东南延伸, 与青藏高原的阿里接壤。高原山势险峻, 地形复杂。

3. 蒙古高原和内蒙古高原 位于蒙古国境内和我国的内蒙古、甘肃、宁夏和黑龙江省的部分地区, 平均海拔 1000 ~ 2000m。

4. 黄土高原 位于内蒙古高原的南部, 西起祁连山东端, 东至太行山脉, 南抵秦岭, 平均海拔 800 ~ 2000m。

5. 云贵高原 位于我国西南部, 海拔 1000 ~ 2000m。

(二) 南极洲

南极洲是世界上地理纬度最高、地跨经度最多、海拔最高的一个洲, 总面积约 1400 万平方千米, 约占世界陆地总面积的 9.4%, 平均海拔 2350m, 是世界最高的洲。南极洲 98% 的地域终年为冰雪所覆盖, 冰盖平均厚度 2000 ~ 2500m, 最大厚度为 4800m, 它的淡水储量约占世界总淡水量的 90%, 世界总水量的 2%, 如果南极冰盖全部融化, 地球平均海平面将升高 60m, 我国东部的经济特区将被淹没在一片汪洋之中。全洲仅 2% 的土地无长年冰雪覆盖, 被称为南极冰原的“绿洲”, 是动植物主要生息之地。南极分为东、西两部分, 东南极约占全洲面积的 2/3, 基本上是一个隆起的高原, 西南极有一系列雄伟的山脉分布。

(三) 非洲

非洲地形以高原为主, 是一个高原性大陆, 海拔 500 ~ 1000m 的地区占全洲面积 60% 以上, 海拔 2000m 以上地区占全洲面积的 5%, 平均海拔 650m, 居世界第三位。地势由东南向西北倾斜, 东南半部被称为高非洲, 海拔多在 1000m 以上, 西北半部被称为低非洲, 海拔多在 500m 以下。非洲的高原自北向南有埃塞俄比亚高原、东非高原、南非高原。乞力马扎罗山 (海拔 5895m) 位于东非高原, 是非洲最高峰。

(四) 美洲

面积达 4206.8 万平方千米, 占地球地表面积 8.3%、陆地面积的 28.4%, 以巴拿马运河为界分为北美洲和南美洲。安第斯山脉属于科迪勒拉山系, 纵贯南美大陆的西部, 长约 9000km, 有许多海拔 6000m 以上终年积雪的山峰, 其中分布着许多座活火山, 最高峰海拔 6959m, 是世界上最高的死火山。安第斯山脉不是由众多高大的山峰沿一条单线组成, 而是由许多连续不断的平行山脉组成, 其间有许多山间高原, 有高原常居人口。另外, 安第斯山脉蕴

藏着大量的铜矿，矿区从秘鲁南部至智利中部，为世界最大的地下铜矿采矿场，很早就被西班牙殖民者所开发，大量的矿工是高原医学的关注和研究对象。

第二节 高原医学概述

一、高原医学内容及特征

高原医学的研究内容，目前尚无统一的看法和明确的定义。高原医学是一门环境医学，其核心是研究低压性低氧环境对人体的影响。高原低氧给人体所带来的问题是多方面的，如高原劳动力受限、高原衰退、高原生活质量下降，以及各类急、慢性高原疾病。另外，低氧与运动医学、航空航天医学、老年医学、急救医学、肿瘤学等学科关系十分密切，它们都存在缺氧问题。根据有关资料，高原特殊环境对人体的影响主要表现在以下几个方面：

（一）对心血管系统的影响

在高原尤其是特高海拔地区（ $> 4500\text{m}$ ），心率可增至 $85 \sim 90$ 次/分（平原地区 75 次/分），平均肺动脉压可升至 $25 \sim 35\text{mmHg}$ （平原地区为 15mmHg ）。由于显著的肺动脉高压及心率增快，使心脏承受着沉重的压力负荷，导致高原性心脏病的发生。

（二）对神经系统的影响

中枢神经系统特别是大脑对缺氧极为敏感。急性缺氧时，整个神经系统兴奋性增强，如情绪紧张、易激动等。而慢性缺氧时出现失眠、多梦、记忆力减退、耳鸣、视物模糊等症状，同时慢性缺氧环境下易出现夜间睡眠呼吸紊乱，表现为频繁性觉醒、周期性呼吸、低通气甚至呼吸暂停。脑电图检查显示高原人群睡眠时相不同于平原人群，主要表现为总睡眠时间减少，觉醒时间增多，多半在浅睡眠状态，说明缺氧可严重影响脑神经功能，导致睡眠结构发生紊乱，睡眠质量降低，因此，高原人易出现疲劳、嗜睡、记忆力减退、注意力不集中、工作效率低下及早老、早衰等现象，可能与夜间睡眠结构发生紊乱有关。

（三）对消化系统的影响

急进高原后，消化腺的分泌和胃肠道蠕动受到抑制，除胰腺分泌稍增加外，其余消化食物的唾液、肠液、胆汁等分泌均较平时减少，胃肠功能明显减弱。因此会出现食欲缺乏、腹胀、腹泻或便秘、上腹疼痛等一系列消化系统紊乱症状。在慢性缺氧下，由于血红蛋白浓度增高、血液黏滞度增加、血流速度缓慢等因素，胃黏膜微循环受到直接影响，胃黏膜严重缺血、缺氧，黏膜出血、糜烂和坏死，易导致慢性胃炎和胃溃疡，慢性高原病（高原红细胞增多症）患者胃镜及病理学主要表现为慢性糜烂性胃炎、慢性浅表性胃炎和胃窦部线形溃疡等。显微镜下约 90% 可见胃黏膜出血或出血斑，呈水肿样变，约 81% 有黏膜糜烂坏死，少数人在组织学上有轻度肠上皮化生和增生性改变。

（四）高原衰退症

长期高原缺氧是高原衰退症发生的主要原因，表现为头痛、头晕、失眠、记忆力缺乏、注意力不集中、思维能力降低、情绪不稳、精神淡漠等，同时常有食欲缺乏、体重减轻、体力衰退、极度疲乏、工作能力下降、性功能减退、月经失调等，可伴有血压降低、脱发、牙齿脱落、指甲凹陷、间歇水肿、轻度肝大等。病程迁延，呈波动性，逐渐加重，发病率随海拔升高而呈现升高趋势，但转至低海拔处或海平面地区，症状逐渐减轻消失。

（五）高原特有疾病

高原低压、低氧引起的高原特有疾病包括急性高原病（急性高原反应、高原肺水肿、高原脑水肿）和慢性高原病（高原红细胞增多症、高原性心脏病）。急性高原病是人体急进暴露于

低氧环境后产生的各种病理性反应,是高原地区独有的常见病(详见第六章),常见的症状有头痛、失眠、食欲缺乏、疲倦、呼吸困难等。慢性高原病患者以显著低氧血症,过度红细胞增生为特征(详见第七章),常见症状有头痛、头晕、气短、乏力、记忆力减退,同时口唇、面部、指(趾)甲床等部位呈青紫色,面部毛细血管扩张呈紫红色条纹,形成了本症特有的面容,即“高原红”。脱离低氧环境之后,血红蛋白恢复正常,症状也逐渐消失,但再返回高原时又可复发。

高原病的发病率与上山速度、海拔高度、居住时间以及体质等有关。但对每个个体来说,在一定的海拔高度是否发病,不仅取决于环境因素,而且取决于机体本身的内在因素。

(六) 高原地区呼吸道疾病

体内的氧从大气经过肺通气、肺弥散、血液氧合后,通过循环系统将氧气运送并分配到全身各组织器官。在高原低压低氧环境中,肺总量、功能残气量及残气量容积均比平原地区高,肺保持在较高的膨胀状态,从而增加肺表面积,扩大肺内气体交换面积,有助于氧的弥散,但肺弥散功能是有限的,严重缺氧易发生肺间质水肿,使肺弥散功能下降。受高原特殊气候条件的影响,高原地区多易发慢性支气管炎、肺气肿、肺心病等呼吸系统疾病(详见第八章)。

二、高原人体格特点

全世界有两个民族居住高原历史最长,即南美洲的印第安人和喜马拉雅山的藏族,前者在安第斯高原生活了大约九千年,后者在青藏高原生活了大约两万五千年。研究证实,世居高原人世世代代生活在高原低氧特殊环境,使他们的解剖学、生理学和组织学发生诸多改变,这些改变不仅表现在高原人体格上的桶状胸、杵状指、血型、体魄等方面的特征,还表现在身体的许多部位,包括呼吸循环、消化、神经系统等结构和功能上的改变。

(一) 高原人胸廓特点

高原上肺通气功能的增强是机体适应低氧环境的重要机制。随着功能的改变胸廓的解剖形态也会逐渐发生改变。1932年秘鲁学者发现,世居高原的印第安人胸廓指数(胸厚/胸宽 $\times 100$)和胸腔容积比居住在低海拔的秘鲁白种人大,且呈现桶状趋势。有人对拉萨3472名儿童胸廓形态调查显示,藏族儿童胸廓前后径与左右径的比值明显大于汉族儿童,即藏族胸廓呈圆形,而汉族呈椭圆形,提示高原世居人群确有桶状胸趋势。这种特征能使整个胸腔容积增加,通过过度换气使双肺充气增加,肺容量和肺内表面积增大,有利于气体弥散,因而摄氧能力增强。

(二) 高原人血型特点

有关高原居民血型变化,说法不一,调查资料匮乏。早年南美学者报道,安第斯山印第安人的血型绝大多数为“O”血。Quilici等发现,玻利维亚印第安人有95%为“O”型血,而秘鲁奇楚亚人“O”型血者占85%,Aymaras人“O”型血者为93%。然而,在尼泊尔高原就只有33%的出现“O”型血,在西藏“O”型血者占42%。所以,“O”型血并不是常见于所有高原居民。印第安人这种血型的改变,与遗传种族有关,而不是高原环境所致。

(三) 高原人杵状指

杵状指亦称鼓槌指,表现为手指或足趾末端增生、肥厚,呈杵状膨大,使指(趾)端背面的皮肤与指(趾)甲所构成的基底角 $\geq 180^\circ$ 。杵状指见于多种情况,包括一些心血管系统疾病、许多肺部疾病以及营养障碍性疾病。杵状指在南美洲奇楚亚人较为常见,对950名奇楚亚人进行流行病学调查,其中59%儿童、94%成年人有杵状指。发生杵状指的程度有显著个体差异,多数为拇指和示指。在青藏高原虽未做大量流行病学调查研究,但从临床观察,海拔4000m以上高原居民出现不同程度的杵状指,特别是患有严重低氧血症的慢性高原病(Monge's病)患者最为常见。其病因目前尚未完全阐明,可能是由于慢性低氧血症、寒冷以