现代烧伤病理学

MODERN PATHOLOGY OF BURNS

陈意生　史景泉　程天民　郭乔楠　主编

化学工业出版社
医学图书出版中心
·北京·

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内容提要

本书共30章，分别介绍了烧伤的致伤因素及热能对局部组织和全身的损害、烧伤创面的病理变化、烧伤感染、烧伤免疫、烧伤后代谢变化、烧伤后内脏的病理变化、多器官功能障碍综合征、特殊原因烧伤（如核爆炸烧伤、烧伤复合伤、化学烧伤、电烧伤等）、几种现代武器烧伤、吸入性损伤、自由基、脂质过氧化、烧伤毒素、血管内皮细胞在烧伤后脏器功能障碍发病中的作用以及细胞因子与生长因子在严重烧伤内脏损伤中的作用和烧伤创面愈合过程与生长因子调节愈合机制等。突出介绍了近来年烧伤病理学的新知识、新进展和研究热点。

本书主要供病理学工作者、烧（创）伤外科医师、普通外科医师以及这些专业的研究生从事烧伤临床实践与科学研究的参考；对相关学科如病理生理学、微生物学、免疫学、药理学及急救医学等专业人员也有参考价值。

图书在版编目（CIP）数据

现代烧伤病理学/陈意生等主编．—北京：化学工业出版社，2008.1
ISBN 978-7-122-01173-2

Ⅰ．现… Ⅱ．陈… Ⅲ．烧伤-病理学 Ⅳ．R644

中国版本图书馆CIP数据核字（2007）第144343号

责任编辑：赵玉欣　　装帧设计：关　飞
责任校对：凌亚男

出版发行：化学工业出版社医学出版分社（北京市东城区青年湖南街13号　邮政编码100011）
印　　刷：大厂聚鑫印刷有限责任公司
装　　订：三河市前程装订厂
889mm×1194mm　1/16　印张37¼　字数1011千字　　2008年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）　售后服务：010-64518899
网　　址：http://www.cip.com.cn
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定　　价：168.00元

版权所有　违者必究

序

近50年来，我国烧伤的临床实践和理论研究取得了举世瞩目的成就，我国烧伤的诊治水平已跻身于世界烧伤医学的先进行列。在烧伤基础研究方面，诸如烧伤病理、烧伤代谢、烧伤免疫等，亦取得了许多丰硕的成果。第三军医大学编著出版的《烧伤病理学》（1993年），即为烧伤基础研究成果的例证之一。20世纪70年代以来，由于分子生物学的迅猛发展，分子生物学技术及其他先进技术向烧伤学和病理学领域渗透，使烧伤病理方面的信息资料面貌为之一新，烧伤病在演变过程中某些病变或临床综合征的发生机制在分子水平上得以阐明或有新的诠释。在这种新形势下，本书的编著者们在《烧伤病理学》1993年版的基础上，以其自身及国内其他单位的研究成果为主，结合国外有关烧伤的新理论、新进展，撰写了《现代烧伤病理学》。

《现代烧伤病理学》全书共30章。着重介绍了热力所致皮肤烧伤的分度及各度的病理形态变化、烧伤创面愈合过程及其分子机制、烧伤后各器官系统的病理变化及其发生机制、内脏并发症（或称临床综合征）诸如心功能不全、急性呼吸窘迫综合征、急性肾功能衰竭、多器官功能障碍综合征等发生机制；除体表热力烧伤外，对特殊原因烧伤（如核爆炸烧伤、电烧伤、化学烧伤等）、吸入性损伤和烧伤感染、烧伤免疫、烧伤后代谢变化以及自由基（特别是氧自由基、氮自由基）、细胞因子与生长因子在严重烧伤内脏损伤中的作用等亦作了详细阐述。

欣阅本书之后，感到内容丰富，阐述详尽、图文并茂、编排布局合理。内容既涵盖烧伤病理学的基本内容，又反映了烧伤病理分子层面的研究成果，从而较全面反映了烧伤病理研究领域的先进水平，是一部有重要参考价值的专著。

《现代烧伤病理学》是由第三军医大学从事病理、生化、烧伤临床和防原医学各位专家、教授，解放军总医院第一附属医院各位专家教授以及军事医学科学院放射医学研究所的各位专家教授通力合作、共同编著完成的。本书主要作者具有丰富的实践经验和科研积累，为该书的撰写倾注了心血。在此付梓之际，特表示祝贺！

我深信，本书的出版对于从事烧伤及病理学的工作者，特别是青年医师，一定会有很大的帮助。因此，乐于向读者推荐，并作序。

中国工程院资深院士
中国人民解放军总医院教授



2007年6月

编写人员名单

主编　陈意生　史景泉　程天民　郭乔楠

编者（以姓氏笔画为序）

王水明	军事医学科学院放射医学研究所	副研究员
王德文	军事医学科学院放射医学研究所	研究员
叶明福	第三军医大学第二附属医院病理科	副教授
史景泉	第三军医大学西南医院病理学教研室	教　授
付小兵	解放军总医院第一附属医院全军烧伤研究所全军创伤修复重点实验室	研究员
许霖水	第三军医大学基础部生物化学教研室	教　授
李元平	第三军医大学西南医院病理学教研室	副教授
肖光夏	第三军医大学西南医院全军烧伤研究所	教　授
吴　军	第三军医大学西南医院全军烧伤研究所	教　授
陆江阳	解放军总医院第一附属医院病理科	主任医师
陈　建	第三军医大学西南医院全军烧伤研究所	讲　师
陈发明	第三军医大学西南医院全军烧伤研究所	副研究员
陈宗荣	第三军医大学全军复合伤研究所	教　授
陈意生	第三军医大学西南医院病理学教研室	教　授
罗向东	第三军医大学西南医院全军烧伤研究所	教　授
胡　森	解放军总医院第一附属医院全军烧伤研究所	研究员
郭乔楠	第三军医大学西南医院病理学教研室	教　授
彭代智	第三军医大学西南医院全军烧伤研究所	教　授
程　飚	广州军区广州总医院整形外科	副主任医师
程天民	第三军医大学全军复合伤研究所	教授、中国工程院院士

前　言

我们1993年编写出版的《烧伤病理学》是我国第一部全面、系统阐述烧伤病理学的专著。随着我国社会发展和科技进步，烧伤医学也不断取得新的成就。烧伤防治事业的进展和现代生命科学的发展，为烧伤病理学的研究提供了更加宽广的发展空间、更加深化的理论基础和更加先进的技术手段，从而使烧伤病理学更好地体现了临床防治与病理基础的结合。烧伤病理从临床提出问题，又回到临床指导实践；更好地体现了宏观研究与微观研究的结合，既具全面、整体等宏观层面的分析，又有分子等层面对发病机制的阐明。编著者多年来正是把握这样的机遇，遵循这样的思路，拓展、深化对烧伤病理学的研究，与国内外不少单位一样，不断取得显著成绩。为了集中总结烧伤病理学的新进展，并充分吸收国内外相关文献资料，我们以第三军医大学为主，同时诚邀兄弟单位的专家，共同编著了《现代烧伤病理学》。

本书与《烧伤病理学》相比，内容有重大的调整、更新和充实，并新增了章节。全书由原来的16章增至30章，其中全新增加9章，另有7节扩充为章，其他则对某些主题予以扩展或增加新的资料。全书约100余万字，配有线条图及照片图300余幅。目录编排有序，并注重全书的整体优化及编写的标准化和规范化。内容既涵盖烧伤病理学基本内容，又展示了烧伤病理分子层面的研究的成果，使本书不仅具有以我为主的特色，而且反映了在烧伤病理研究领域的国际先进水平。本书除重点介绍体表热力烧伤外，对特殊原因烧伤（如核爆炸烧伤、电烧伤、化学烧伤等）、吸入性损伤和烧伤感染、烧伤免疫、烧伤代谢变化以及自由基、脂质过氧化、细胞因子与生长因子在严重烧伤内脏损伤中的作用、烧伤创面愈合过程与生长因子调节愈合机制等亦作了详细阐述。此外，在介绍烧伤病理形态学内容的同时，引申出形态变化的功能意义，阐明临床表现及诊治原则的病理学依据，以体现理论与实践相结合，从而提高了内容的全面性、理论性、科学性和实用性。因此，展现在读者面前的是一崭新的烧伤病理学专著。本书的出版将有助于推动我国烧伤病理的研究和烧伤诊治水平的提高，也将有助于提高我国烧伤医学的国际学术地位。

《现代烧伤病理学》编著者包括第三军医大学病理学教研室、生物化学教研室、全军烧伤研究所、全军复合伤研究所，军事医学科学院放射医学研究所八室，解放军总医院第一附属医院全军创伤修复重点实验室及病理科的多位专家教授。

本书既可供病理学工作者、外科医师、烧（创）伤外科医师以及这些专业的研究生参考；对相关学科，如病理生理学、医学微生物学、生物化学、免疫学、药理学、急救医学以及从事烧（创）伤基础研究等人员也有重要参考价值。

本书的出版得到编著者所在单位的热情支持和帮助，谨致深切的谢意。

在本书付梓之际，我们深切怀念为祖国烧伤医学事业无私奉献一生的一代宗师、中国工程院院士黎鳌教授，他对《烧伤病理学》的出版予以鼓励，并大力推荐。我们也深切怀念我国著名病理学家晏良遂教授，是他首先带领我们开展了烧伤病理学研究。我们以崇敬的心情，感谢蜚声遐迩的著名烧伤学专家、中国工程院资深院士盛志勇教授，他对本书的编写多方鼓励、指导，并予作序。

本书编著者限于理论水平和经验，书中可能有不当之处，竭诚欢迎同道及读者予以指正。

主编谨识

2007年5月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

SYNOPSIS

With the accumulating knowledge of burn injury and better understanding for its pathogenesis due to the rapid advances of biological and medical sciences during the last decades, the contributors of this book recognized it necessary to update the previous edition of *Pathology of Burns* (published in 1993). The present edition *Modern Pathology of Burns*, a thorough revision of *Pathology of Burns*, consisting of thirty chapters, mainly concerns the causes of burns and damage to local tissue and system by heat energy, pathological changes in burn wound, the healing process of burn wound and its mechanism regulated by growth factors, burn infection, burn immunology, changes in metabolism after burns, pathological changes of various internal organs, multiple organ dysfunction syndrome, pathological changes of special kinds of burns (for example, nuclear explosion burns, burn combined injury, chemical burns, electric burns), the pathological basis of some modern weapon burns, as well as inhalation injury. New insights into the molecular mechanism of pathogenesis of burns are revealed to the readers, such as the roles of reactive oxygen species, lipid peroxidation, inflammatory mediators, cytokines, growth factors, and vascular endothelial cells in the dysfunction of multiple organs. The contributors updated the context based on the previous edition and the accomplishments from their own laboratory investigation and clinical practice. In addition to the revised text, the number of illustrations from gross, light and electron microscopic observations has been increased to 300 and some of them are new.

The book is primarily intended for pathologists, surgeons and postgraduate students, especially for those working in the field of burn injury. Also, it is likely to prove useful to the researchers in pathophysiology, microbiology, immunology, pharmacology and emergency medicine.

CONTENTS

Chapter 1/1

Causes of burns and damage to local tissues and systems by heat energy

Part 1 Causes of burns

Part 2 Damage to local tissues and systems by heat energy

Chapter 2/7

Clinical course and staging of burns

Chapter 3/11

Pathological changes of burn wound

Part 1 A brief account of normal structure and function of the skin

Part 2 Degrees of burns and their morphological alterations

Part 3 Basis of burn wound infection and lesions

Part 4 Biopsy and related techniques for the burn wound

Chapter 4/21

The healing process of burn wound and its mechanism of regulation by growth factors

Part 1 The characteristics of healing of burn wound of skin

Part 2 Growth factors and their mechanism in regulating healing process of burn wound

Chapter 5/35

Immunopathological reaction of skin transplantation in burn wound

Part 1 Different kinds of skin in transplantation

Part 2 The common immunopathological reactions after skin transplantation

Part 3 Rejection of allogenic skin transplantation and its mechanism

Part 4 Evaluating criteria for rejection of skin transplantation

Part 5 The principal measures against rejection of allogenic skin transplantation

Chapter 6/49

Burn toxin

Part 1 Concept, characteristics and specificity of burn toxin

Part 2 Mechanism of action of burn toxin

Part 3 The hypothesis of burn toxin and its potential of future application in treatment for burn injury

Chapter 7/55

The roles of reactive species and lipid peroxidation in pathogenesis of burn injury

Part 1 Introduction of reactive oxygen/nitrogen species

Part 2 Production of free radicals and their injurious effects

Part 3 Mechanisms of inflammation caused by reactive oxygen/nitrogen species

Part 4 Injuries to the organs and tissues caused by reactive oxygen/nitrogen species

Part 5 Prevention and treatment of injuries caused by reactive oxygen species

Chapter 8/81

Burn infection

Part 1 Advances in basic research of infection

Part 2 Changes of concept of systemic infection

Part 3 Changes of pathogens in burn infection

Part 4 Portal of entry of pathogens of burn infection

Part 5 Gut-origin infection in burns

Part 6 Endotoxemia in burn injury

Chapter 9/95

Burn endotoxemia

Part 1 Structure and biological activity of lipopolysaccharide

Part 2 Intestinal barrier function

Part 3 Intestinal bacteria and endotoxin translocation following severe burn injury

Part 4 Burn endotoxemia and its clinical manifestations

Part 5 Mechanisms of burn endotoxemia

Part 6 Main visceral pathological changes of burn endotoxemia and mechanism of multiple organ injury

Part 7 The principle of treatment and prevention for burn endotoxemia

Chapter 10/117

Burn immunology

Part 1 Basic functions and characteristics of the immune system

Part 2 Effects of thermal injuries on immune functions

Part 3 Cellular and molecular mechanisms of immune dysfunction after burns

Part 4 Etiological factors and consequences of immune dysfunction after burns

Part 5 Countermeasures for prevention and treatment for immune dysfunction following thermal injuries

Chapter 11/147

Changes in metabolism after burns

Part 1 Changes in carbohydrate metabolism after burns
Part 2 Changes in lipid metabolism after burns
Part 3 Alterations in protein metabolism after burns
Part 4 Responses of metabolism related hormones after burns
Part 5 Disturbance of metabolic regulation after burns

Chapter 12/179

Pathological changes in respiratory tract and lungs after burns

Part 1 A general account of normal structure and function of the respiratory tract and lungs
Part 2 Pathological alterations in respiratory tract after burns
Part 3 Pathological alterations in lung parenchyma after burns
Part 4 Postburn acute respiratory distress syndrome

Chapter 13/205

Pathological changes in heart and blood vessels after burns

Part 1 A general account of normal structure and function of the heart and blood vessels
Part 2 Pathological alterations in the heart after burns
Part 3 Pathological alterations in the blood vessels after burns
Part 4 Injurious factors and pathogenesis of myocardial damage
Part 5 Complications in cardiovascular system

Chapter 14/237

Pathological changes in digestive tract, liver, gallbladder, pancreas and superior mesenteric artery syndrome after burns

Part 1 A general account of normal structure and function of the digestive tract, liver, gallbladder and pancreas
Part 2 Pathological alterations in the digestive tract after burns
Part 3 Mechanisms of acute gastric mucosal lesion
Part 4 Mechanisms of intestinal injury after burns
Part 5 Pathological alterations in the liver after burns
Part 6 Pathological alterations in the gall bladder after burns
Part 7 Pathological alterations in the pancreas after burns
Part 8 Superior mesenteric artery syndrome after burns

Chapter 15/269

Pathological changes in kidneys after burns

Part 1 A general account of normal structure and function of the kidney
Part 2 Pathological alterations in the kidney after burns
Part 3 Postburn acute renal dysfunction and acute renal failure

Chapter 16/295

Pathological changes in the testes, epididymis, prostate and ovaries after burns

Part 1 A general account of normal structure and function of the testes, epididymis, prostate and ovary
Part 2 Pathological alterations in the testes after burns
Part 3 Pathological alterations in the epididymis after burns
Part 4 Pathological alterations in the prostate after burns
Part 5 Pathological alterations in the ovary after burns

Chapter 17/315

Pathological changes in the bone marrow, thymus, lymph nodes and spleen after burns

Part 1 A general account of normal structure and function of the bone marrow, thymus, lymph node and spleen
Part 2 Alterations in the bone marrow and peripheral blood after burns
Part 3 Pathological alterations in the thymus after burns
Part 4 Pathological alterations in the lymph node after burns
Part 5 Pathological alterations in the spleen after burns

Chapter 18/331

Pathological changes in the hypophysis, adrenal glands and the thyroid gland after burns

Part 1 A general account of normal structure and function of the pituitary gland, adrenal gland and thyroid gland
Part 2 Pathological alterations in the hypophysis after burns
Part 3 Pathological alterations in the adrenal gland after burns
Part 4 Pathological alterations in the thyroid gland after burns

Chapter 19/355

Pathological changes in the brain and peripheral nerves after burns

Part 1 A brief account of normal structure and function of the neuron and neuroglia
Part 2 Pathological alterations in the brain after burns
Part 3 Pathological alterations in the peripheral nerves after burns
Part 4 Clinicopathologic correlations

Chapter 20/381

Nuclear explosion burn

Part 1 Light radiation of nuclear explosion
Part 2 The conditions of occurrence of burn injury in nuclear explosion burn
Part 3 Skin burn of radiation
Part 4 Respiratory burn of nuclear explosion
Part 5 Ophthalmic burn of nuclear explosion
Part 6 β-ray radiation injury of the skin caused by fallout of nuclear explosion

Chapter 21/395

The pathological basis of burn injury as a result of some special weapons

Chapter 22/401

Combined burn injury

Part 1 A general account of combined burn injury

Part 2 Combined burn and radiation injury
Part 3 Combined burn and trauma injury

Chapter 23/417
Inhalation injury

Part 1 Causes and pathogenesis of inhalation injury
Part 2 Pathological changes in the respiratory tract and lung parenchyma following inhalation injury
Part 3 Pathological changes in extrapulmonary organs following inhalation injury

Chapter 24/447
Chemical burns

Part 1 Acid burn
Part 2 Alkaline burn
Part 3 Chromic acid burn
Part 4 Barium chloride burn
Part 5 Pitch burn
Part 6 Petroleum infusion burn
Part 7 Magnesium burn

Chapter 25/453
Phosphorus burn

Part 1 The physico-chemical properties of yellow phosphorus and its injurious effects as well as their mechanisms
Part 2 The distribution within the body and excretion after absorpton of yellow phosphorus
Part 3 Pathological changes in the internal organs after phosphorus burn
Part 4 Clinico-pathologic correlation of phosphorus burn
Part 5 The principles of management for phosphorus burn

Chapter 26/467
Electric burn

Part 1 Mechanisms of electrical injury
Part 2 Clinico-pathologic features of electric burn
Part 3 The principles of management for electric burn

Chapter 27/475
Postburn multiple organ dysfunction syndrome

Part 1 Concept of multiple organ dysfunction syndrome and its course of evolution
Part 2 Etiology and pathogenesis of postburn multiple organ dysfunction syndrome
Part 3 Clinical manifestations and laboratory diganosis of multiple organ dysfunction syndrome
Part 4 Pathological changes in postburn multiple organ dysfunction syndrome
Part 5 The principles of prevention and treatment for postburn multiple organ dysfunction syndrome

Chapter 28/497
The role of vascular endothelial cell in the pathogenesis of postburn visceral organ dysfunction

Part 1 A general account of normal structure and function of vascular endothelial cells
Part 2 Systemic vascular endothelial injury and its significance after burns
Part 3 The principles of prevention and treatment for vascular endothelial cell injury after burns

Chapter 29/507
The roles of cytokines and growth factors in internal organ injury after severe burns

Part 1 Cytokines and growth factors and their roles in multiple internal organ injuries after severe burns
Part 2 Cytokines and growth factors enhance active repair of important organs with ischemic injuries after severe burns and trauma

Chapter 30/523
The application of molecular biological techniques and other current techniques in study on burn pathology

Part 1 Immunohistochemistry
Part 2 Flow cytometry
Part 3 Morphometric analysis technique
Part 4 Electron microscopy
Part 5 Laser confocal scanning microscopy
Part 6 Laser capture microdissection
Part 7 Molecular hybridization
Part 8 Polymerase chain reaction
Part 9 RNA interference
Part 10 Biochip techniques
Part 11 Gene transfer techniques

Appendix Ⅰ /543
Study and preparation of animal models for burn research

Appendix Ⅱ/569
Burn autopsy

Index/575

目 录

第一章/1

烧伤的致伤因素及热能对局部组织和全身的损害

第一节 烧伤的致伤因素 …… 1
第二节 热能对局部组织和全身的损害 …… 3
参考文献 …… 6

第二章/7

烧伤的病程经过和分期

参考文献 …… 9

第三章/11

烧伤创面的病理变化

第一节 皮肤的正常结构与功能概述 …… 11
第二节 烧伤的分度及各度的形态变化 …… 13
第三节 烧伤创面感染的基础与病变 …… 16
第四节 烧伤创面活检及技术问题 …… 17
参考文献 …… 19

第四章/21

烧伤创面愈合过程与生长因子调节愈合机制

第一节 皮肤烧伤创面的愈合与愈合特点 …… 21
第二节 生长因子及其调控烧（创）伤创面愈合机制 …… 22
参考文献 …… 33

第五章/35

烧伤创面皮肤移植免疫病理反应

第一节 皮肤移植的种类 …… 35
第二节 常见皮肤移植的免疫病理反应 …… 36
第三节 异基因皮肤移植排斥反应及其机制 …… 40
第四节 皮肤排斥反应的判断标准 …… 44
第五节 克服异基因皮肤移植排斥反应的主要措施 …… 44
参考文献 …… 46

第六章/49

烧伤毒素

第一节 烧伤毒素的概念、性质及特异性 …… 49
第二节 烧伤毒素的作用机制 …… 51
第三节 烧伤毒素假说在烧伤治疗应用上的前景 …… 52
参考文献 …… 53

第七章/55

自由基及脂质过氧化在烧伤发病机制中的作用

第一节 氧自由基、氮自由基概述 …… 55
第二节 烧伤后自由基的产生与造成的损害 …… 58
第三节 烧伤后氧自由基、氮自由基引起炎症的机制 …… 69
第四节 烧伤后氧自由基、氮自由基对脏器和组织的损害 … 71
第五节 氧自由基损害的防治 …… 73
参考文献 …… 77

第八章/81

烧伤感染

第一节 感染基础研究的进展 …… 81
第二节 全身性感染概念的变化 …… 81
第三节 烧伤感染病原菌的变化动态 …… 82
第四节 烧伤感染病原菌的侵入途径 …… 85
第五节 烧伤肠源性感染 …… 86
第六节 烧伤救治中的内毒素血症 …… 91
参考文献 …… 93

第九章/95

烧伤内毒素血症

第一节 内毒素的结构及生物学活性 …… 95
第二节 肠道屏障功能 …… 96
第三节 严重烧伤后肠道细菌、内毒素移位 …… 98
第四节 烧伤内毒素血症及其临床表现 …… 99
第五节 烧伤内毒素血症的发生机制 …… 101
第六节 烧伤内毒素血症主要脏器的病理变化及多器官损害的发生机制 …… 102
第七节 烧伤内毒素血症的防治原则 …… 110
参考文献 …… 114

第十章/117

烧伤免疫

第一节 免疫系统的基本功能和特点 …… 117
第二节 烧伤对免疫系统功能的影响 …… 123
第三节 烧伤后免疫紊乱的细胞分子机制 …… 132
第四节 烧伤后免疫紊乱的发病原因和后果 …… 138
第五节 烧伤后免疫紊乱的防治策略 …… 142
参考文献 …… 145

第十一章/147

烧伤后代谢变化

第一节 烧伤后糖代谢障碍 …… 147

第二节　烧伤后脂质代谢变化 …… 152
第三节　烧伤后蛋白质代谢变化 …… 155
第四节　烧伤后代谢相关激素反应 …… 160
第五节　烧伤后代谢调节失控 …… 164
参考文献 …… 176

第十二章/179
烧伤后呼吸道及肺脏的病理变化
第一节　呼吸道和肺的正常结构与功能概述 …… 179
第二节　呼吸道的病变 …… 183
第三节　肺实质的病变 …… 186
第四节　烧伤后急性呼吸窘迫综合征 …… 191
参考文献 …… 202

第十三章/205
烧伤后心脏和血管的病理变化
第一节　心脏及血管的正常结构与功能概述 …… 205
第二节　烧伤后心脏的病变 …… 207
第三节　烧伤后血管的病变 …… 222
第四节　烧伤后心肌损害的致伤因素及致伤机制 …… 224
第五节　烧伤后心血管系统的并发症 …… 231
参考文献 …… 233

第十四章/237
烧伤后消化管、肝脏、胆囊、胰腺和肠系膜上动脉综合征的病理变化
第一节　消化管及消化腺的正常结构与功能概述 …… 237
第二节　烧伤后消化管的病变 …… 240
第三节　烧伤后急性胃黏膜损害的发生机制 …… 244
第四节　烧伤后肠道损害的机制 …… 246
第五节　烧伤后肝脏的病变 …… 249
第六节　烧伤后胆囊的病变 …… 259
第七节　烧伤后胰腺的病变 …… 260
第八节　烧伤后肠系膜上动脉综合征 …… 265
参考文献 …… 266

第十五章/269
烧伤后肾脏的病理变化
第一节　肾脏的正常结构与功能概述 …… 269
第二节　肾脏的病变 …… 273
第三节　烧伤后急性肾功能障碍和急性肾功能衰竭 …… 287
参考文献 …… 291

第十六章/295
烧伤后睾丸、附睾、前列腺和卵巢的病理变化
第一节　生殖器官的正常结构与功能概述 …… 295
第二节　烧伤后睾丸的病变 …… 297
第三节　烧伤后附睾的病变 …… 301
第四节　烧伤后前列腺的病变 …… 312
第五节　烧伤后卵巢的病变 …… 313
参考文献 …… 314

第十七章/315
烧伤后骨髓、胸腺、淋巴结和脾脏的病理变化
第一节　淋巴造血系统的正常结构与功能概述 …… 315
第二节　烧伤后骨髓与周围血液的改变 …… 316
第三节　烧伤后胸腺的改变 …… 323
第四节　烧伤后淋巴结的病变 …… 324
第五节　烧伤后脾脏的病变 …… 327
参考文献 …… 330

第十八章/331
烧伤后脑垂体、肾上腺和甲状腺的病理变化
第一节　内分泌系统的正常结构与功能概述 …… 331
第二节　烧伤后脑垂体的病变 …… 336
第三节　烧伤后肾上腺的病变 …… 342
第四节　烧伤后甲状腺的病变 …… 348
参考文献 …… 353

第十九章/355
烧伤后脑和周围神经的病理变化
第一节　神经组织的正常结构与功能概述 …… 355
第二节　烧伤后脑的病变 …… 359
第三节　烧伤后周围神经的病变 …… 373
第四节　烧伤后脑损伤的机制 …… 373
第五节　烧伤后神经系统的临床病理联系 …… 374
参考文献 …… 379

第二十章/381
核爆炸烧伤
第一节　核爆炸光辐射 …… 381
第二节　核爆炸烧伤的发生情况 …… 381
第三节　核爆炸光辐射皮肤烧伤 …… 382
第四节　核爆炸呼吸道烧伤 …… 385
第五节　核爆炸眼烧伤 …… 388
第六节　核爆炸落下灰所致的皮肤β射线损伤 …… 393
参考文献 …… 394

第二十一章/395
几种特种武器烧伤的病理基础
参考文献 …… 399

第二十二章/401
烧伤复合伤
第一节　概述 …… 401
第二节　烧伤复合放射损伤 …… 402
第三节　烧伤复合创伤 …… 410

需要全本请访问 www.ertongbook.com

参考文献 …… 415

第二十三章/417

吸入性损伤

第一节 吸入性损伤的致伤因素及致伤机制 …… 417
第二节 吸入性损伤时呼吸道及肺实质的病理变化 …… 419
第三节 吸入性损伤后肺外器官的病理形态变化 …… 442
参考文献 …… 445

第二十四章/447

化学烧伤

第一节 酸烧伤 …… 447
第二节 碱烧伤 …… 448
第三节 铬酸烧伤 …… 449
第四节 氯化钡烧伤 …… 449
第五节 沥青烧伤 …… 450
第六节 汽油浸泡烧伤 …… 450
第七节 镁烧伤 …… 451
参考文献 …… 452

第二十五章/453

磷烧伤

第一节 黄磷的理化性质与致伤特点及其机制 …… 453
第二节 磷吸收后在体内的分布与排泄 …… 454
第三节 磷烧伤后内脏器官的病理变化 …… 455
第四节 磷烧伤的临床病理联系 …… 463
第五节 磷烧伤的救治原则 …… 464
参考文献 …… 465

第二十六章/467

电烧伤

第一节 电流损伤机制 …… 467
第二节 电烧伤的临床病理特点 …… 468
第三节 实验性电烧伤 …… 470
第四节 电烧伤救治原则 …… 472
参考文献 …… 473

第二十七章/475

烧伤后多器官功能障碍综合征病理学变化

第一节 多器官功能障碍综合征的概念与发展沿革 …… 475
第二节 烧伤后多器官功能障碍综合征的病因与发生机制 …… 475
第三节 多器官功能障碍综合征的临床表现与诊断 …… 477
第四节 烧伤后多器官功能障碍综合征的病理变化 …… 480
第五节 烧伤后多器官功能障碍综合征的临床防治原则 …… 494
参考文献 …… 495

第二十八章/497

血管内皮细胞在烧伤后脏器功能障碍发病中的作用

第一节 血管内皮细胞的结构与功能概述 …… 497
第二节 烧伤后全身血管内皮细胞的损伤及其意义 …… 502
第三节 烧伤后血管内皮细胞损伤的防治原则 …… 505
参考文献 …… 506

第二十九章/507

细胞因子及生长因子在严重烧伤内脏损伤中的作用

第一节 细胞因子和生长因子在烧伤多脏器功能损伤中的作用 …… 507
第二节 细胞因子和生长因子加速严重烧创伤后重要内脏缺血性损伤主动修复 …… 515
参考文献 …… 520

第三十章/523

分子生物学技术在烧伤病理学研究中的应用

第一节 免疫组织化学技术 …… 523
第二节 流式细胞术 …… 526
第三节 形态定量分析技术 …… 527
第四节 电子显微镜术 …… 528
第五节 激光扫描共聚焦显微技术 …… 529
第六节 激光捕获显微切割技术 …… 530
第七节 核酸分子杂交技术 …… 531
第八节 聚合酶链反应 …… 533
第九节 RNA 干扰技术 …… 534
第十节 生物芯片技术 …… 536
第十一节 基因转移技术 …… 538
参考文献 …… 540

附录 1/543

烧（烫）伤动物模型的研制

附录 2/569

烧伤尸检

索引/575

第一章

烧伤的致伤因素及热能对局部组织和全身的损害

由于近代工业的发展和现代战争中新武器的使用，特别是燃烧性武器和核武器，引起烧伤的原因愈来愈多。同时，随着医学科学的发展，对烧伤组织损害机制的研究亦逐步深入。不同原因引起的烧伤，除各有一些损伤特点以及化学物质燃烧有时伴有中毒之外，它们所引起的局部（伤区）和全身各系统与器官的病理变化大致相同。

本章主要介绍几种烧伤的致伤因素、损伤特点以及热能在烧伤组织损害中的作用。

第一节　烧伤的致伤因素

祖国医学早在1600年前对烧伤就有理论和治疗方案。清代陈士铎认为，烧伤的致伤原因与火热有关，在其著述中称："热盛毒重，热微毒轻，沸水烈火的热毒可以侵犯人体的血液与脏腑，因此治疗必须内外兼顾。"西方医学对烧伤的记载始于公元前430年，希腊学者希波克拉底（Hippocrates）最先撰文及此。随着科学技术的进步，现代医学对烧伤的致伤因素及致伤机制的认识亦日趋深入，特别是对影响烧伤伤员机体防御功能及造成其损害因素的作用机制有了较深入的认识。诸如休克、吸入性损伤所致的缺氧性损害、烧伤毒素、细菌毒素以及由它们衍生出来的或释放出来的有害物质（如炎症介质、各种蛋白酶、脂质过氧化物）等。在烧伤过程中这些有害物质可以不断产生，造成组织和器官损害。

一、烧伤的致伤因素分类

根据现代医学的研究，引起烧伤的原因（causes of burns）可概括为热力、化学物质、电流及放射线四类，由其引起的损伤分别称为热烧伤、化学烧伤、电烧伤和放射烧伤，其中最多见者为热烧伤。据对中国人民解放军48978例烧伤病人的分析，致伤原因中主要是热力烧伤，共43871例，占89.57%；其次为化学烧伤3204例，占6.54%；电烧伤1823例，占3.72%；放射性烧伤70例，占0.14%。热力烧伤中，以沸水最多，近30%。其他依次为火焰、燃烧的煤和汽油、沸液、蒸汽等。

1. 热烧伤

高温的气体、液体和固体接触人体均可引起烧伤，此称热烧伤（thermal burn）。例如：

① 火焰；

② 热液体如沸水、沸油、钢水等；

③ 热气体如蒸汽、热空气等；

④ 热固体如炽热金属、热炉灰等；

⑤ 激光。皮肤受到激光的照射后，由于吸收了激光的能量，使被照射处温度升高而发生烧伤。平时可见于医用激光超过安全阈值的情况下，出现热损伤。随着剂量的加大，局部依次会出现热致红斑、热致水疱、热致凝固、热致沸腾、热致炭化、热致燃烧和热致气化。战时见于激光武器损伤。

以上热烧伤的成因中，一般习惯上将火焰所致的损伤称为烧伤（burn），将沸水所致损伤称为烫伤（scald）。皮肤受热力作用而发生烧伤，其损伤的程度因热源的强度及接触时间的不同而异（详见本章第二节）。

2. 化学烧伤

由于近代工业的发展和现代战争中化学武器的使用，化学烧伤（chemical burn）的发生逐渐增多。腐蚀性化学药物及遇水稀释时发热的化学药品，接触人体后与组织作用，均可引起烧伤。致伤的化学物质，据王甲汉等（1988）506例化学烧伤的分析报告，酸烧伤比例最高，占36.9%；其次是碱烧伤，占26.2%；有毒物烧伤占11.8%，其他化学物质烧伤占24.9%。酸烧伤中以硫酸烧伤最多，占51.3%；其次是硝酸，占28.3%。碱烧伤以强碱（苛性碱）最多，占57.1%；其次是石灰烧伤，占38.3%。有毒物以磷烧伤最多，占58.3%，其次是苯，占20%。其他化学物质以沥青最多，占62.6%。以下介绍几种致伤化学物质的作用机制。

（1）酸　能致烧伤的酸的种类甚多，常见的

有硫酸、硝酸、盐酸、苯酚（石炭酸）、三氯醋酸、氯磺酸、氢氟酸等。酸与皮肤、黏膜接触后，可吸取组织的水分，使组织蛋白凝固，引起凝固性坏死。氢氟酸又名氟化氢，以具有强烈的腐蚀性和挥发性而有别于其他强酸，通过接触和吸入而致伤。

(2) 碱　无机碱类包括钾、钠、钙、镁的氢氧化合物以及碳酸钠、氟化钠等在工业上应用广泛，因此临床上由无机碱所致的烧伤亦较多见，其中常见的有氢氧化钠、氢氧化钾、氢氧化铵、氢氧化钙等。碱作用于皮肤后，碱离子很容易夺取组织细胞的水分，使细胞因脱水而坏死。

碱烧伤有两个特点：①碱接触皮肤后，真皮层的病理改变明显晚于表皮层细胞及皮下运动肌层，形成潜掘状损伤，此点与火焰烧伤及酸烧伤不同。②碱接触皮肤后具有迅速向深部渗透的作用，在很短时间内即可达到肌层。有人观察发现，高浓度碱与低浓度碱对皮肤有同样的快速渗透性。Gruber 发现，小白鼠皮肤表面涂碱后 5～10min 内皮下 pH 即可达到 13.4，Ryan 和 Paterson 在兔角膜上涂碱后几分钟就可在房水中测出。

(3) 磷　由于磷在工业和军事上的用途均较广泛，如平时以黄磷为原料制造染料、火药、火柴、农药、医药用品等；在化学武器中，燃烧弹之类多含有黄磷，如含磷的凝固汽油弹、炮弹和炸弹等。因此，平时、战时磷烧伤的发生率均较高。磷的致伤作用是多方面的：接触的磷颗粒开始自燃以高热作用致伤；接着，磷燃烧氧化为五氧化二磷（P_2O_5），遇水后成为磷酸，从而造成磷酸烧伤，无机磷从创面吸收入血，引起内脏及全身中毒。

(4) 镁　镁是一种软金属，能在空气中燃烧，达到近 2000℃ 的高温，与皮肤接触时，可引起烧伤。在化学武器中，镁是燃烧弹中常用的金属元素之一，加在凝固汽油弹中，可增强其杀伤力。

(5) 芥子气　芥子气是腐蚀性毒剂中的一种，化学名为二氯二乙基硫化物，纯质品为无色黏稠的液体，在－4℃ 时结晶。因其有芥子的气味，战时装在炸弹或炮弹内，对人体造成损害，其中毒程度与浓度及作用时间有关。皮肤沾污芥子气，可引起烧伤。

(6) 铬酸　铬在工业中用途较广，如电镀、金属加工、印染、制革、照相等，其化合物有 2 价、3 价、6 价三种，均可引起烧伤及中毒。铬酸的 6 价化合物及其盐类（如铬酐、铬酸钾、铬酸钠、重铬酸钾、重铬酸钠等）毒性较大。铬的腐蚀性大，铬酸盐及重铬酸盐 1～2g 即可引起腐蚀性烧伤，深达骨骼，6g 可致死亡。

3. 电烧伤

人们在日常生活和劳动中，接触电的机会很多，因而电烧伤（electric burn）亦较常见。它是电流经身体所引起的一种烧伤，其严重程度取决于电流强度、接触时间及触电部位的电阻大小。电烧伤的发生有三种情况：①电流烧伤。系因接触电源，电流通过皮肤产生热力而引起。②电弧烧伤。即指电流在皮肤表面产生热力所致的烧伤。③一般热烧伤。由于电火花引燃衣物，间接引起的烧伤，可增大烧伤的范围。关于电流作用的机制，一般认为有下述三种作用。

(1) 电热作用　电流通过组织时，部分电能转变为热能，此时在电流通过的部位温度显著升高，从而发生烧伤。

(2) 电解作用　电流通过组织时组织的化学成分分解，如皮脂可分解为脂酸。电流通过时在电极两极发生电解作用，即阳极出现酸性反应，阴极出现碱性反应，且两极温度均升高，结果局部组织发生变性、坏死及炎症。

(3) 电机械作用　电能可直接转变为机械能，或因局部温度过高，间接通过产生的蒸汽及气体，引起组织损伤。

4. 放射烧伤

放射烧伤（radiation burn or irradiation burn）包括单纯放射烧伤和放烧复合伤烧伤。前者平时多见，主要由 X 射线或 β 射线局部照射引起，常见于放射治疗恶性肿瘤或长时间施行 X 线检查者。放烧复合伤烧伤主要发生在核爆炸时，由核武器爆炸时产生强烈的光辐射所致，可引起皮肤光辐射烧伤以及眼底视网膜等特殊部位的烧伤。

二、平时、战时常见的烧伤致伤因素

1. 平时烧伤常见的原因

据一般资料统计，发生在家庭中或一般旅行中的烧伤，以炉火、沸水、稀饭、菜汤、热油及

房屋失火等为常见致伤因素；发生在工业生产及其他工作中的烧伤，其原因亦主要为热烧伤，如钢水、铁水、沸水、火焰，矿井中瓦斯燃烧爆炸、火药及炸药爆炸、汽油燃烧等。有些病例则为跌入高温化学反应池（如硫酸、苯磺酸、碱沸水、酒糟池等）或磷燃烧所致。平时成批的烧伤多见于旅馆的火灾、汽车或飞机失事、储油库或化学工厂的失火以及森林火灾等，这些情况均会造成大批人大面积严重烧伤。

2. 战时烧伤常见的原因

从烧伤致伤因素的类别来看，平时烧伤的原因在战时也都存在。但在现代战争中，由于使用现代化武器，特别是燃烧性武器和核武器，使烧伤伤员不仅数量增加，而且在伤情和病理变化上也有其特点。烧伤在我军全部伤员中的比例，解放战争时期仅占0.07%，抗美援朝时期为1.8%。而中东战争中据以色列统计占10%，其中深二度烧伤占12%，三度烧伤占31%，烧伤面积在30%以上者占烧伤伤员的41%，并有18%的烧伤伤员合并其他损伤。据对日本受美国原子弹袭击后的调查资料，烧伤（包括复合有其他损伤的复合烧伤）伤员占卫生减员的60%～85%，单纯烧伤占全部伤员的15%～30%以上，在死亡的居民中，50%是由于烧伤所致，其中第一周内死亡的人员，90%有烧伤。由此看来，对战时发生的烧伤，必须予以特别的重视。战时除了发生与平时类同的火焰烧伤以外，还可发生金属燃烧剂（如镁、铝等）烧伤、凝固汽油烧伤、磷烧伤及核武器所致的特殊烧伤。

三、烧伤的发生率与年龄、性别及季节的关系

(1) 年龄　一般资料统计，在各个年龄组中，以小儿烧伤发生率最高，约占全部烧伤病人的50%左右，其中以沸水、高热流质（油、粥、羹）烫伤较多见。据艾深海（1985）报道，小儿烧伤1255例中烫伤占905例（72.11%），而4岁以下者烫伤占81.76%，4岁以后随年龄的增长，烫伤逐渐减少，火焰烧伤逐渐增加，但烫伤始终居多。其次为成年人，因生产或家务劳动，接触高热或燃烧性物质之机会较多，因而发生烧伤之机会亦较多。其中以工业生产引起之烧伤最多。工业性烧伤中又以钢水、热铁、柴油和汽油之火焰及沥青烧伤最为常见。50岁以上之老年人，因与外界接触之机会较少，故烧伤之机会亦明显减少。

(2) 性别　前述48978例烧伤中，有性别记载的46865例，男性34884例，女性12021例，男女之比约为3∶1，可能与男性所从事之职业及工作性质有关。这可对烧伤病房男女病床分配提供参考依据，男女床位大致可按3∶1分配。据梁木英等（1989）报道，小儿烧伤1425例中，男928例，女497例，可能因男孩爱动、较顽皮，故发生烧伤的机会较女孩为多。

(3) 季节　四季中以夏、秋二季发生率为高，可能与衣着单薄、活动较多有关。

由上可知，烧伤的致伤因素很多，其中有许多是发生在人们生活、生产或工作中。如在日常生活中，被火焰、开水、沸油、热粥、热汤致伤以及接触热物体（如火钳、烙铁等），冬季睡眠用热水袋取暖和玩弄雷管、火药、鞭炮、手触摸电器等所致的烧伤是相当常见的。在工矿劳动生产过程中，工人经常与各种燃料、高热蒸汽、高热流体等相接触，操作中稍有疏忽，亦可能引起烧伤。因此，烧伤对人们的健康危害很大。但多数情况下，烧伤又是可以预防的。例如，上述列举的日常生活中的烧伤致伤因素，只要加强安全观念，在放置、移动和使用时加以注意，即可防止其作用于人体而引起烧伤。工矿劳动生产及交通运输过程中所造成的烧伤，如能严格执行安全操作规程、加强安全生产的教育，烧伤亦可大大减少。即使在战时，燃烧武器或核武器的使用，在积极预防，做好充分的救治准备的情况下，亦可减少烧伤的发生率。因此，了解烧伤的致伤因素对平战时烧伤的预防具有重要的意义。

第二节　热能对局部组织和全身的损害

在烧伤的类型中以热烧伤最为常见，它由高温的气体、液体和固体接触机体而发生。其他一些类型的烧伤亦常合并热力烧伤。在日常生活中，有一些保暖用具如热水袋、电热毯、电热床、电热坐垫等，其温度虽不高（一般为44～45℃），但如接触时间长也可引起烧伤，特别是

手术麻醉或冻僵后，病人全身或局部失去知觉或痛觉时更易发生。据艾深海等（1991）报道，这类应用保暖器具所致烧伤多属深度烧伤，因有水疱，临床上易误诊为二度烧伤，因而延误处理时机，值得临床引起注意。热能不仅对局部组织造成损伤，对全身亦可引起损害。现分述如下。

一、热能对局部组织的损伤

在热能的作用下，局部组织可发生以下一些变化。

1. 烧伤区组织的形态变化

皮肤在受到热力作用后，其损伤的程度因热源的强度和接触皮肤的时间而异。一般认为，造成正常人体皮肤烧伤的温度阈为 45℃，热能愈高，作用时间愈长，组织损伤亦就愈重。例如，皮肤表面温度保持于 44℃，约需 6h 才能引起表皮基底细胞的不可逆性变化，如温度升高至 70℃或 70℃以上时，1s 内就可引起贯穿表皮的坏死。据 Moritz 的观察，高热性皮肤损伤的细胞学和组织学的改变表现为：最早的变化是细胞核内染色质的再分布，开始出现于表皮中间层，以后则见于深层。如损伤较深，基底细胞胞质和表皮全层细胞核均发生肿胀和崩解。由于基底细胞内及使其与真皮相连的细胞间黏合质中出现上述变化，表皮与真皮之间的联系乃发生不可逆性破坏，临床上常见表皮层极易自烧伤表面撕下，与表皮和真皮间联系的破坏是相符合的。当致伤温度进一步增高，损伤更重时，表皮即发生凝固、渐进性变干，最后是炭化。真皮内的变化过程与表皮相似，亦随温度高低和受热时间长短而异。真皮内最早的变化为小血管（微动脉）立即发生收缩，继之血管扩张，同时毛细血管通透性增高，液体外渗形成水肿。如温度增高，则发生凝固性变化，温度进一步增高则引起干燥化，最后导致炭化。温度很高或长时间接触的火焰烧伤或沸液的烫伤，不但皮肤全层被烧伤，有时肌肉甚至骨骼也可遭受损伤。我们对 59 例严重烧伤尸检的组织病理学观察，亦见有上述高热性皮肤损伤的类似改变，主要表现为：表皮轻度损伤时角质层疏松成分层状，表皮细胞及胞核肿胀，这可能是由于质膜与核膜的脂蛋白损伤，使其通透性发生改变，水分进入细胞及核内所致。稍重者显渐进性坏死，更重者则呈凝固性坏死。真皮胶原纤维常凝固呈束状或融合成片，呈嗜双色性（即带点嗜碱性），其嗜酸性染色性能则减退。毛囊扭曲，周围上皮细胞坏死，有时形成缺口或裂隙，汗腺管腔消失，变为无腔的上皮圆柱。皮脂腺可破裂。血管内皮细胞肿胀、变性，排列疏松而致血管内血栓形成及血管通透性水肿和渗出性出血。据蒋景涛等及我们的观察，火焰烧伤的三度皮肤病变均很严重，尤以钢水、铁水所致者为甚，皮肤全层包括皮肤附件、血管及神经末梢等均被彻底烧毁，皮下组织、肌肉组织和骨组织等均有明显的变性，真皮中胶原纤维变成干缩的、均质的凝固性坏死，其中皮肤附件上皮亦消失。但一般火焰烧伤者则尚能见其残核，这可能是因钢水、铁水火焰温度较高，对组织的损害重、产生的毒素多，以及血浆大量丧失致血液浓缩、血液循环障碍，导致组织缺氧及组织营养不良，因而所致病变较其他火焰烧伤病例者严重。

高热对呼吸道黏膜亦可造成直接损伤，损伤的程度取决于吸入空气的温度和持续时间。轻者黏膜上皮细胞变性，重者发生凝固性坏死。通常湿热空气比干热空气的损伤作用严重，尤易发生下呼吸道和肺的损伤，这是因为蒸汽所含的热能远比干热空气所含的热能为高的缘故，同样，速度很高的火焰比静止火焰厉害。在核战争中，由于吸入光辐射高温热气流导致肺和气道的热性损伤，大量伤员将可能发生呼吸道烧伤，并在短时间内，甚至在救治前大批死亡。

上述细胞损伤的原理因致伤热源的强度而异。细胞脂类在 45℃即有细胞物理性状的改变，因而推测，此时热对细胞的作用是损伤细胞表面的脂蛋白膜，但较高温度的烧伤，细胞的损伤不限于质膜的脂蛋白结构，高热可使细胞内蛋白质变性、凝固，导致细胞坏死、炭化，亦可抑制细胞内酶的活性而影响细胞的活力。

2. 烧伤区微循环的变化

认识烧伤皮肤微循环的变化规律，有助于提高烧伤的救治水平。

Robb（1967）在热烧伤实验中以显微电影记录烧伤微循环的变化，发现各度烧伤微循环紊乱的程度与烧伤时全身微循环的变化过程相一致。①一度烧伤：微动脉和微静脉扩张，有时微动脉先有节段性收缩或收缩与扩张交替出现。毛

细血管内有红细胞通过。②二度烧伤：微静脉扩张和微静脉内血流停滞，红细胞和血小板聚集，白细胞附壁，并逐渐阻塞管腔。但微动脉内仍有血液流动，此时血管通透性增加。③三度烧伤：微动脉、微静脉和毛细血管中均可见血栓形成、血流停滞、微循环闭塞。若皮肤受热达 65℃，持续 1min，用兔耳窗直接观察，可见烧伤后微血管有收缩型和扩张型两种不同的反应。如表现为收缩型，则微动脉和微静脉长时间痉挛，血流缓慢，易有白色血栓形成，1 周后取材切片镜检为全层皮肤坏死；反之，如为扩张型，则血流较快，血栓形成较轻且较晚，1 周后病理切片镜检为皮肤二度烧伤。由此说明，微血管收缩、血流减慢等在促进烧伤皮肤微循环血栓形成方面起着重要作用。

皮肤烧伤后，局部可立即出现三个同心圆区带。由于烧伤温度的差异，受热的中心区损伤最重，四周较轻，更远的更轻。因此一个典型的烧伤创面，由内向外可分为中心区带、中间区带和外周区带。中心区带（热坏死区）为高热引起的凝固性坏死区，微循环血流完全停止，毛细血管收缩，管腔内不含红细胞，呈灰白色，为不可逆性损伤。中间区带位于中心区带的周围，早期呈红色，压之褪色，24h 后，由于血管内血流停滞，压之不再退色，再经 3～5 天后，组织发生渐进性坏死，变为白色，与中心区带难以区分。因此，中间区带是一个处于可以向好、坏两个方面发展的区带，其微循环障碍发展程度，与烧伤局部损伤程度相关。外周区带内微动脉、毛细血管和微静脉扩张充血，血流缓慢，局部呈红色，压之褪色。此反应区带是微循环轻度异常的区域，可持续数天或一周，以后消退。Branemqrk 强调外周区带如受到新的损伤，可使微循环完全阻断，导致组织死亡。因此，有人提出临床上在烧伤局部用药的配方选择上应注意避免对组织和血管造成新的损伤。

3. 烧伤区细胞功能和代谢的变化

通过测定细胞呼吸，可见损伤轻者细胞呼吸存在，严重者细胞呼吸停止。Hershey 在实验中观察到：热对氧耗量的作用因皮肤受热温度而不同，氧耗量的减少，约在 50℃时突然变剧，在 60℃时，氧耗量迅速下降至零。在 45℃时减少甚微，除非损伤时间持续超过 10min。热损伤后，细胞氧摄取量何以会降低，这可能与酶系统的活力减弱有关。在 55℃温度时加热 1min 皮肤丧失 50%的酶活力，这一热量损伤的皮肤在组织培养中是不能存活的，测定灼伤皮肤中酶的活力可能有一定实用价值。因此，如果酶的测定预示灼伤皮肤不能存活，临床上就可更早地将正在死亡的皮肤切除。热损伤中，琥珀酸脱氢酶的活力减弱是肯定的，其他一些皮肤酶对热的反应则有差异，当表皮匀浆被加温时，延胡索酸酶在极短时间的低温加热后，其活力将明显下降，醛缩酶的活力则无明显降低，而其他如乳酸脱氢酶、葡萄糖-6-磷酸脱氢酶、苹果酸脱氢酶等对热比较稳定。

二、热能对全身和红细胞的损害

热能除对局部组织造成损伤外，还可引起全身性损害。例如，吸入蒸汽时，主动脉内血液温度可增高 8.8～12.6℃，且上升迅速，下降缓慢，引起比皮肤烧伤更广泛、更严重的溶血，毛细血管通透性增高，肺泡壁毛细血管破裂，出血及显著水肿而致血液循环障碍和内脏损害，高强度的热能甚至可将血流的温度提高到足以对心、脑产生直接的热效应而导致死亡。

严重烧伤后，红细胞可发生破裂、凝集、变形性改变和形态异常等改变，同时生成被抑制。Sevitt（1979）报道，红细胞在 40～50℃的热力作用下，可发生质膜通透性改变而致细胞内 ATP 减少、钾离子丢失及葡萄糖利用增加等。当受热达 50℃以上时，则可致红细胞形态异常，出现类棘细胞（echinocyte）样改变，红细胞表面显单个或多个球形突起，进而红细胞整体变为球形，且僵硬。正常红细胞为两面内陷的圆盘形，富有弹性，可弯曲或伸长而变形，能通过比它自身更狭窄的毛细血管腔。随红细胞的形态异常，其柔软性、黏弹性亦发生改变，因而使红细胞变形性下降，造成外周阻力增加，促进血液淤滞，甚至变形的红细胞及其破坏后的红细胞碎片可堵塞微血管，影响微循环灌流，加重局部组织缺氧、缺血性损害。

烧伤后红细胞破坏的原因，以往认为是热力、严重感染及毒血症的影响。最近的一些研究表明，体液因素、红细胞膜蛋白成分的改变（Harris，1981；Sozaky，1982；王怀宾，1987）、细胞能量代谢障碍（Meiselmen，1977），血液 pH 及渗透压改变（Koutsouris 等，1985）以及氧自

需要全本请访问 www.ertongbook.com