



北京市高等教育精品教材立项项目

材料科学与工程系列

Biomaterials Science
(Second Edition)

生物材料学

第2版

崔福斋 冯庆玲 编著



清华大学出版社

内容简介

本书是在1996年出版的《生物材料学》第1版基础上进行修订的结果。

本书主要阐述生物材料学的基本内容及原理(包括天然生物材料的组成单元(蛋白、多糖、生物矿物)、分级结构和组装原理、细胞的增殖生长、愈合过程、细胞与材料作用的单细胞过程)以及医用材料的生物相容性等。

本书可作为高校材料科学、生物工程、化学、医学等相关专业的研究生教材,也可供高校本科高年级师生及相关科技人员参考。

材料科学与工程系列

材料工程基础

材料科学与工程概论

固体物理

陶瓷材料断裂力学

陶瓷材料力学性能导论

多孔固体结构与性能(第2版)

无机材料物理性能(第2版)

材料腐蚀与控制

光学显微分析(第2版)

生物材料学(第2版)

作者 崔福斋 冯庆玲

崔福斋 男 工学博士,1987~1988年为荷兰FCM研究所博士后,1992年至今任清华大学材料科学与工程系教授,1993年以来任博士生导师,1996年至今为国家SFDA(医疗器械评审专家),1997年成为美国MIT访问学者,1998年至今为生物材料研究室首席专家。

冯庆玲 女,1990年获德国柏林工业大学工学博士学位,1992年起在清华大学材料科学与工程系任教,现为教授、博士生导师,中国复合材料学会理事,《复合材料学报》和《生物骨科材料与临床研究》编委。

ISBN 7-302-08830-6



9 787302 088301 >

定价: 35.00元





北京市高等教育精品教材立项项目

材料科学与工程系列

Biomaterials Science
(Second Edition)

生物材料学

第2版

崔福斋 冯庆玲 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书主要阐述生物材料学的基本概念和基本原理,包括天然生物材料的组成单元(蛋白、多糖、生物矿物)、分级结构和组装原理、细胞的调制生长、复合过程、细胞与材料作用的单细胞过程以及医用材料的生物相容性等。

本书可作为材料科学、生物工程、化学、医学等专业的研究生教材,也可供相关领域的科技人员以及高等院校相关专业的师生参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

生物材料学/崔福斋,冯庆玲编著. --2版. —北京:清华大学出版社,2004.9

(材料科学与工程系列)

ISBN 7-302-08830-6

I. 生… II. ①崔… ②冯… III. 生物材料 IV. Q81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 055788 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:宋成斌

文稿编辑:黎 强

印 刷 者:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印张:19.5 彩插:2 字数:407千字

版 次:2004年9月第2版 2004年9月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-08830-6/Q·38

印 数:1~3000

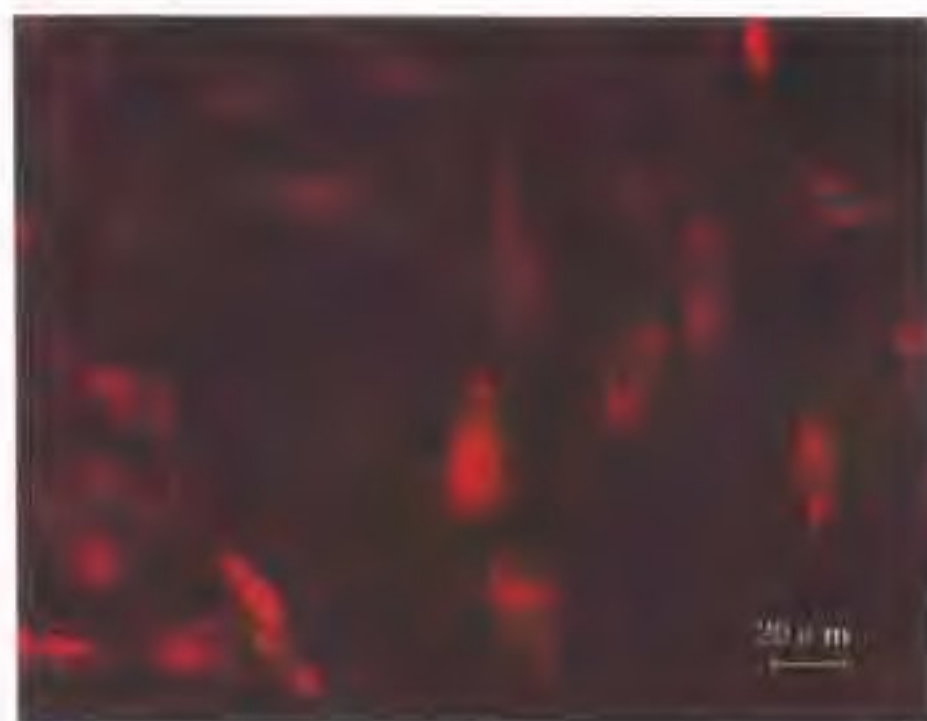
定 价:35.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

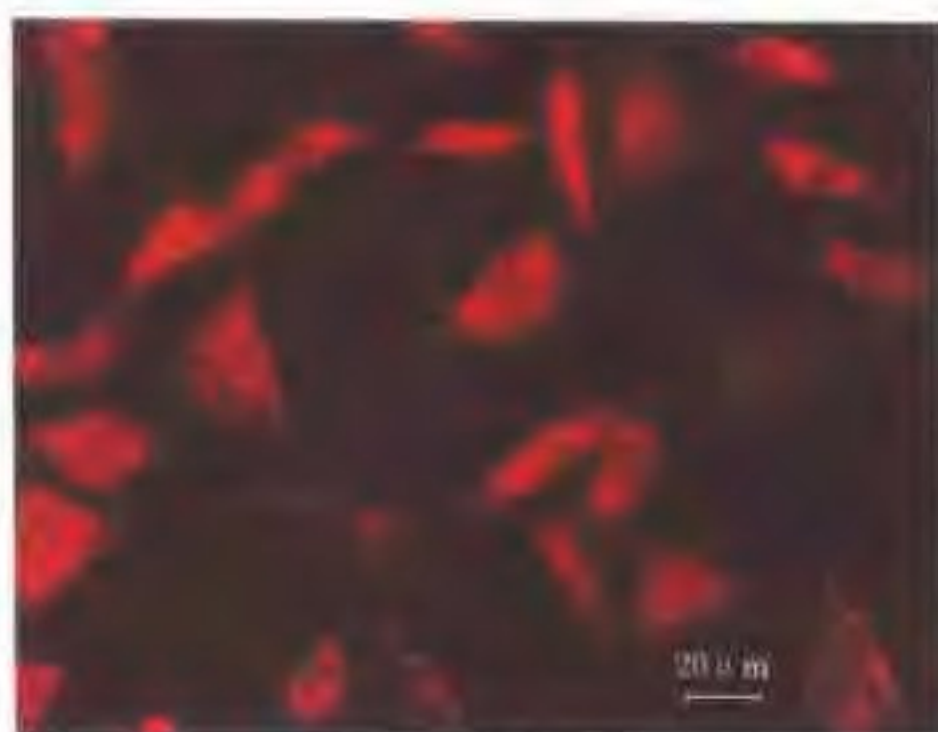


彩图1 细胞在材料表面爬行过程

(细胞爬行往往是沿着最容易贴附的方向。对应内容见1.3.4节)



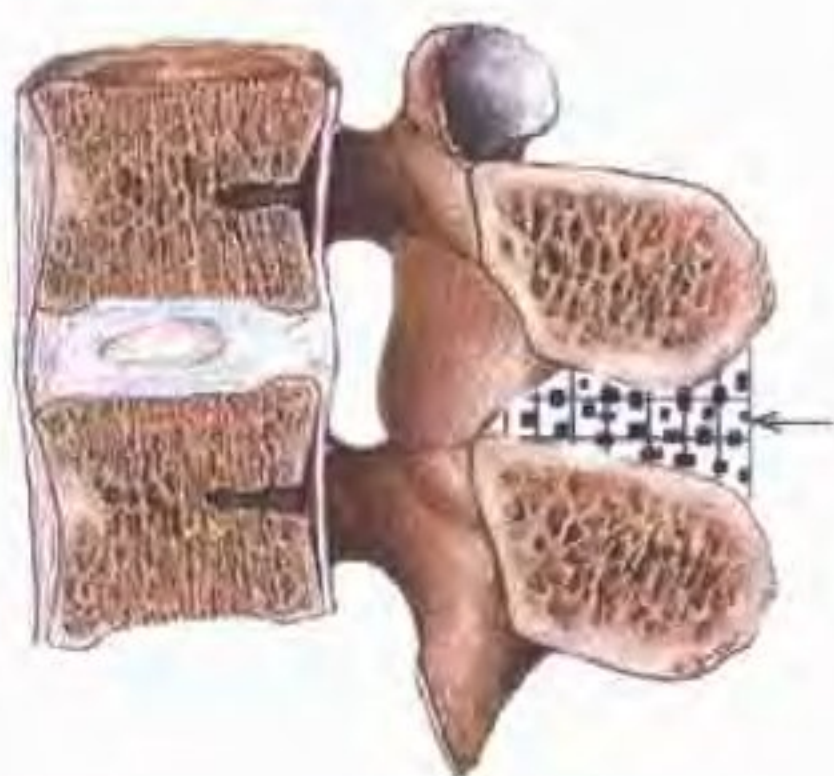
(a)



(b)

彩图2 分别在玻璃(a)上和纳米晶钙磷盐胶原复合材料(b)上培养的成骨细胞

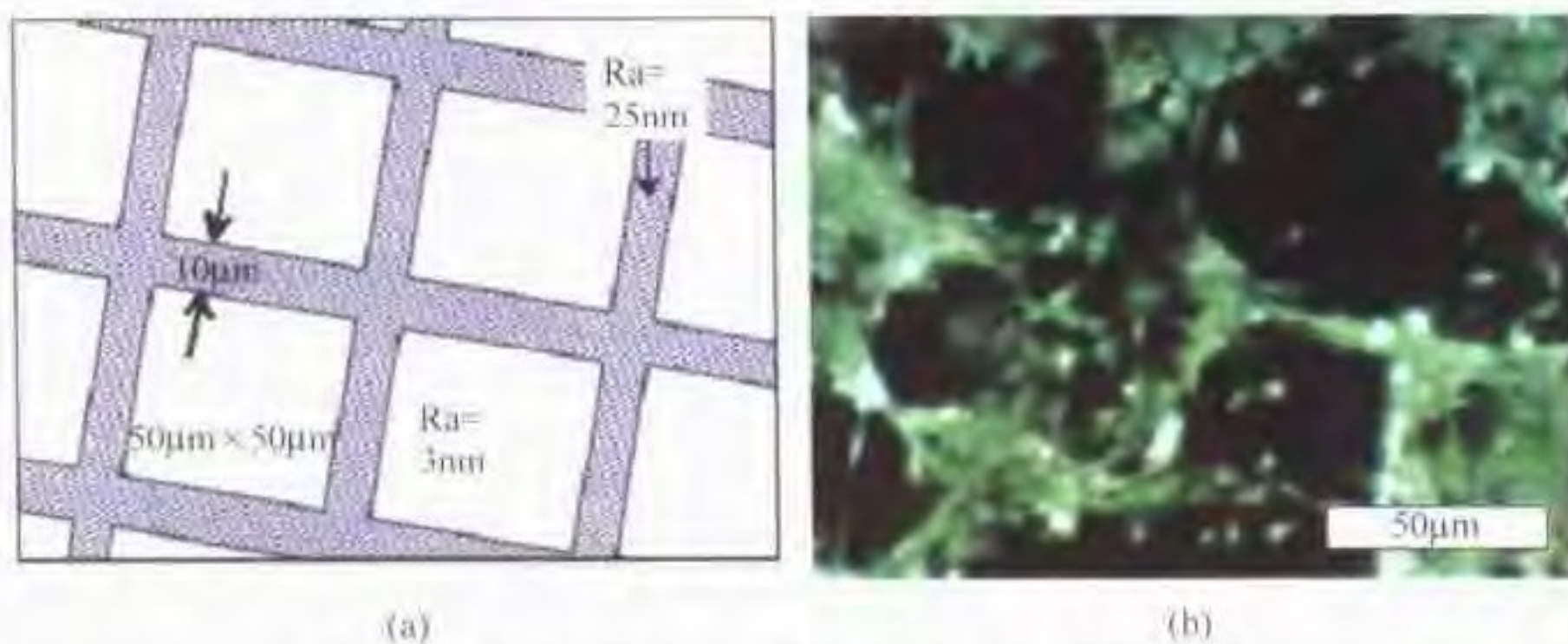
(对应内容见6.7.5节)



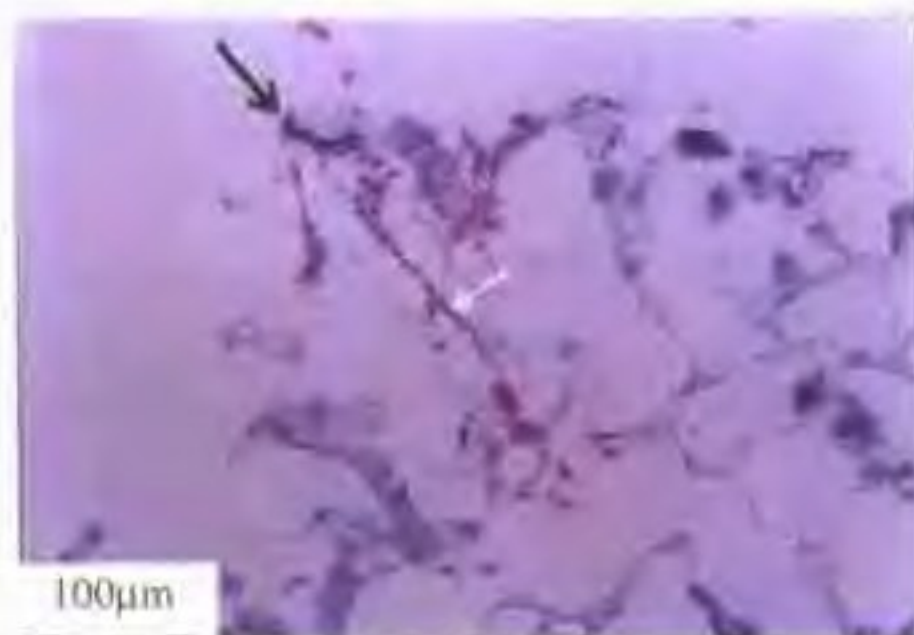
彩图3 兔腰椎横突间融合的动物模型
(对应内容见6.7.5节)



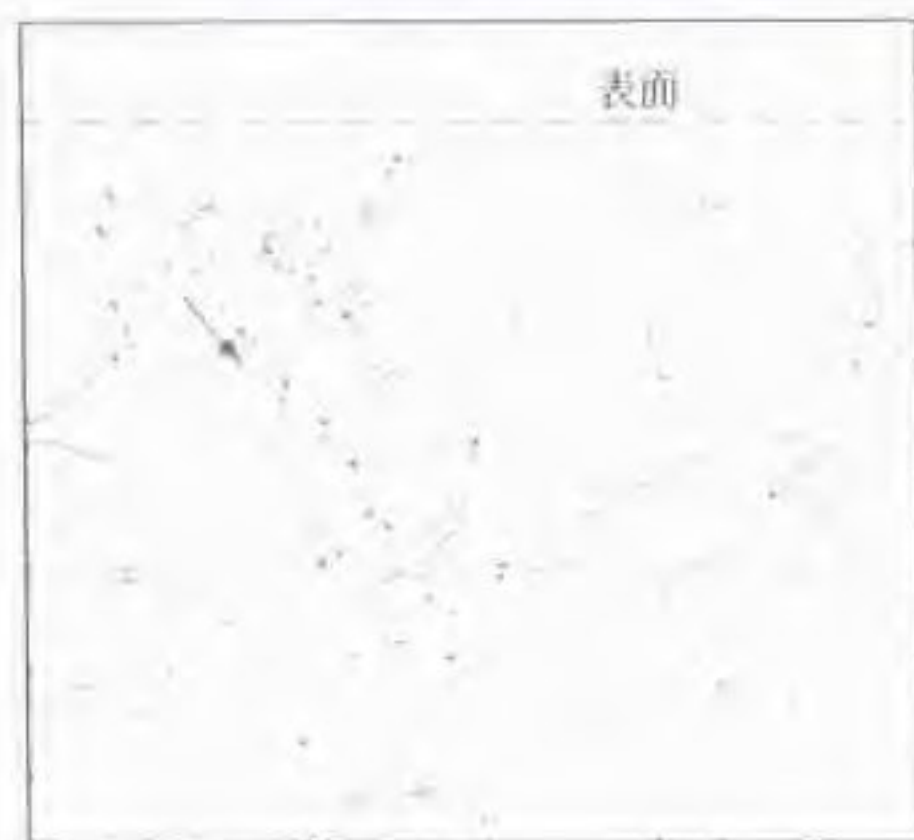
彩图4 野生斑马鱼(*wt*)和具有骨骼突变的斑马鱼突变体(*stp*)的形貌对比
(对应内容见6.9.3节)



彩图5 神经细胞在不同粗糙度的硅片上的生长状况
(a)图案尺寸: (b)细胞生长状况, 标尺表示 $50\mu\text{m}$
(对应内容见 7.2.3 节)

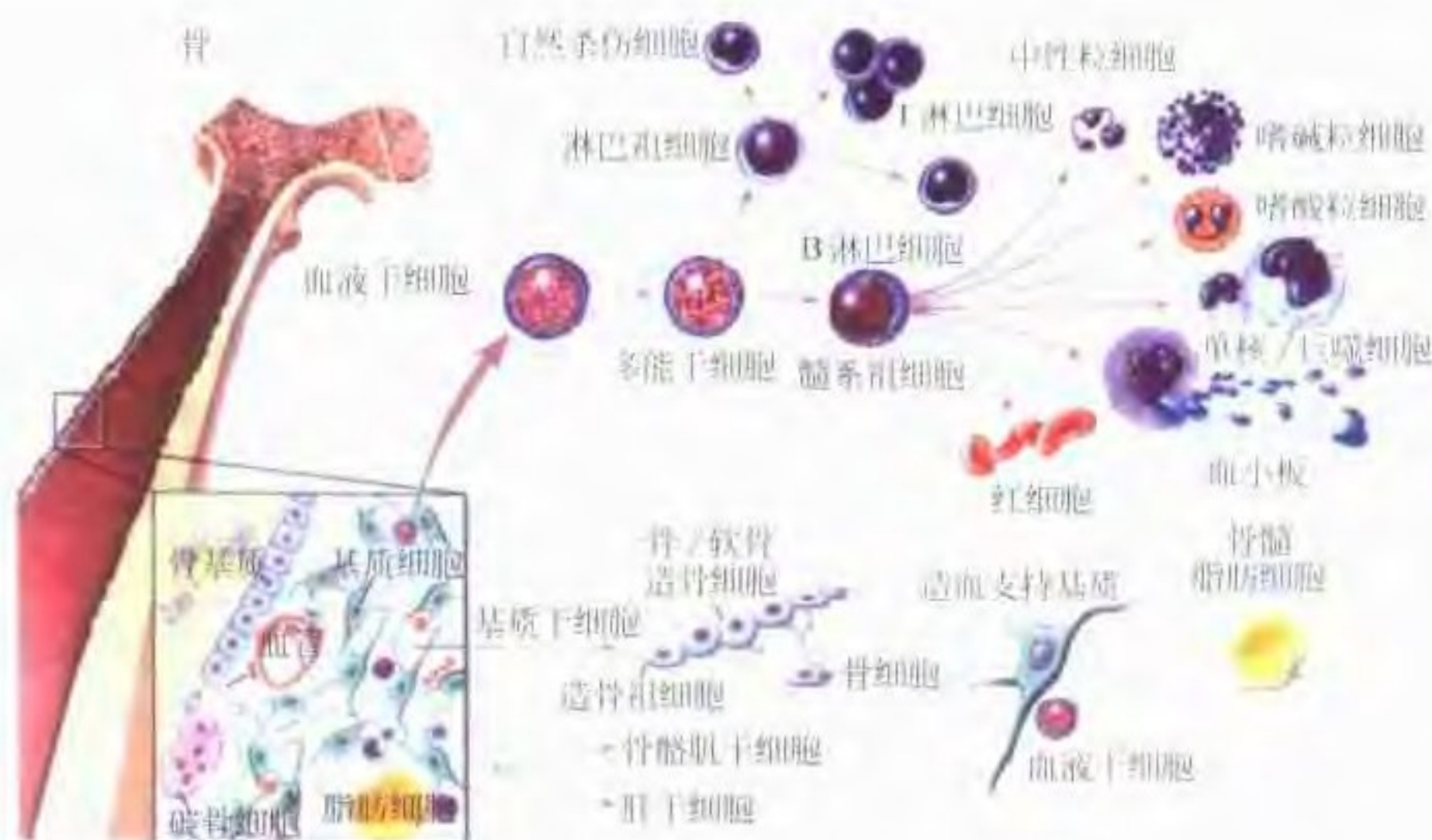


(a)



(b)

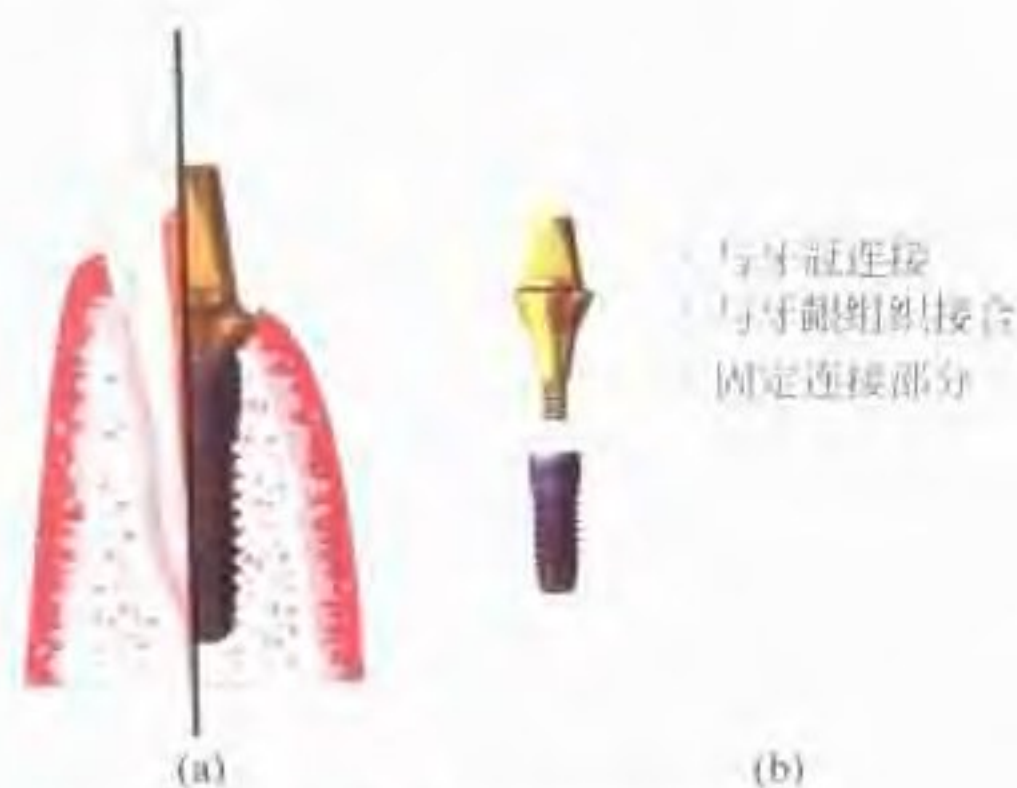
彩图6 成骨细胞向多孔的胶原基纳米晶磷酸钙材料内部爬行
(a)为照片: (b)为示意图
(对应内容见 7.3 节)



彩图7 造血干细胞及其后代

(造血干细胞通常分裂得并不很频繁。由它分裂产生的特化的细胞随后进一步分裂产生循环系统中各种成熟的血细胞类型。在体内许多组织中可看到的巨噬细胞、能消化骨基质的破骨细胞以及未在此图中画出的另外一些组织类型的细胞出自同一来源)

(对应内容见7.4节)



彩图8 牙种植体

(a) 左半部是正常牙的结构，右半部是牙种植体植入后的结构；

(b) 牙种植体的两个钛制部件：上部的零件表面镀TiN，基台上连接陶瓷牙冠
(韩国Dentium公司提供产品图片，对应内容见8.1节)

第 2 版前言

自 1996 年《生物材料学》出版以来,经过 1997 年的重印,该书已在 1999 年脱销。这是当初出版此书时没有预料到的。除了清华大学生物材料课程用此书作为教材外,其他至少 3 所大学的生物材料课程亦以此书作为教材。为了满足读者的需求,也考虑到 1996 年以后,生物材料领域已经有了显著的进展,我们对原书内容做了较大的改进,章节也作了新的编排,并在每章内容后边配备了若干思考题。

改动较大的是生物矿化的内容和增加了介绍生物材料与单细胞相互作用过程的内容,以及第 8 章中宿主反应的内容。

本书第 1,2,7,8 章由崔福斋撰写,第 3~6 章由冯庆玲撰写。全书内容的审核和定稿由两人共同完成。希望本书的出版能够对进一步改进生物材料学的教学、满足相关领域科研工作者的需要及提高我国在这一领域的研究水平发挥积极的作用。

作 者

于北京清华国

第 1 版序

我的两位同事崔福斋、冯庆玲嘱我为本书写一序言。应该说,我看到这本书的手稿时是颇为吃惊的。没想到他们二位居然在繁忙的科研和教学中抽出时间下了这么大的功夫完成了这一著作,其勤奋和勇敢的精神令我敬佩。

生物材料,特别是天然生物材料的研究,近些年来在国际材料界形成了一个特别值得注意的热潮。人们越来越认识到,从材料科学的角度看来,天然生物材料学是一个正待发掘的丰富宝藏。从该书的内容可见,不论是微观结构或是形成过程,天然生物材料都和我们一般所了解的人工材料很不一样。只要稍微深究一下就能感觉到其中蕴藏着不少奥秘。材料研究者肯定能够从对天然生物材料的研究中学习到有价值的东西。这是一个新的交叉领域,富有挑战性,也充满了机会。清华大学生物材料研究组自 1987 年起逐步投入这一领域并开展了一系列相关研究。当然,时间不长,其认识和积累都是很有限的。

在进行生物材料的研究中,不少原来从事材料科学工作的人遇到的困难之一就是要去熟悉一些必要的生物学知识,包括生物化学。我想,这本书多少在这方面代表着两位作者的学习心得,我愿意将此书推荐给读者们,以帮助读者较快地进入这一领域。

生物材料的知识浩如烟海,至今人们对天然生物材料的认识还只是初步的,因此要写出一本系统的较完整的书当然是很难的。我认为本书作者最重要的贡献就是他们做了这一尝试,并基本上反映出该学科的主要内容。应该说,这第一步是难能可贵的。

中国工程院院士

第1版前言

本书是作者从事生物材料科研和在清华大学讲授生物材料课程的总结。我们的目的是提供关于生物材料研究的基本知识,并试图对生物材料领域中的新发现和新进展进行评价。

全书围绕天然生物材料的性能及关于分级结构的关系、人体植入材料的生物相容性、学习生物过程合成材料和生长组织的方法这几个主题进行论述。其基本内容包括天然生物材料的组成单元(蛋白、多糖、生物矿物),分级结构和组装原理,细胞调制生长、复合过程,生物相容性,仿生材料与组织工程材料。

长期以来,相对于传统材料如金属、陶瓷、高分子聚合物而言,人类对天然生物材料的理解是颇为肤浅的。近年来,材料学、生物学、化学和医学等专家的协作研究,已经使这种状况大为改观,若于生物材料的结构在分子水平和晶体学水平上日益为人们所理解。生物材料的一个令人鼓舞的方面就是它与医学之间日益增多的相互影响。人们已经用生物材料制作除大脑以外的几乎所有组织和器官用于医疗,当然其使用寿命和质量都亟待改善。目前,在富有挑战性的仿生、智能材料及组织工程材料的研究方向上,人们都在进行着探索并由此丰富了生物材料的教学内容。

本书第1,2,6,7章由崔福斋撰写,第3~5章由冯庆玲撰写。在撰写过程中,作者注意尽可能反映国内外生物材料学的新研究成果,特别是注意我国学者在学术上的贡献和创新。在本书撰写过程中,李恒德、冯新德、王夔、何炳林、赵南明、邱贵兴、李世普、张兴栋、杨子彬、胡蕴玉、顾汉卿、柴本甫、徐恒昌、邵子厚等提供了有关书籍、论文及成果介绍,清华大学生物材料研究组的研究生也对本书提出了不少宝贵意见,张效忠审阅了全书,谨在此一并表示感谢。由于作者水平有限,本书难免存在缺点和错误,敬请专家和读者不吝指正。

作者

目 录

第 2 版前言	I
第 1 版序	III
第 1 版前言	IV
 第 1 章 绪论	1
1.1 生物材料学的发展	1
1.2 生物材料学的范围	2
1.3 天然生物材料的特性	4
1.3.1 天然生物材料的成分	4
1.3.2 原子、分子间作用力	5
1.3.3 天然生物材料的结构特征——分级与自组装复合	6
1.3.4 天然生物材料的活性	7
1.4 材料的生物性能	7
1.5 生物医用材料的研究和发展	8
1.5.1 毒理学	9
1.5.2 生物相容性	10
1.5.3 炎症反应	10
1.5.4 解剖学位点	10
1.5.5 材料的机械强度与功效	10
1.5.6 生物材料产品的市场规模	11
1.5.7 伦理道德因素	11
1.5.8 相关法规	11
参考文献	12
思考题	12

第 2 章 结构蛋白质	13
2.1 蛋白质	13
2.1.1 氨基酸序列——一级结构	14
2.1.2 构象——二级结构	15
2.1.3 蛋白质生物合成	18
2.2 结构蛋白质	24
2.2.1 胶原	25
2.2.2 丝心蛋白	33
2.2.3 角蛋白	37
2.2.4 弹性蛋白	38
2.2.5 肌肉收缩蛋白	41
2.2.6 整联蛋白	45
2.3 结构蛋白组装三定律	48
参考文献	49
思考题	49
第 3 章 结构多糖与生物软组织	51
3.1 糖	51
3.1.1 生物纤维	54
3.1.2 固溶胶	58
3.1.3 透明质酸	59
3.1.4 肝素	60
3.2 蛋白质与多糖的混合	61
3.2.1 蛋白聚糖	61
3.2.2 糖蛋白	64
3.2.3 蛋白质与多糖的相互作用	66
3.3 黏液	68
3.4 柔性基质	68
3.5 海葵的骨架	70
3.6 雌性蝗虫的节间膜	72
3.7 皮肤	72
3.8 应力-应变性质	74
3.9 泊松比	75
3.10 断裂	76

3.11 水产生的刚化	78
参考文献	79
思考题	80
第 4 章 生物复合纤维	81
4.1 生物复合纤维实例与机理	81
4.1.1 蝗虫腿	81
4.1.2 草叶	85
4.1.3 角	86
4.2 硬度与脆性	87
4.3 基体硬化	88
4.4 叠层复合——改善韧性	89
4.5 加入填充剂的生物复合纤维	91
4.6 胞状材料	92
4.6.1 木材	93
4.6.2 其他植物结构	95
4.7 “材料”与“结构”的区别	95
参考文献	96
思考题	96
第 5 章 生物矿物	97
5.1 生物矿物的种类与功能	98
5.1.1 碳酸钙	98
5.1.2 磷酸钙	99
5.1.3 氧化铁与硫化铁	100
5.1.4 硅石类	101
5.2 矿化生物材料的成分	102
5.3 天然生物矿物	102
5.3.1 贝壳与珍珠	103
5.3.2 骨	112
5.3.3 牙	127
5.3.4 象牙	131
5.3.5 蛋壳	133
5.3.6 棘皮动物	134

参考文献	135
思考题	138
第 6 章 生物矿化机理	140
6.1 生物矿化的一般原理	140
6.2 生物矿物的晶体化学特性	141
6.2.1 矿化位置	143
6.2.2 生物矿物形成空间	143
6.3 纳米空间的固体化学	147
6.3.1 铁蛋白	147
6.3.2 磷脂囊	149
6.4 自组装	151
6.4.1 原生动物中硅的自组装	151
6.4.2 藻类中的方解石晶体组装	153
6.4.3 采用自组装技术制备介孔材料	154
6.5 晶体的形貌与表面	155
6.6 有机基质调制形核	158
6.6.1 分子识别	160
6.6.2 分子互补	162
6.6.3 单层有机分子膜上的结晶控制	164
6.7 蛋白质在生物矿化中的功能	168
6.7.1 蛋白质调制矿化的一般规律	168
6.7.2 贻贝壳中提取蛋白质调制 CaCO_3 晶体的生长	171
6.7.3 胶原蛋白调制碳酸钙晶体的形貌	172
6.7.4 胶原/钙磷盐体系体外矿化模拟	175
6.7.5 仿生制备与天然骨类似的骨替换材料	176
6.8 细胞在生物矿化中的作用	177
6.9 生物矿化与基因	179
6.9.1 矿化蛋白的基因克隆	179
6.9.2 矿化蛋白基因研究的意义	180
6.9.3 基因水平上探讨骨的矿化控制机制	181
6.10 展望	183
参考文献	184
思考题	187

第 7 章 单细胞过程	188
7.1 单细胞过程涉及的主要内容	188
7.2 细胞黏附	189
7.2.1 细胞膜	189
7.2.2 细胞外基质	190
7.2.3 细胞在材料上的黏附	192
7.3 细胞迁移	196
7.4 细胞繁殖	200
7.5 生长因子和生长抑素的调节	203
7.6 单细胞过程的复合	207
参考文献	207
思考题	208
第 8 章 生物相容性	209
8.1 生物医用材料的分类	210
8.1.1 生物医用金属材料	212
8.1.2 生物医用高分子材料	214
8.1.3 生物陶瓷	216
8.1.4 生物医用复合材料	217
8.1.5 生物衍生材料	218
8.2 生物学环境	219
8.2.1 内部环境与外部环境的比较	219
8.2.2 定义生物环境中存在的问题	220
8.2.3 生物环境要素	221
8.2.4 植人物寿命期	225
8.2.5 植入前预处理的影响	226
8.3 材料在生物体内的反应	227
8.3.1 膨胀与浸析	227
8.3.2 腐蚀与溶解	234
8.3.3 生物分子与材料表面的反应	243
8.3.4 高分子材料的水解与降解	251
8.4 宿主反应	252
8.4.1 伤口愈合过程	253

生物材料学

8.4.2	免疫反应与补体系统·····	261
8.4.3	全身反应·····	277
8.4.4	血液相容性·····	281
8.4.5	材料与肿瘤的产生·····	289
8.4.6	植入感染·····	294
参考文献·····		299
思考题·····		300