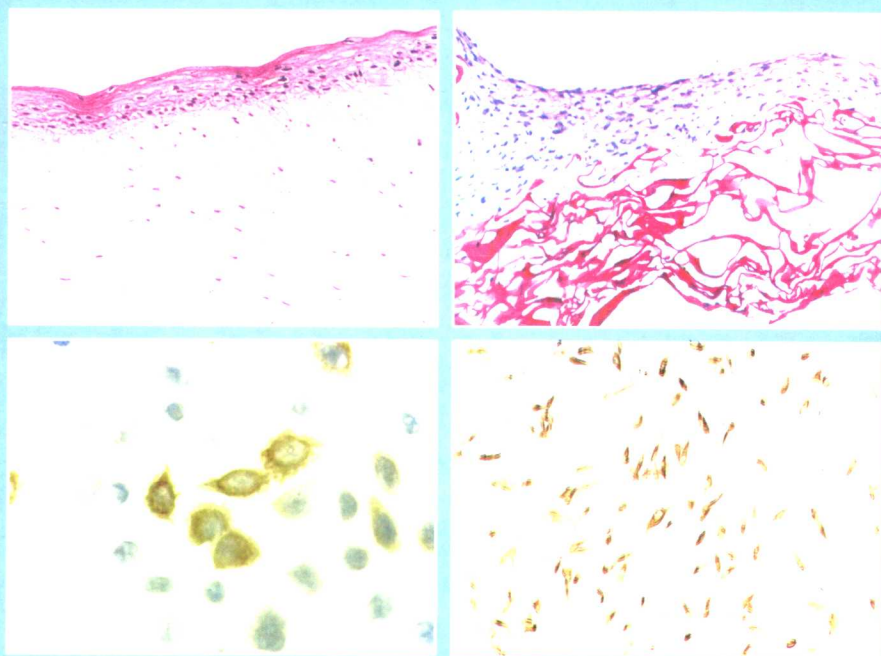


Principles and Protocols of
Tissue Engineering

组织工程学

原理与技术

◆ 金 岩 主编



 第四军医大学出版社

组织工程学原理与技术

主 编 金 岩
编 者 (以姓氏笔画为序)

王亦菁	王新文	邓天政	邓志宏
邓蔓菁	卢 涛	包柳郁	刘 源
刘 鹏	刘 鹏*	刘晓亮	杨 锐
轩 昆	何大为	宋绍华	张光东
张建平	张勇杰	金 岩	金 钊
周泽渊	赵 宇	胡世颀	姜 明
贺慧霞	柴 枫	聂 鑫	黄 沙
曹 强	崔永红	温 宁	董 蕊

学术秘书 王新文

第四军医大学出版社

内 容 提 要

本书全面深入地介绍了组织工程学的基本内容、基本技术和最新进展。全书分 2 篇,共 31 章。第一篇包括 16 章内容,重点介绍了组织工程学相关的概念、发展、研究内容和基本的技术要求,尤其是对组织工程学研究的基本问题,如种子细胞、生物材料、组织器官重组、培养和应用等内容进行了较详细的阐述;此外还重点介绍了皮肤、外周神经、骨与软骨、肌肉、牙体牙周组织等的组织工程研究方法和进展。第二篇包括 15 章,较详细介绍了与组织工程研究密切相关的细胞和组织器官的培养方法,包括最基本的培养技术和要求,以及大规模细胞培养等技术。本书可作为相关专业本科生、研究生与科研人员的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

组织工程学原理与技术/金岩主编. —西安:第四军医大学出版社,2004.5
ISBN 7-81086-093-3

I.组… II.金… III.人体组织学-研究 IV.R329

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 035506 号

组织工程学原理与技术

主 编 金 岩
责任编辑 徐文丽 刘正国
出版发行 第四军医大学出版社
地 址 西安市长乐西路 17 号(邮编:710032)
电 话 029-83376765
传 真 029-83376764
网 址 <http://press.fmmu.sn.cn>
印 刷 陕西宝石兰印务有限责任公司
版 次 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷
开 本 880×1230 1/16
印 张 21.5
字 数 600 千字
书 号 ISBN 7-81086-093-3/R·66
定 价 38.00 元
(版权所有 盗版必究)

前 言

组织工程学是一门应用工程学与生命科学相结合的边缘学科，是材料学、工程学和生命科学共同发展并相互融合的产物，是组织培养、材料科学和移植术领域进展的必然结果，是研究开发能够修复、维持或改善损伤组织功能的生物替代物的一门学科。其核心是应用工程学的原理与方法和生命科学相结合，发展能恢复、保持或改善功能的生物替代品。

人的各种组织器官都有可能发生异常或损伤，目前主要依靠脏器的移植恢复其功能。然而遗憾的是，脏器移植面临的最大难题是能够提供的脏器“绝对缺乏”以及所提供脏器的安全性得不到保障。“组织工程”是在 20 世纪 80 年代提出来的，其后的 10 多年时间里有了很大的发展，其研究范围也更加广泛。其研究的主要内容是将细胞、合成材料或处理过的天然材料以及组织、细胞因子和基因治疗广泛地应用于体内的组织再生或体外的组织构建。另外，有学者将细胞治疗和组织移植也归入组织工程的范畴。

随着组织工程研究的进展，无论是相关的基础研究、技术开发，还是产业化，都需要大量的具有参加组织工程研发能力的人员，为此，需要加快研究生培养，同时大量培训相关的技术人员。然而，目前国内此类教材或书籍较少，不能满足教学和技术培训的需要。正是基于此现状，我们组织编写了本书。

本书编写过程中参阅了国内外已出版的相关专著和其他文献，尤其是杨志明教授主编的《组织工程基础与临床》（成都：四川科学技术出版社，2000）和《现代生物技术丛书：组织工程》（北京：化学工业出版社，2002），在此表示衷心感谢。在此基础上，结合近年来组织工程学及其相关技术的研究进展，较全面和深入地介绍了组织工程学的基本内容、基本技术和新的进展。在部分章节中，还总结了一些我们自己开展的相关研究工作进展。

全书分两篇，共 31 章。第一篇包括 16 章内容，重点介绍了组织工程学相关的概念、研究内容、基本的技术要求和研究进展，尤其是对组织工程学研究的基本问题，如种子细胞、生物材料、组织器官重组、培养和应用等内容进行了较详细的阐述；此外还重点介绍了皮肤、外周神经、骨与软骨、肌肉、牙体牙周组织的组织工程研究方法和进展。第二篇包括 15 章，详细介绍了与组织工程研究密切相关的细胞和组织器官的培养方法，包括最基本的培养技术和要求以及大规模细胞培养等技术。

在撰写过程中，我们尽可能将全面的知识和最新的内容编写入书中，但由于组织工程学是一个综合性的学科，有关方面的进展也非常迅速，加之编者水平有限及时间紧张，因而本书难免有错误和遗漏之处，恳请读者不吝指正，以利今后的修订再版。

金 岩

2004 年 5 月于西安

目 录

第一篇 组织工程学

第一章 组织工程学研究概况	(3)
第一节 组织工程学的概念与发展	(3)
一、组织工程学的发展	(3)
二、组织工程学的基本概念	(3)
三、组织工程学的基本原理	(4)
第二节 组织工程学的研究内容	(4)
一、种子细胞与干细胞在组织工程研究中的应用前景	(4)
二、生物支架材料是组织工程研究的关键	(5)
第三节 组织工程学的研究概况	(6)
一、组织工程化皮肤的研究	(6)
二、组织工程化外周神经的研究	(7)
三、组织工程化软骨的研究	(8)
四、组织工程化骨的研究	(9)
五、组织工程化肌腱的研究	(10)
六、组织工程化牙体、牙髓的研究	(10)
七、组织工程化牙周组织的研究	(11)
八、组织工程化心脏瓣膜的研究	(11)
九、泌尿系统的组织工程研究	(11)
十、其它领域的组织工程研究	(12)
第四节 组织工程学研究展望	(12)
一、组织工程领域当前急待解决的关键技术问题	(12)
二、组织工程研发与产业化	(15)
三、组织工程学研究与经济的关系	(15)
第二章 组织工程支架材料	(18)
第一节 组织工程常用支架材料	(18)
一、支架材料的种类	(18)
二、材料的宏观和微观结构	(20)
三、材料的机械性能和可加工性	(20)
第二节 材料的处理和支架的构建	(21)
一、纤维材料的粘结或编织	(21)
二、纤维粘结技术	(21)

三、相分离技术	(21)
四、成孔剂析出法	(21)
五、层压法	(21)
六、熔融铸型法	(21)
七、聚合物/陶瓷颗粒复合法	(21)
八、高压处理法	(21)
第三节 快速成形技术	(22)
一、片层添加法	(22)
二、光敏液相法	(22)
三、选区激光烧结	(22)
四、选区粘结法	(22)
五、选区挤塑法	(22)
六、固基光敏法	(23)
第三章 用于组织工程研究的种子细胞	(24)
第一节 同种自体、同种异体和异种细胞	(24)
第二节 干细胞的研究及其在组织工程中的应用	(25)
一、干细胞生物工程	(25)
二、几种重要的干细胞	(26)
三、干细胞在组织工程中的应用	(28)
四、干细胞研究的挑战与机遇	(28)
五、发展方向	(29)
第三节 细胞永生化及其在组织工程研究中的应用	(30)
一、正常细胞的体外培养过程	(30)
二、人类细胞永生化	(30)
三、永生化细胞在组织工程中的应用	(33)
第四章 间充质干细胞的研究及其在组织工程中的应用	(36)
第一节 骨髓间充质干细胞的研究	(36)
一、骨髓间充质干细胞的研究进展	(36)
二、骨髓间充质干细胞在组织工程中的应用	(38)
第二节 神经嵴源性干细胞的研究	(41)
一、关于神经嵴的发育与迁移	(41)
二、神经嵴细胞的迁移及分化的调控因素	(41)
三、神经嵴干细胞的多向分化	(42)
四、神经嵴干细胞的培养	(45)
第三节 外胚间充质干细胞的研究	(46)
一、外胚间充质的概念	(46)
二、外胚间充质干细胞多向分化的调控因子及机制	(48)
第五章 组织工程产品的血管化	(51)
第一节 新血管的形成	(51)
第二节 促血管生成因子	(52)
一、血管内皮细胞生长因子	(52)

二、成纤维细胞生长因子	(53)
三、肝细胞生长因子	(53)
四、其它非直接促血管新生因子	(53)
第三节 组织工程产品的血管化	(54)
第四节 结论及展望	(55)
第六章 器官移植的免疫指标与组织工程产品移植的免疫排斥反应	(57)
第一节 移植免疫排斥反应机制	(57)
一、同种异体器官移植免疫排斥原理	(57)
二、同种异体器官移植免疫排斥的细胞机制	(57)
三、细胞因子与同种异体器官移植免疫排斥	(58)
第二节 常用移植免疫排斥反应指标	(60)
一、超急性排斥反应	(60)
二、加速性排斥反应	(60)
三、急性排斥反应	(61)
四、慢性排斥反应	(61)
第三节 组织工程产品的移植排斥反应	(61)
第七章 皮肤组织学与创伤愈合	(63)
第一节 皮肤的组织学结构与发生	(63)
一、皮肤的组织结构	(63)
二、皮肤的发生	(67)
第二节 创伤愈合	(68)
一、创伤愈合过程	(68)
二、创伤愈合的细胞外基质调控	(70)
三、生长因子在创面愈合中的作用	(71)
四、总结及展望	(72)
第三节 表皮干细胞	(73)
一、表皮干细胞的分布	(73)
二、表皮干细胞的特点	(73)
三、表皮干细胞的鉴定和功能性分析	(74)
四、表皮干细胞的调控	(75)
第八章 组织工程化皮肤的研究	(79)
第一节 组织工程皮肤产品的设计原则	(79)
一、组织工程皮肤的要求	(79)
二、人皮肤组织工程的原则	(80)
第二节 组织工程化皮肤的研究与应用	(82)
一、人工皮片	(82)
二、组织工程化真皮	(82)
三、组织工程化全层皮肤	(84)
四、组织工程化毛囊	(85)
五、表皮干细胞在组织工程中的应用	(85)
六、组织工程皮肤存在的问题及展望	(86)

第九章 组织工程化皮肤的临床应用	(88)
第一节 组织工程皮肤的临床应用要求	(88)
一、手术要求	(88)
二、护理要求	(89)
三、组织工程皮肤治疗后评估	(89)
第二节 组织工程皮肤在皮肤病治疗方面的应用	(90)
一、在治疗皮肤慢性溃疡方面的应用	(90)
二、在治疗外科手术后的缺损方面的应用	(90)
三、在治疗大疱性表皮松解症方面的应用	(91)
四、组织工程技术治疗白癜风	(91)
五、组织工程皮肤治疗皮肤病的展望	(93)
第十章 组织工程化骨及软骨的研究	(96)
第一节 骨组织学	(96)
一、骨组织结构	(96)
二、骨的血液供应	(97)
三、骨组织细胞成分	(97)
四、骨基质	(98)
五、骨的改建	(99)
六、各种生长因子	(99)
第二节 骨组织工程的研究现状	(100)
一、骨组织工程的支架材料	(101)
二、种子细胞的研究	(101)
三、组织工程化人工骨修复骨缺损的研究	(101)
四、骨组织工程研究中有待解决的问题	(102)
五、组织工程化人工骨的临床应用前景	(102)
第三节 软骨组织学	(102)
一、关节软骨的结构	(103)
二、关节软骨的细胞	(103)
三、胶原蛋白	(103)
四、蛋白多糖与组织液	(104)
五、关节软骨的生物力学	(104)
第四节 软骨组织工程	(106)
一、软骨细胞体外培养	(106)
二、软骨组织工程的发展	(107)
三、组织工程化软骨的细胞行为	(107)
四、软骨细胞与支架材料的优化组合	(108)
五、软骨组织工程的支架材料	(109)
六、软骨形成的生长因子	(111)
七、组织工程化软骨的临床应用	(112)
八、用于成形支架的软骨组织工程	(114)
第五节 可注射性组织工程骨与软骨	(114)
一、可注射性组织工程骨(软骨)的细胞外支架材料	(115)

二、可注射性组织工程骨(软骨)修复骨缺损的研究	(117)
三、可注射性组织工程骨(软骨)研究中有待解决的问题	(118)
第十一章 组织工程化神经的研究	(120)
第一节 周围神经解剖结构特点	(120)
一、神经纤维	(120)
二、施万细胞	(120)
三、神经包膜	(120)
第二节 周围神经损伤的再生机制	(121)
一、周围神经损伤后的病理生理改变	(121)
二、神经纤维的再生	(121)
三、神经元的保护与神经再生	(121)
第三节 施万细胞在神经再生中的作用	(122)
一、施万细胞与再生过程中轴突的相互作用	(122)
二、施万细胞在周围神经再生中的作用	(123)
三、施万细胞的体外培养	(124)
四、施万细胞的免疫反应	(125)
第四节 周围神经缺损的修复材料	(125)
一、神经组织移植	(125)
二、非神经组织移植	(126)
三、合成材料	(126)
第五节 周围神经组织工程进展	(127)
第十二章 组织工程化眼角膜的研究	(130)
第一节 角膜及角膜缘的组织学	(130)
一、角膜的组织学结构	(130)
二、角膜缘的组织学结构	(130)
第二节 角膜缘干细胞	(131)
一、角膜缘干细胞的生物学鉴定	(131)
二、角膜缘干细胞增殖、分化调节机制	(131)
三、角膜缘干细胞的移植	(133)
第十三章 组织工程化牙齿和牙周组织的研究	(136)
第一节 牙体组织学结构	(136)
一、釉质	(136)
二、牙本质	(136)
三、牙髓	(137)
四、牙骨质	(138)
第二节 牙周组织学结构	(138)
一、牙周膜	(138)
二、牙槽骨	(140)
三、牙龈	(141)
第三节 组织工程化牙齿与牙周组织的研究	(142)
一、组织工程化牙齿	(142)

二、组织工程化牙周膜	(143)
第四节 牙髓干细胞的研究	(144)
一、牙髓干细胞的定义	(145)
二、牙髓干细胞的分离和培养	(145)
三、牙髓干细胞的细胞表型	(145)
四、牙髓干细胞的定向诱导分化	(146)
第五节 牙髓干细胞在组织工程中的应用	(147)
一、形成牙髓-牙本质复合体的活性细胞	(147)
二、构建组织工程化牙髓-牙本质复合体的生物支架材料	(148)
三、诱导牙髓-牙本质形成的局部微环境	(149)
四、牙髓干细胞在组织工程化牙髓-牙本质复合体中的应用展望	(149)
五、牙髓干细胞在组织工程应用中面临的问题	(150)
第十四章 组织工程化肌与肌腱的研究	(152)
第一节 肌和肌腱的组织学结构	(152)
一、骨骼肌	(152)
二、心肌	(153)
三、平滑肌	(153)
四、肌腱	(153)
第二节 肌组织工程	(153)
一、实体组织有关的肌组织工程	(153)
二、管状组织的肌组织工程	(154)
三、肌细胞联合心肌细胞进行部分心肌细胞体外合成	(155)
四、组织工程化肌组织的调控	(155)
第三节 肌腱组织工程	(156)
第十五章 组织工程化血管的研究	(158)
第一节 血管的组织学结构	(158)
一、动脉	(158)
二、静脉	(159)
三、毛细血管	(160)
四、血管的营养来源和神经	(160)
五、血管壁的特殊感受器	(160)
六、血管壁的年龄变化	(160)
第二节 组织工程化血管的研究现状	(161)
一、生物血管	(161)
二、人工血管和复合血管	(161)
三、组织工程化血管	(162)
第三节 总结和展望	(166)
第十六章 组织工程化泌尿与消化系统的研究	(169)
第一节 泌尿系统及消化系统的结构及功能	(169)
一、泌尿系统	(169)
二、消化系统	(169)

第二节 肾功能替代的组织工程	(171)
一、生物活性人工血透仪	(171)
二、生物活性人工管道	(172)
三、植入式生物活性人工肾脏	(172)
第三节 肝脏组织工程	(172)
一、人工肝脏的研究进展	(172)
二、人工肝脏的应用	(174)
三、构建人工肝脏面临的问题	(175)
第四节 小肠及胰腺组织工程	(175)
一、小肠及胰腺外科的现状	(175)
二、组织工程肠的构建	(176)
三、组织工程胰腺的构建	(177)

第二篇 组织工程学相关技术

第十七章 培养概述	(181)
第一节 体外培养的基本原理与常用液体配制与消毒	(181)
一、体外培养的基本原理	(181)
二、体内细胞生存的其它条件	(183)
三、培养用液	(184)
四、细胞在体外生长的其他条件	(187)
第二节 组织细胞和器官培养的基本技术与常规操作	(189)
一、组织细胞培养基本操作技术和要求	(189)
二、原代培养技术	(191)
三、传代培养和细胞系的维持	(191)
四、器官培养技术的基本要点	(192)
第十八章 培养用器械清洗消毒与污染的判断预防	(195)
第一节 培养用器械的清洗	(195)
一、玻璃器皿的清洗	(195)
二、胶塞和塑料用品的清洗	(196)
三、清洗后物品的包装	(196)
第二节 培养用品的消毒和灭菌	(196)
一、物理方法	(197)
二、化学方法	(198)
第三节 培养物的污染及其判断	(199)
一、细菌的污染及其判断	(199)
二、真菌的污染及其判断	(199)
三、支原体的污染及其判断	(199)
四、病毒的污染及其判断	(201)
第四节 污染的预防和排除	(201)

一、污染的预防	(201)
二、污染的排除	(202)
第十九章 原代培养技术	(204)
第一节 原代培养的过程	(204)
一、取材及培养材料制备的准备工作	(204)
二、取材及制备培养材料的基本步骤	(204)
第二节 组织块培养法	(205)
一、物品准备	(205)
二、操作步骤	(205)
三、注意事项	(205)
第三节 消化培养法	(205)
一、物品准备	(205)
二、操作步骤	(205)
第四节 培养细胞的纯化	(206)
一、自然纯化	(206)
二、人工纯化	(206)
第二十章 细胞冻存、复苏与运输	(208)
第一节 细胞的冻存	(208)
一、培养物的冷冻保存与复苏原理	(208)
二、冷冻保存方法	(209)
第二节 冻存细胞的复苏	(210)
第三节 培养细胞的运输	(211)
一、冻存运输	(211)
二、充液运输	(211)
第二十一章 体外培养中细胞的常规观察方法	(213)
第一节 细胞培养的常规观察	(213)
一、培养基	(213)
二、培养细胞特征及其生长概况	(213)
三、细胞形态变化	(214)
四、细胞污染	(214)
第二节 培养细胞的观察方法	(214)
一、相差显微镜	(214)
二、利用相差显微镜观察培养细胞	(215)
三、活细胞的动态观察与缩时电影	(216)
第三节 培养细胞生长状况的观察及检测	(217)
一、细胞计数法	(217)
二、细胞生长曲线	(217)
第四节 培养细胞活力的检测	(218)
一、体外活体染色观察与活体染料	(218)
二、活细胞的染料排除检测法	(218)
三、TdR 掺入法	(219)

四、MTT 比色法	(219)
五、克隆(集落)形成试验	(220)
第五节 细胞形态学的观察	(221)
一、HE 染色法	(221)
二、培养细胞的免疫细胞化学染色技术	(222)
三、培养细胞的电镜检测技术	(223)
第二十二章 细胞大规模培养	(226)
第一节 细胞培养	(226)
一、细胞大规模培养方法	(226)
二、细胞大规模培养环境	(228)
第二节 生物反应器	(229)
一、生物反应器的培养方式	(230)
二、生物反应器的类型	(231)
第三节 细胞微载体培养技术	(234)
一、微载体细胞培养基础	(234)
二、微载体大规模细胞培养的生物反应器系统	(235)
三、应用微载体技术规模化培养组织工程种子细胞	(236)
四、展望	(237)
第二十三章 皮肤组织工程主要相关细胞的培养	(239)
第一节 包皮皮肤细胞的分离培养过程	(239)
一、用品	(239)
二、步骤	(239)
第二节 人脐带静脉内皮细胞的培养过程	(240)
一、用品	(240)
二、步骤	(240)
第三节 毛囊细胞的分离与培养	(240)
一、毛囊细胞的分离与培养	(240)
二、毛囊细胞的鉴定	(241)
第二十四章 神经源性细胞的培养与鉴定	(243)
第一节 神经细胞培养基	(243)
一、基础培养基	(243)
二、血清	(243)
三、无血清培养基	(244)
四、抗生素	(245)
五、抗有丝分裂剂	(245)
六、培养的保持	(245)
第二节 神经细胞培养	(246)
一、大鼠小脑皮质神经元的体外培养	(246)
二、大鼠星形胶质细胞的体外培养	(246)
三、大鼠施万细胞的体外培养	(247)

第二十五章 牙源性细胞的分离培养和鉴定	(251)
第一节 牙体牙髓及前体组织细胞的分离培养和鉴定	(251)
一、成釉细胞的体外培养	(251)
二、牙髓细胞的体外培养	(251)
三、成牙本质细胞的体外培养	(252)
四、成牙骨质细胞的体外培养	(252)
五、牙乳头细胞的体外培养	(253)
六、牙囊细胞的体外培养	(255)
第二节 牙周膜细胞的分离培养及鉴定	(256)
一、牙周膜细胞的体外培养	(257)
二、牙周膜成纤维细胞生物学特性	(257)
三、牙周膜细胞体外培养的生物学意义	(257)
第二十六章 骨与软骨源性细胞分离培养	(259)
第一节 成骨细胞的体外培养	(259)
一、骨内成骨细胞的培养	(259)
二、骨膜内成骨细胞的培养	(261)
第二节 破骨细胞的培养	(261)
一、成熟破骨细胞分离培养法	(262)
二、骨髓长时间培养诱导分化形成破骨细胞法	(263)
第三节 软骨细胞的培养	(264)
一、培养方法	(264)
二、软骨细胞鉴定	(264)
第四节 滑膜细胞的培养	(265)
一、滑膜植块培养法	(265)
二、分离滑膜细胞培养法	(265)
第二十七章 肌源性细胞的分离培养和鉴定	(267)
第一节 骨骼肌细胞分离与鉴定	(267)
一、分离骨骼肌前体细胞-卫星细胞或(和)成肌细胞	(267)
二、成肌细胞纯化	(267)
三、成肌细胞的培养基	(268)
四、体外成肌细胞的培养与鉴定	(268)
第二节 平滑肌细胞分离与鉴定	(268)
一、分离目的细胞	(268)
二、酶消化法	(269)
三、组织块贴附培养法	(269)
四、平滑肌细胞体外纯化	(269)
五、平滑肌细胞体外培养及与其他杂质细胞的鉴别	(269)
第三节 心肌细胞体外分离与鉴定	(270)
一、心肌细胞分离、纯化方法	(270)
二、心肌细胞体外培养鉴定	(271)

第二十八章 成体干细胞的分离与培养	(273)
第一节 概述	(273)
一、从组织块中分离干细胞	(273)
二、干细胞的培养	(274)
三、干细胞生物学性状的检测	(275)
第二节 骨髓间充质干细胞的分离培养及诱导分化	(277)
一、人骨髓间充质干细胞的分离培养	(277)
二、人骨髓间充质干细胞鉴定	(278)
第三节 表皮干细胞的分离和培养	(281)
一、皮肤标本准备	(281)
二、角朊细胞的分离	(281)
三、细胞外基质覆盖平皿的预备	(281)
四、滋养层细胞的制备	(281)
五、表皮干细胞的筛选	(281)
六、检测表皮干细胞的特征	(282)
七、表皮干细胞的培养	(282)
第四节 角膜缘干细胞的分离和培养	(282)
一、培养液的选择	(282)
二、消化培养法	(282)
第五节 牙髓干细胞的分离和培养	(283)
一、人牙髓干细胞体外培养方法	(283)
二、人牙髓干细胞的生物学特征及鉴定	(283)
第六节 外胚间充质干细胞的分离和培养	(284)
一、实验材料	(284)
二、培养方法	(284)
三、培养结果及鉴定	(284)
第二十九章 组织工程中动物模型的设计	(287)
第一节 皮肤损伤动物模型设计	(287)
一、设计皮肤损伤动物模型选择动物应遵循的原则	(287)
二、皮肤损伤模型常选用的动物	(288)
三、皮肤损伤动物模型的复制	(289)
四、组织工程皮肤移植手术步骤	(291)
第二节 心肌缺血动物模型和心肌梗塞动物模型的设计	(291)
一、冠状动脉结扎法	(291)
二、电刺激方法	(292)
第三节 帕金森病动物模型的设计	(292)
一、材料	(292)
二、方法	(292)
第三十章 组织工程相关蛋白质类物质的提纯	(294)
第一节 蛋白质的理化性质	(294)
一、蛋白质的胶体性质	(294)
二、蛋白质的等电点	(294)

三、蛋白质的变性	(295)
第二节 材料的选择与处理	(295)
一、原材料的选择方法	(295)
二、不同组织细胞的破碎方法	(296)
第三节 蛋白质提纯的基本步骤	(296)
第四节 蛋白质的初步纯化	(298)
一、蛋白质的沉淀	(299)
二、蛋白质的盐析技术	(300)
三、蛋白质溶液的透析和浓缩	(302)
第五节 蛋白质的浓缩和超滤	(303)
一、用火棉胶袋浓缩	(303)
二、用聚乙二醇浓缩	(303)
三、蛋白质的超滤	(303)
第六节 蛋白质的纯化	(304)
一、超离心法	(304)
二、层析法	(307)
三、电泳法	(312)
第三十一章 组织工程相关材料的冻干技术	(315)
第一节 冷冻干燥的原理	(315)
一、基本原理	(315)
二、冻干的基本程序	(316)
第二节 冻干机的组成	(316)
一、冻干箱	(317)
二、真空系统	(317)
三、加热系统	(317)
四、制冷系统	(318)
五、电气控制系统	(318)
第三节 冻干设备的选择	(318)
一、冻干机的性能选择	(318)
二、冻干产品的配方研究	(318)
第四节 材料共溶点及其测量方法	(319)
第五节 冻干步骤	(320)
一、第一阶段干燥	(321)
二、第二阶段干燥	(322)
三、影响干燥过程的因素	(323)
四、冻干曲线时序的制定	(325)
五、冻干的后处理	(326)

第一篇

组织工程学

