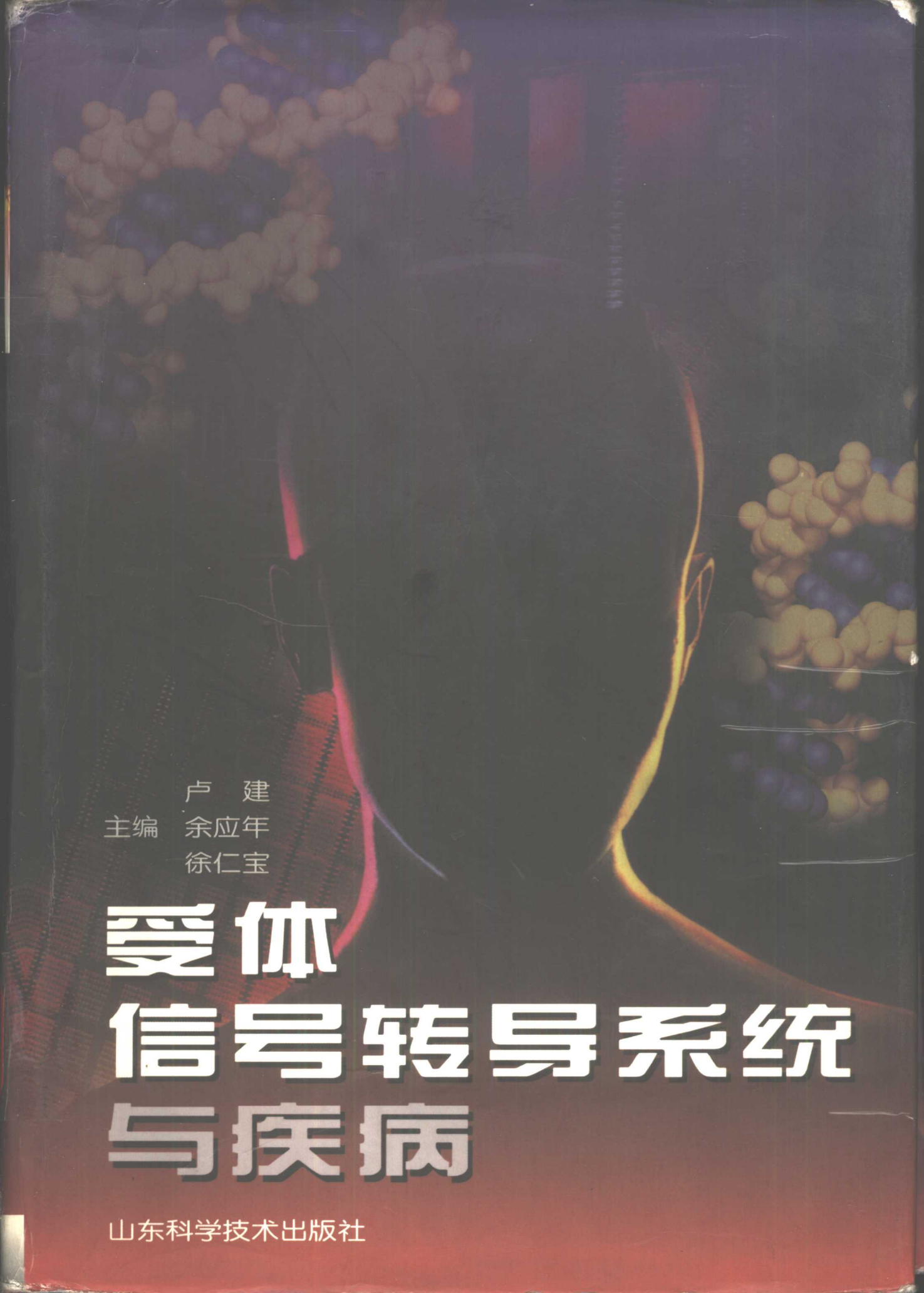




卢 建
主编 余应年
徐仁宝

受体 信号转导系统 与疾病

山东科学技术出版社

受体、信号转导系统与疾病

主编 卢 建 余应年 徐仁宝

山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

受体、信号传导系统与疾病/卢建等主编. — 济南:山东科学技术出版社,1999

ISBN 7-5331-2384-0

I. 受… II. 卢… III. 人体-信号系统:传递系统-影响-疾病 IV. R3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 15608 号

受体、信号转导系统与疾病

主编 卢建 余应年 徐仁宝

*

山东科学技术出版社出版

(济南市玉函路 16 号 邮编 250002)

山东科学技术出版社发行

(济南市玉函路 16 号 电话 2014651)

山东人民印刷厂印刷

*

787mm×1092mm 16 开本 43.5 印张 4 插页 967 千字

1999 年 9 月第 1 版 1999 年 9 月第 1 次印刷

印数:1-1000

ISBN 7-5331-2384-0

R·720 定价 95.00 元

山东省泰山科技专著出版基金会

名誉会长 赵志浩 宋木文 陆懋曾 伍杰

卢鸣谷 董凤基 宋法棠

会长 陈光林 石洪印

副会长 宋桂植 何宗贵 吕可英 车吉心
孙肇琨 王为珍(常务副会长)

秘书长 王为珍(兼)

副秘书长 尹兆长

理事 (以姓氏笔画为序)

王为珍 王凤起 尹兆长 刘韶明

李道生 李德泉 张传礼 陈刚

蒋玉凤

评审委员会 (以姓氏笔画为序)

王思敬 卢良恕 师昌绪 吴阶平

杨乐 何祚庥 汪成为 高景德

唐敖庆 蔡景峰 戴念慈

山东省泰山科技专著出版基金会

赞助单位

山东省财政厅

山东省出版总社

山东省科学技术委员会

山东科学技术出版社

山东泰山酿酒饮料集团总公司

董事长兼总经理 张传礼

山东金泰集团股份有限公司

董事长兼总裁 刘黎明

主 编 卢 建 余应年 徐仁宝

编 者 (按章节先后排序)

卢 建 第二军医大学基础部病理生理学教研室

徐仁宝 第二军医大学基础部病理生理学教研室

张幼怡 北京医科大学第三医院血管研究所

韩启德 北京医科大学第三医院血管研究所

陈 明 中国科学院上海生理研究所

李爱媛 中国科学院上海生理研究所

罗建红 浙江大学医学院病理生理学教研室和分子生物学实验室

刘明耀 加拿大多伦多大学总医院研究所

潘 真 第二军医大学海医系放射医学教研室

王红阳 第二军医大学东方肝胆医院生物信号传递研究中心

宋亮年 第二军医大学基础部病理生理学教研室

余应年 浙江大学医学院病理生理学教研室和分子生物学实验室

孙为民 第二军医大学基础部免疫学教研室

吴其夏 协和医科大学基础部病理生理学教研室

郑仲承 中国科学院上海生物化学研究所

我们的希望

进行现代化建设必须依靠科学技术。作为科学技术载体的专著,正肩负着这一伟大的历史使命。科技专著面向社会,广泛传播科学技术知识,培养专业人才,推动科学技术进步,对促进我国现代化建设具有重大意义。它所产生的巨大社会效益和潜在的经济效益是难以估量的。

基于这种使命感,自1988年起,山东科学技术出版社设“泰山科技专著出版基金”,成立科技专著评审委员会,在国内广泛征求科技专著,每年补贴出版一批经评选的科技著作。这一创举已在社会上引起了很大反响。

1992年,在山东省委、省政府的支持下,在原“泰山科技专著出版基金”的基础上,由山东省出版总社、山东省科学技术委员会和山东科学技术出版社共同成立了“山东省泰山科技专著出版基金会”,并得到企业界的热情赞助,为资助学术专著的出版提供了更加可靠的保证。

但是,设基金补助科技专著出版毕竟是一件新生事物,也是出版事业的一项改革。它不仅需要在实践中不断总结经验,逐步予以完善;同时,也更需要社会上有关方面的大力扶植,以及学术界和广大读者的热情支持。

我们希望,通过这一工作,高水平的科技专著能够及早问世,充分显示它们的价值,发挥科学技术作为生产力的作用,不断推动社会主义现代化建设的发展。愿基金会支持出版的著作如泰山一样,耸立于当代学术之林。

泰山科技专著评审委员会

1992年12月

序

近年来生命科学研究证实,细胞内存在着受体介导的多种细胞信号转导通路,这些通路之间存在着复杂的相互作用,形成了一个细胞信号转导的网络系统。这是当前生命科学研究中发展极为迅速的前沿领域之一。有关细胞信号转导系统的研究不仅有助于阐明激素、细胞生长因子、神经递质、药物、致癌物等的作用机制,揭示生命的奥秘,还将推动基础医学、临床医学、药学以及生物高技术产业的发展;在受体及信号转导理论基础上的新药设计和筛选,以及肿瘤的靶向治疗等的发展和应用,必将促进人类的健康事业。因此这又是一个有十分重要的具有应用前景的领域。

本书是作者们在多年科研和教学的基础上写成的,他们都是目前国内从事这一领域研究的著名专家和工作在第一线的、富有经验的科学工作者,以及留学国外的中国学者。本书系统地论述了受体介导的信号转导系统及信号转导机制。以及它们的生理及病理意义,反映了该领域中最新的研究现状和成就。书中还较详细地介绍了受体及信号转导方面的研究思路和新技术方法的原理。全书编排合理,图文并茂。可以说,它是国内第一部从基础到临床、从理论到方法全面系统介绍受体和信号转导机制的专著。国内目前还缺少一本专著来介绍受体及细胞信号转导方面的基本理论与最新进展。因此本书的出版,将可以弥补这方面的不足。相信它的问世必将在我国生物学、医学和药学等领域的应用中发挥重要的作用。

陈宜张

1998年7月

前言

当前生命科学研究中的一个中心问题是关于细胞代谢、生长、发育、适应、防御和凋亡等的调节机制,以及调控异常与疾病,特别是与一些重大疾病,如肿瘤、心血管病、糖尿病以及老年性痴呆等的关联。这些问题与生物信号分子所携带的信息在细胞内的传递有关。我们已经知道,细胞中存在着遗传信息传递系统,即由 DNA(基因)转录成 mRNA 再翻译成蛋白质过程所形成的信息流,控制着生物体生长发育和新陈代谢。此外,细胞中还存在一个调节细胞代谢、生长、增殖、凋亡和各种功能活动的信号转导系统,它们由能接收信号的特定的受体、受体后的信号转导途径及其作用的终端所组成。它们能够对各种胞外信号分子,如激素、神经递质、细胞因子以及药物等起反应,通过细胞内的信号转导过程,调节代谢酶、离子通道、转录因子等的活性,产生各种生物效应。不同的信号转导通路间具有相互的联系和作用,形成复杂的网络。了解信号转导系统的组成及信号转导的机制,对于深入认识生命过程和揭示生命的本质具有重要意义,同时由于信号转导的失控可导致多种疾病,因此有关信号转导过程的研究还有助于阐明疾病的发生和发展的机制,并为新药的设计和发展新的治疗方法提供思路,达到预防和治疗疾病的目的。可见作为一门新兴学科的受体和信号系统方面的知识,应该为医学、药学以及生物学专业人员和掌握。

1992 年我们编写了《受体的基础与临床》一书。此书出版后得到了同行的鼓励,在研究生教学中获得了学生的好评。6 年过去了,在此期间受体和细胞信号系统的研究进展迅速,已远远超出了受体的范畴,有了更深和更广的内涵,并日益显示出与基础医学和临床医学的密切关系。但这部分内容往往分散在不同的杂志中,令读者很难从总体上了解和把握。目前国内有越来越多的科技工作者和研究生正在从事或开始进入该领域的研究工作,他们急需了解这方面的基本知识和概念、最新的研究成果以及尚未解决的主要问题,以指导自己的研究工作,找到今后新的工作点。因此我们编写了《受体、信号转导系统与疾病》一书。

全书共有三十章,分为四篇,第一篇勾画了受体和信号转导系统的概貌,阐述了信号转导的机制、规律以及信号系统的研究内容和方法等。第二篇从信

号的上游、中游和下游三个层次,详细介绍了不同受体介导的信号转导通路的组成和信号的转导过程,以及它们的生理和病理意义,实际上是第一篇内容的扩展和延伸。第三篇从细胞角度,论述了细胞信号转导系统与神经细胞、免疫细胞、肌细胞、血小板和炎细胞等的功能及与生理和病理活动的关系。第四篇用较大的篇幅反映了细胞信号转导异常与多种疾病,特别是与肿瘤、心血管病、糖尿病等重大疾病的关系。因此本书是一本从理论到方法,从分子、细胞到整体,从基础到临床,系统全面介绍受体和细胞信号系统的专著,可作为医学、生物学、药学等专业研究生的教材,以及上述专业的学生、教师、科研人员和临床医生的参考书。

本书的主编和绝大多数编者都长期或在近年内参加了受体和细胞信号系统方面的教学和科研工作。部分编者曾在国外专门从事该领域的有关工作,有的目前仍在国外。可以说,本书是我们在多年研究生教学与各自科研工作的基础上,参考最新文献写成的。由于细胞信号转导系统是一门新兴的综合性很强的学科,该领域涉及面太广,进展又太快,在成稿之时所述及的问题有些还不清楚,有些尚无定论,而新的信号转导分子和通路还在不断被发现,因此书中涉及的很多内容和论点都还会不断地补充、修正和完善。由于参加本书编写的人员较多,每章具有相对的独立性,故不可避免地会有部分重复;而每位作者在写作时因看问题的角度不同,查阅的文献不同,对有些问题的提法可能有不一致之处,均请读者谅解。最后由于主编水平所限,本书的缺点错误在所难免,敬请读者指正,我们将不胜感激。

本书荣幸地获得了泰山科技出版基金的资助,在编写的过程中自始至终得到了山东科技出版社及该社卫生编辑室领导和同志们的支持,他们为本书的顺利出版作了宝贵的努力。郑忠承教授协助审阅了部分章节。宋亮年和潘真同志做了大量的画图工作,李忆东同志帮忙打印稿件,在此向他们致以诚挚的谢意。

卢 建 余应年 徐仁宝

1998年7月

目 录

第一篇 总 论

第一章 细胞信号转导系统概述	卢 建(1)
第一节 细胞信号的种类	(1)
一、化学信号	(1)
二、物理信号	(5)
三、生物大分子的结构信号	(5)
第二节 细胞间通讯的方式和类型	(6)
一、细胞的直接接触和粘合	(7)
二、细胞的连接	(7)
三、细胞的间接联系	(8)
第三节 细胞信号转导的过程	(8)
一、信号的跨膜转导	(9)
二、细胞内的信号转导通路	(10)
三、信号转导通路对效应器的调节	(12)
四、细胞信号转导的终止	(12)
第四节 信号转导的一般规律	(13)
一、信号转导的速率	(13)
二、信号的放大、抑制和拮抗	(13)
三、信号转导的正负反馈	(14)
四、信号转导通路的通用性和特异性	(14)
第五节 细胞信号转导系统的网络概念	(16)
一、信号的发散	(16)
二、信号的会聚和整合	(17)
三、信号转导通路间的相互协同	(17)
四、信号转导通路间的拮抗作用	(18)
第二章 信号系统研究的简史、方法和意义	卢 建(19)
第一节 受体及信号转导系统研究简史	(19)
一、受体的研究	(19)
二、细胞信号转导系统的研究	(19)
第二节 信号转导系统研究的内容和任务	(21)
第三节 信号转导系统研究的策略和方法	(22)

一、信号转导蛋白结构和功能的研究	(22)
二、信号转导蛋白之间相互作用的研究	(24)
三、对转基因小鼠模型的研究	(25)
四、对人体组织信号转导蛋白基因突变的研究	(27)
五、新的信号转导分子和信号通路的研究	(29)
第四节 信号转导系统研究的意义	(29)
一、细胞信号转导系统与生物学	(29)
二、细胞信号转导系统与医学	(29)
三、细胞信号转导系统与药学	(30)
四、细胞信号转导系统与生物高技术产业	(30)
五、细胞信号转导系统与其他领域的关系	(31)

第二篇 受体及信号转导系统

第三章 受体与配体的结合	徐仁宝 (34)
第一节 受体和配体的概念	(34)
一、受体的概念和分类	(34)
二、配体的概念	(38)
第二节 受体与配体结合的特征	(39)
一、受体与配体结合的化学键	(39)
二、受体与配体结合的特异性	(43)
第三节 受体与配体结合的动力学	(44)
一、结合的饱和曲线	(44)
二、受体结合的两个基本参数	(46)
第四章 受体研究的基本方法	张幼怡 韩启德 徐仁宝 (48)
第一节 药理学功能分析方法	(48)
一、受体功能分析中的基本概念	(48)
二、激动剂分析方法	(49)
三、拮抗剂分析方法	(51)
第二节 放射配体结合测定法	(53)
一、饱和实验与 Scatchard 分析	(53)
二、竞争抑制结合实验	(56)
三、一点分析法	(58)
第三节 免疫学方法	(58)
一、概述	(58)
二、抗体在受体的分离、纯化中的应用	(59)
三、抗体在受体的探测、定位、定量中的应用	(60)
四、抗体在受体分子克隆中的应用	(62)

五、抗体在粘附受体研究中的应用	(62)
第五章 膜受体概论	徐仁宝 (65)
第一节 膜受体的一般结构特征	(65)
一、质膜的结构和功能	(65)
二、膜受体的结构	(70)
第二节 膜受体的生物合成和组装	(74)
第三节 膜受体的分类	(77)
一、按功能分类	(77)
二、按细胞定位分类	(78)
第四节 膜受体的胞吞和再循环——受体介导性胞吞	(78)
一、概述	(78)
二、RME 的典型经过	(78)
三、RME 的非典型经过	(82)
四、生理意义	(82)
第五节 可溶性受体	(83)
一、定义和形成的机制	(83)
二、功能	(85)
三、临床意义	(86)
第六章 运货受体和导向信号受体	徐仁宝 (88)
第一节 细胞表面的运货受体	(88)
一、运铁蛋白受体	(88)
二、摄取细胞外脂蛋白的受体——低密度脂蛋白受体家族	(90)
三、清除化学修饰了的脂蛋白受体——清道夫受体家族	(96)
四、高级糖基化最终产物的受体	(98)
第二节 细胞内的导向信号受体	(100)
一、信号识别颗粒(SRP)受体	(101)
二、过氧化物酶体受体	(102)
三、M6P 受体和 SNAP 受体	(103)
四、ER 保留信号的受体	(105)
第七章 病原体受体和细菌毒素受体	徐仁宝 (109)
第一节 病原体受体	(109)
一、病原体与宿主细胞的粘附概述	(109)
二、细菌和宿主细胞粘附的分子机制	(110)
三、病毒受体	(119)
四、疟原虫受体	(122)
第二节 细菌毒素受体	(123)
一、细菌外毒素	(123)
二、细菌内毒素受体	(128)

第八章 部分膜受体介导的信号转导 卢 建	(131)
第一节 酪氨酸蛋白激酶型受体家族	(131)
一、PTK 型受体的组成	(132)
二、PTK 型受体的结构与功能	(133)
三、PTK 型受体介导的信号转导	(134)
四、受体的失活及与疾病的关系	(137)
第二节 细胞因子受体超家族	(137)
一、I 类细胞因子受体家族	(138)
二、II 类细胞因子受体家族	(140)
三、受体的寡聚化与激活	(141)
四、受体介导的跨膜信号转导机制	(141)
五、受体信号转导异常与疾病	(145)
第三节 淋巴细胞抗原受体和抑制性受体	(146)
一、淋巴细胞抗原受体	(146)
二、抑制性细胞表面受体	(147)
第四节 丝/苏氨酸蛋白激酶型受体家族	(148)
一、受体超家族的组成、结构与功能	(149)
二、受体介导的信号转导机制	(149)
三、TGF β 信号转导通路介导的部分作用	(152)
第五节 TNF 受体家族介导的信号转导	(153)
一、TNF 受体家族概述	(153)
二、参与 TNF 受体家族信号转导的接头蛋白	(156)
三、几种死亡受体介导的信号转导通路和功能	(157)
四、TNF 家族受体的负调节机制	(159)
第六节 鸟苷酸环化酶受体介导的信号转导	(160)
一、尿钠肽受体的配体	(160)
二、钠尿肽受体的分类与结构	(160)
第九章 G 蛋白及其偶联受体介导的跨膜信号转导 卢 建	(164)
第一节 三聚体 G 蛋白及其偶联受体介导的信号转导	(164)
一、G 蛋白的结构、功能和分类	(165)
二、G 蛋白偶联受体的结构、功能和它们的配体	(166)
三、G 蛋白与受体的相互作用	(168)
四、G 蛋白的效应器	(169)
五、G 蛋白信号转导的特点	(172)
第二节 小 G 蛋白超家族介导的信号通路	(174)
一、小 G 蛋白超家族概述	(174)
二、Ras 家族介导的信号转导通路	(175)
三、Rho 家族介导的信号途径	(179)

四、Rab 家族介导的信号途径	(182)
第三节 其他 G 蛋白	(183)
一、动力蛋白	(183)
二、Gh 蛋白	(184)
第四节 G 蛋白的研究及检测方法	(185)
一、检测 G 蛋白功能的试剂和方法	(185)
二、G 蛋白含量的测定方法	(187)
三、在完整细胞中确定参与既定信号通路中的 G 蛋白	(188)
第十章 信号转导蛋白的特征与信号通路的连接	卢 建 (190)
第一节 信号转导蛋白的信号结构域	(190)
一、信号域的概念	(190)
二、主要信号域的结构与功能	(191)
第二节 参与信号转导的接头蛋白	(196)
一、在酪氨酸蛋白激酶信号转导通路中的接头蛋白	(196)
二、其他信号通路中的接头蛋白	(198)
第三节 信号转导蛋白的脂化在信号转导中的作用	(198)
一、脂肪酸酰化	(199)
二、异戊二烯化	(199)
三、豆蔻酰化和棕榈酰化双重修饰	(200)
第四节 参与信号转导的酶与底物接近的机制	(200)
第十一章 磷脂酶和磷脂酰肌醇激酶的信号转导通路	卢 建 (202)
第一节 磷脂酶	(203)
一、磷脂酶 A ₂	(203)
二、磷脂酶 C	(204)
三、磷脂酶 D	(206)
四、鞘磷脂酶	(207)
五、磷脂酰胆碱特异性的磷脂酶	(209)
第二节 磷脂酰肌醇-3 激酶家族	(209)
一、PI-3K 家族的组成	(210)
二、PI-3K 上游成分	(212)
三、PI-3K 下游的蛋白激酶 B	(212)
第十二章 胞内信使及其信号转导	陈 明 李爱媛 (216)
第一节 Ca ²⁺ 与 Ca ²⁺ 结合蛋白	(217)
一、Ca ²⁺ 稳态与 Ca ²⁺ 信号	(217)
二、Ca ²⁺ 结合蛋白	(219)
三、Ca ²⁺ -钙调蛋白依赖性蛋白激酶与磷酸酶	(222)
四、Ca ²⁺ 结合蛋白的生理功能	(225)
第二节 环化核苷酸	(227)

一、环化腺苷酸	(227)
二、环化鸟苷酸	(230)
三、环化腺苷二磷酸核糖	(233)
第三节 脂质信使	(234)
一、肌醇三磷酸与二酰甘油	(234)
二、磷脂酸	(238)
三、花生四烯酸	(239)
四、神经酰胺	(241)
第四节 新型气体性信使	(243)
一、一氧化氮	(243)
二、一氧化碳	(245)
第十三章 MAPK 家族的信号转导通路	卢 建 (249)
第一节 MAPK 家族信号转导通路概述	(249)
一、MAPK 信号转导通路的组成及特点	(249)
二、MAPK 家族信号通路的激活信号	(250)
第二节 MAPK/ERK 信号转导通路	(251)
一、Raf 的激活机制	(251)
二、MKK/MEK1,2 和 MAPK 的激活	(252)
三、MAPK/ERK 介导的生物效应	(252)
四、MAPK/ERK 通路的调节	(253)
第三节 应激及炎症活化的蛋白激酶途径	(253)
一、SAPK/JNK 通路	(253)
二、p38MAPK 通路	(255)
第四节 活性氧激活的信号转导通路	(256)
一、活性氧的种类和生成	(256)
二、活性氧对细胞信号转导成分的调节作用	(257)
第五节 MAPK 家族信号转导通路的效应	(259)
一、产生非特异性的防御反应	(259)
二、促进细胞的增殖分化	(260)
三、产生特异性的防御反应	(260)
四、在细胞凋亡中的作用	(261)
第十四章 跨膜离子输送与细胞的信号转导	罗建红 (263)
第一节 离子通道	(263)
一、电压门控离子通道	(266)
二、配基门控离子通道	(275)
三、机械力敏感性离子通道	(290)
第二节 离子交换体系	(292)
一、参与细胞内 pH 调节的离子交换体	(293)

二、 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 交换体	(293)
第三节 离子泵	(294)
第四节 细胞内钙的稳态调节	(295)
一、 Ca^{2+} 进入胞浆的途径	(296)
二、 Ca^{2+} 离开胞浆的途径	(297)
三、细胞内钙库	(298)
第五节 离子通道异常与疾病	(299)
一、LQT 综合征	(299)
二、肌强直和周期性麻痹	(300)
三、囊性纤维化	(301)
第十五章 细胞粘附分子介导的信号转导和作用	卢 建 (304)
第一节 细胞粘附分子概述	(304)
一、细胞粘附分子的分类、一般结构和配体	(304)
二、细胞粘附分子与细胞骨架的联系及信号转导	(306)
第二节 几类重要的细胞粘附分子的结构与功能	(308)
一、钙依赖性粘附素家族	(308)
二、整合素家族	(310)
三、免疫球蛋白超家族	(316)
四、选择素家族	(317)
五、CD44 家族	(320)
第三节 细胞粘附分子的调节	(320)
一、快速数量调节	(321)
二、慢速数量调节	(321)
三、亲和力和活性的调节	(321)
第四节 细胞粘附分子的生理和病理学作用	(322)
一、在生长发育中的作用	(322)
二、参与免疫反应的调节	(323)
三、在感染、炎症、凝血和组织损伤修复中的作用	(325)
四、在肿瘤转移中的作用	(326)
五、在疾病诊断及治疗中的意义	(328)
第十六章 细胞对机械信号的感受及转导	刘明耀 潘 真 (329)
第一节 机械力的分类和研究机械信号传导的方法	(329)
第二节 机械刺激对细胞结构和功能的影响及其机制	(330)
一、机械刺激对细胞骨架蛋白和形态的影响	(331)
二、机械刺激对细胞增殖的影响	(331)
三、机械刺激与细胞功能	(332)
四、机械刺激对细胞作用的机制	(333)
第三节 细胞对机械刺激的感受和信号转导	(335)

一、机械刺激在细胞内的信号转导	(335)
二、细胞对机械信号感受和转导的可能机制	(337)
第四节 机械力引起的信号与其他生物刺激引起的信号间的相互关系	(339)
第五节 机械刺激的病理生理	(339)
第十七章 蛋白质可逆的磷酸化与信号转导	卢 建 王红阳 (342)
第一节 蛋白质的可逆磷酸化概述	(343)
一、蛋白激酶和磷酸酶的概述	(343)
二、可逆磷酸化在细胞信号转导中的作用	(344)
三、可逆磷酸化调节的细胞功能	(345)
第二节 蛋白激酶	(346)
一、蛋白激酶的结构	(346)
二、蛋白激酶的分类	(347)
三、蛋白激酶的调节	(352)
第三节 蛋白磷酸酶	(351)
一、丝/苏氨酸蛋白磷酸酶	(355)
二、酪氨酸蛋白磷酸酶	(358)
三、双重专一性的蛋白磷酸酶	(362)
第四节 蛋白激酶和磷酸酶的底物专一性	(363)
一、酶底物的结构特征	(363)
二、酶与底物接近的分子机制	(364)
第十八章 核受体超家族	宋亮年 (368)
第一节 概述	(369)
一、核受体的发现	(369)
二、核受体的分子克隆与核受体超家族概念的形成	(369)
三、核受体超家族的共同结构特点	(369)
四、核受体超家族的分类	(370)
第二节 甾体激素受体家族	(370)
一、甾体激素受体的结合特性和理化性质	(370)
二、甾体激素受体的分子结构与功能	(372)
三、甾体激素受体促进基因表达的机制	(375)
四、甾体激素受体抑制基因表达的机制	(377)
五、甾体激素受体拮抗剂及其作用的分子机制	(380)
六、甾体激素作用的非基因机制	(381)
第三节 非甾体激素受体与孤儿受体	(381)
一、非甾体激素受体与孤儿受体的作用机制	(381)
二、RXR 异二聚体的结构与功能	(383)
三、孤儿受体	(384)
第四节 核受体与辅助因子	(386)