

口腔医学精粹丛书 “十一五”国家重点图书出版规划项目

口腔颌面 种植修复学

Oral and
Maxillofacial Implantology

主编 张志勇 副主编 王慧明 赖红昌



中国出版集团公司



世界图书出版公司

口腔颌面 种植修复学

主编 王松灵 副主编 王松林 王松涛



口腔医学精粹丛书 “十一五”国家重点图书出版规划项目

口腔颌面 种植修复学

主编 张志勇 副主编 王慧明 赖红昌



中国出版集团公司



世界图书出版公司

图书在版编目(CIP)数据

口腔颌面种植修复学/张志勇主编. 上海: 上海世界图书
出版公司, 2009. 11

(口腔医学精粹丛书)

ISBN 978-7-5100-1131-3

I. 口… II. 张… III. 口腔种植学 IV. R783.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 176622 号

口腔颌面种植修复学

张志勇 主编 王慧明 赖红昌 副主编

上海世界图书出版公司出版发行

上海市尚文路 185 号 B 楼

邮政编码 200010

上海市印刷七厂有限公司印刷

如发现印装质量问题, 请与印刷厂联系

(质检科电话: 021—59110729)

各地新华书店经销

开本: 889×1194 1/16 印张: 19.75 字数: 478 000

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5100-1131-3/R·237

定价: 180.00 元

<http://www.wpcsh.com>

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

《口腔颌面种植修复学》编写人员

主 编 张志勇

副主编 王慧明 赖红昌

编 委 (按姓名笔画为序)

王贻宁 王慧明 吴轶群 张志勇

张建中 陈 宁 周红珍 房 兵

施 斌 顾章愉 奚秋萍 黄 伟

黄远亮 赖红昌

口腔医学精粹丛书

- 《口腔生物材料学》
- 《保存牙科学》
- 《口腔内科学》
- 《临床牙周病治疗学》
- 《口腔药理学与药物治疗学》
- 《口腔颌面种植修复学》
- 《口腔疾病的生物学诊断与治疗》
- 《唇腭裂修复术与语音治疗》
- 《颌面颈部肿瘤影像诊断学》
- 《口腔颌面肿瘤病理学》
- 《口腔临床流行病学》
- 《头颈部血管瘤与脉管畸形》
- 《颌面部介入诊断治疗学》
- 《口腔工程技术学》
- 《可摘局部义齿修复学》

“口腔医学精粹丛书”编写人员

主 编 邱蔚六
副主编 刘 正 薛 淼 张志愿 周曾同 张富强
主编助理 吴正一
编 委 (按姓氏笔画为序)

王平仲	王国民	王晓仪	王慧明
毛 青	毛尔加	石慧敏	田 臻
冯希平	台保军	刘 正	孙 皎
李 江	束 蓉	杨育生	肖忠革
吴士尧	吴正一	邱蔚六	余 强
张志勇	张志愿	张建中	张修银
张富强	陈万涛	林晓曦	范新东
周来生	周曾同	郑家伟	赵怡芳
赵信义	胡德瑜	秦中平	徐君逸
郭 伟	赖红昌	薛 淼	

序

自 20 世纪 90 年代以来,有关口腔医学的专著、参考书籍犹如雨后春笋,数量剧增。书籍编撰的风格各有不同。有的堪称上乘之作,但重复雷同,涉嫌因袭者亦可见到。为此,上海世界图书出版公司要组织出版一些口腔医学参考书时,我们不由得有点心中犯难,就怕写出来的东西又成了重复的陈货。经过一番思考和讨论终于确定了本丛书编写的指导原则,即以专题为主;以临床口腔医学为主;以国内外医学的新成就、新经验为主;并力图打破原来的学科界限和体系来组织编写一批高级口腔医学参考书。

口腔医学是医学中的一级学科。按照多年来的习惯,在临床口腔医学中又可分为若干个亚科,诸如口腔颌面外科学、口腔内科学、口腔正畸学、口腔修复学等等。其中有的与国外相同,如口腔颌面外科学;有的则不尽相同,例如口腔内科学。当代最具创新或创造性的成果都是产生于各学科或多门学科的相互交叉点或切点上,生命科学出现了学科间交叉、整合、重组的趋势。科学研究如此,临床医学亦莫不如此。学科的整合在基础医学方面当为在分子水平上的整合,例如“分子医学”的崛起;在其他方面则表现为学科与学科之间,科学与技术之间,以及自然科学与人文科学之间,生命科学与非生命科学之间的整合重组,近年来出现的所谓“Bio-X”中心,即生命科学与非生命科学结合的体现。为此,口腔医学的各个学科之间也面临着这一命题,而且在国外业已有一定的经验可资借鉴。在这一原则的思想指导下,我们也试图适应潮流,学习国外的先进经验,打破传统的学科系统来出版一些重新整合的专著,如《保存牙科学》、《颌面颈部肿瘤影像诊断学》和与旧的“口腔内科学”概念完全不同的《口腔内科学》等,以适应新形势的需要。

本丛书的主要阅读对象定位为从事临床口腔医学的中高级医务人员及口腔医学研究生。参加本丛书编写的人员绝大多数为从事临床口腔医、教、研工作多年,且具有高级职称的医师、教师。在书中将融合进他们多年的临床经验以及科研成果,相信对临床口腔医学的发展

和医疗质量的进一步提高将有所裨益。

本丛书定名为《口腔医学精粹》，是为了鞭策和督促编写者们能尽最大努力做到精心选材、精心构思、精心组织和精心撰写。但也应当看到，“精粹”的东西毕竟是少数，不可能字字精、段段新，为了书籍的完整性，也不可能只介绍新的理论和技术，而丝毫不涉及传统的、经典的理论和技术。读者阅读后如果能感觉到有一些(或不少)新鲜的东西，目的就应该达到了。

由于这是一种尝试，肯定还有不足甚至错误之处，还望读者不吝赐教，以便再版时更正。

任何书籍往往在出版之后感到尚遗留有不少遗憾，我想本书同样如此，只望遗憾愈少愈好。

在构思出版本丛书时，恰逢上海市口腔临床医学中心在上海第二医科大学附属第九人民医院成立(2001)。愿以本丛书的出版作为这一中心建设的考绩，也希望它能有益于临床口腔医务人员业务水平的提高，以造福于广大口腔颌面疾病患者。



于上海交通大学医学院附属
第九人民医院口腔医学院

前 言

口腔种植技术历史悠久,经历了数个世纪数代人的努力才发展起来,已日趋成熟和完善。口腔种植学已发展成为一门新兴的综合性学科,它涉及口腔颌面外科、口腔修复科、口腔牙周科、口腔放射科、口腔材料、口腔生物力学、口腔技工工艺等学术领域。近年来,口腔种植技术在世界各国发展迅速,已成为牙列缺损缺失的常规修复方法之一。尤其在发达国家,口腔种植被视为牙列缺损缺失的首选修复方法。有学者将它视为口腔医学领域的一场革命,因为它不仅是修复牙列缺失缺损的理想手段,而且全面推动了口腔医学的整体发展,同时也成为口腔医学与生物力学、口腔材料学等学科之间的相互渗透与融合的结晶。口腔种植学是一门现代应用医学,其成功与发展象征着人们对功能和美学的追求。

尽管我国是世界上最早尝试牙种植的国家之一,但由于在近代对种植牙技术的研究起步较晚,直到20世纪80年代我国才开始研究、开发和引进牙种植系统。经过20多年的努力,我国的口腔种植事业已进入一个健康、规范和快速发展时期。

本书共19章,着重介绍口腔种植学的理论与实践,内容包括口腔解剖、生物力学、口腔种植外科与种植修复等口腔种植方面的基本理论,同时也涉及了计算机模拟设计和模拟制作技术(CAD/CAM),种植导航技术,颧种植体技术等国际先进技术。本书还涉及的另一重要方面是把先进的种植技术引入颌骨缺失缺损的功能重建领域,使颌骨重建后不仅恢复了颌骨的连续性和完整性,同时也恢复了缺失的牙列,重建口腔在咀嚼、语言及对容貌的影响等方面的功能,达到了真正意义上的颌骨功能重建。本书内容丰富、完整,并涵盖了新的研究成果。

本书是一本以临床实践为主的口腔种植学参考书,总结了笔者多年的临床经验,结合现代口腔种植技术的临床发展趋势,阐述了当前该领域的发展技术和经验,较全面地反映了国内外口腔种植学领域的成果,希望本书能对广大从事口腔种植技术的专业人员进一步了解这门学科,并在从事临床治疗工作时发挥有益的参考作用。

本书作为“口腔医学精粹丛书”中的一个分册,在编写过程中得到了中国工程院院士、中华口腔医学会口腔种植专业委员会名誉顾问邱蔚六教授和中华口腔医学会口腔颌面外科专业委员会主任委员、上海交通大学医学院附属第九人民医院院长张志愿教授的指导和鼓励,在此深表谢意。

本书在编写过程中还得到了上海交通大学医学院附属第九人民医院口腔颌面种植科

全体同仁的大力支持和帮助。王凤、王申、庄龙飞、张运昕、黄昕等医师认真阅读和校对,在此一并致谢。

本书由上海交通大学医学院附属第九人民医院主持编写,邀请了同济大学附属东方医院、复旦大学附属中山医院、浙江大学附属第一医院、湖北大学附属口腔医院、南京大学附属口腔医院等国内多家兄弟院校的口腔种植学专家合作编写。参编者现担任中国口腔种植专业委员会委员的有8人,常委5人,副主委2人,体现了权威性、代表性与地区性,是一部较为全面的口腔临床种植学参考书。

口腔种植学是一门新兴学科,本书基本涉及口腔种植学各个方面的各项技术,内容较多,篇幅有限,笔者难以避免存在错误和疏漏,敬请广大读者批评指正。同时口腔种植学中的很多名词和术语在国内尚未统一,本书统一按照英文中的实际涵义和国内大多数学者认同的方式命名,难免有不妥之处,也请读者批评指正,尽早使国内的口腔种植学词语统一化、规范化,早日与国际接轨,更好地进行学术交流,促进我国口腔种植事业的进一步发展。

张志勇

2008年春于上海

目 录

第一章 口腔种植概况	(1)	一、牙种植体骨界面	(26)
第一节 历史回顾	(1)	二、牙种植体与软组织界面	(30)
第二节 发展与展望	(3)	第三章 口腔种植的生物力学基础	(33)
第三节 我国口腔种植学的回顾与发展	(4)	一、种植系统受力的特点	(33)
一、各种类型的植骨技术及骨处理技术 (alveolar bone graft)	(5)	二、骨种植体界面的生物力学	(36)
二、上颌窦提升术(sinus lifting)	(5)	三、种植体周围骨代谢与受力的关系	(38)
三、引导骨组织再生术(guided bone regeneration,GBR)	(5)	四、种植体和牙齿支持修复体的生物力 学特点	(39)
四、颧骨种植技术(zygomatic implants)	(5)	五、种植系统结构的生物力学	(42)
五、牵引成骨技术(vertical callus distraction osteogenesis)	(6)	六、种植体设计及修复中的力学问题	(44)
六、即刻种植与即刻负重修复	(6)	第四章 种植体的组成与构造	(49)
七、种植美学	(6)	第一节 种植体的基本构成	(49)
八、颌颌面种植技术	(6)	一、植入体	(49)
第四节 种植材料的特征与性能	(7)	二、基台	(50)
一、常用的种植材料	(7)	第二节 上部结构与基台的连接方式	(55)
二、种植材料应具备的性能	(7)	一、固定式种植义齿修复(黏固式)	(55)
第二章 口腔种植的组织学解剖与生理基 础	(9)	二、可拆卸式固定种植义齿修复(螺钉 固位式)	(56)
第一节 颌骨的解剖结构与组织特征	(9)	三、可摘式种植义齿修复(覆盖义齿式)	(56)
一、上颌骨	(9)	四、黏固式与螺钉固位式修复相比较	(57)
二、下颌骨	(12)	第五章 种植体的分类	(59)
第二节 种植体周围组织生理	(15)	第一节 按植入部位分类	(59)
一、骨生理基础	(15)	一、骨内种植体	(59)
二、牙槽骨及牙周组织解剖	(17)	二、按种植体在牙槽嵴的分布分类	(63)
三、拔牙后软硬组织愈合和转归	(18)	三、按种植材料分类	(63)
四、口腔种植的组织学基础	(22)	第二节 主要种植系统介绍	(65)
第三节 种植体与软硬组织间的界面	(26)	一、Brånemark种植系统	(65)
		二、Replace 种植系统	(68)

三、Frialit-2 和 Xive 种植系统	(70)	第八章 基于 CT 图像的计算机辅助设计与制造技术在口腔种植外科领域的应用	(102)
四、ITI 种植系统	(73)	一、CT 技术与原理简介	(102)
五、Innova Endopore 种植系统	(74)	二、优化 CT 重组图像的方法	(103)
六、ANKYLOS 系统	(75)	三、基于 CT 图像的计算机辅助口腔种植外科设计系统	(104)
七、BLB 种植系统	(75)	四、临床应用	(106)
第六章 种植义齿的适应证和禁忌证	(77)	五、基于 CT 图像的计算机辅助口腔种植外科定位导向模板系统	(107)
第一节 全身医学评估	(77)	六、基于 CT 图像的计算机辅助口腔种植外科实时导航系统	(109)
一、心血管评价(cardiovascular assessment)	(78)	七、发展方向	(112)
二、呼吸系统评估(pulmonary assessment)	(79)	第九章 口腔种植手术的基本步骤与方法	(115)
三、内分泌评估(endocrine assessment)	(79)	一、口腔种植手术的相关概念	(115)
四、血液评估	(80)	二、口腔种植外科计划与设计要点	(115)
五、风湿性疾病	(80)	三、骨内牙种植体植入术	(116)
六、其他	(80)	四、上部结构的组成与连接技术	(125)
第二节 口腔局部条件评估	(81)	第十章 骨量不足的处理及种植外科技术	(127)
第三节 有关种植手术的具体适应证	(83)	第一节 上颌窦底内提升技术	(127)
一、骨移植术临床适应证和禁忌证	(84)	一、引言	(127)
二、骨挤压和骨劈开术的临床适应证和禁忌证	(85)	二、手术方法	(128)
三、上颌窦提升术临床适应证和禁忌证	(85)	三、讨论	(129)
四、即刻种植术的临床适应证和禁忌证	(86)	第二节 上颌窦侧壁开窗技术	(131)
五、颧骨种植技术的临床适应证和禁忌证	(86)	一、背景	(131)
第七章 口腔种植前的评估与准备	(88)	二、手术方法	(132)
第一节 接诊和评估	(88)	三、术后处理及并发症	(133)
一、问诊	(88)	第三节 牙槽嵴植骨种植术	(134)
二、医患交流	(89)	一、引言	(134)
第二节 检查	(89)	二、手术方法	(136)
一、全身检查	(89)	三、结果	(139)
二、口腔、颌面部专科检查	(90)	四、讨论	(139)
三、影像学检查	(91)	第四节 下牙槽神经移位种植术	(142)
第三节 术前准备	(95)	一、引言	(142)
一、研究模型分析	(95)	二、适应证	(142)
二、种植模板	(96)	三、术前准备	(142)

四、手术方法	(143)	的最终目的	(179)
五、术后	(144)	五、良好的固位、支持、稳定——种植修	
第五节 牙槽骨牵张成骨种植术	(144)	复的根本要求	(180)
一、引言	(144)	第二节 种植修复的设计	(180)
二、手术	(145)	一、种植体数目	(180)
三、讨论	(146)	二、修复类型的选择	(181)
第六节 引导骨再生膜技术	(147)	三、骀面材料选择	(182)
一、引言	(147)	第三节 不同类型牙缺失的种植义齿修复	(182)
二、外科技术	(148)	一、牙列缺损的固定修复	(182)
三、GBR 技术的临床分析	(149)	二、全口种植修复	(187)
四、GBR 术后并发症	(149)	第四节 修复加载时机的选择	(191)
第十一章 即刻种植和即刻负载	(152)	第十三章 种植义齿的修复工艺技术	(196)
第一节 即刻种植	(152)	一、种植义齿修复的支持形式	(196)
一、即刻种植的定义	(152)	二、修复工艺技术的特点	(196)
二、即刻种植优点	(152)	三、种植义齿的修复技术	(199)
三、即刻种植治疗计划和手术要求	(153)	第十四章 种植义齿修复	(202)
四、根形种植体	(155)	一、概述	(202)
五、前牙美观区即刻种植的手术方法和		二、骨内种植体的基本结构	(202)
时机选择	(156)	三、基台类型及选择	(204)
第二节 即刻负载	(160)	四、种植固定义齿的修复设计	(206)
一、历史回顾	(160)	五、种植固定临床修复	(209)
二、基本概念	(161)	六、种植覆盖全口义齿	(215)
三、种植即刻修复的优点	(161)	第十五章 口腔种植的预后及评价	(220)
四、影响即刻负载成功的因素	(161)	第一节 种植修复成功的标准	(220)
第三节 即刻种植材料的应用	(168)	第二节 种植成功的要素	(222)
一、移植材料的要求	(169)	一、种植体成功与吸烟	(222)
二、骨愈合机制	(169)	二、种植体成功与口腔微生物	(223)
三、骨移植材料	(170)	第三节 种植的并发症及其防治	(225)
第十二章 种植义齿修复原则与设计	(175)	一、种植手术的并发症	(225)
第一节 种植义齿修复的设计原则	(175)	二、种植体松动、脱落	(226)
一、局部口腔条件——种植义齿修复设		三、疼痛	(228)
计的基础	(175)	四、种植义齿部件折断	(229)
二、保护口腔内软、硬组织健康——种植		五、种植体周围组织并发症	(231)
义齿修复设计的前提	(177)	六、功能性问题	(233)
三、精密计划和精细操作——种植义齿		第十六章 口腔种植的护理与维护	(236)
修复设计的必要技术保证	(178)		
四、形态与功能恢复——口腔种植修复			

第一节 口腔种植前后的护理····· (236)	第六节 种植技术在颌骨功能重建中的应 用····· (261)
牙种植的手术护理····· (236)	一、非血管化骨移植—同期种植····· (261)
第二节 种植修复完成后的维护····· (241)	二、血管化骨移植—同期种植····· (262)
一、修复后的口腔卫生····· (241)	三、血管化与非血管化骨移植同期种植 的比较研究····· (262)
二、种植体周围炎的预防和治疗····· (241)	四、手术设计与操作注意事项····· (262)
三、定期到种植专科进行复查····· (241)	
四、指导患者口腔卫生的自我维护····· (242)	
第十七章 种植技术在颌骨功能重建中的 应用····· (244)	第十八章 种植体在正畸中的应用····· (264)
第一节 颌骨重建应用解剖与形态学特征····· (244)	一、前言····· (264)
一、上颌骨应用解剖与种植外科关系····· (244)	二、种植支抗分类····· (265)
二、下颌骨应用解剖与种植外科关系····· (245)	三、种植支抗在牙移动中的作用····· (267)
三、颧骨的应用解剖与种植外科关系····· (246)	四、种植支抗植入位置和方向探讨····· (268)
四、颌骨形态学特点与种植关系····· (247)	五、种植支抗的临床应用····· (268)
第二节 移植骨的特征与种植的关系····· (248)	六、种植支抗应用的局限性····· (279)
移植骨的特征与选择····· (248)	第十九章 计算机辅助导航在口腔种植中 的应用····· (283)
第三节 术前准备与治疗计划的制定····· (249)	第一节 手术导航技术综述····· (284)
一、术前准备····· (249)	第二节 口腔种植手术导航系统关键技术····· (289)
二、治疗计划制定····· (250)	一、医学图像三维可视化····· (290)
三、CT成像的计算机辅助种植外科设计····· (251)	二、口腔种植手术术前规划软件模块····· (291)
第四节 种植与下颌骨功能重建····· (252)	三、配准技术····· (293)
一、血管化髂骨移植同期种植重建下颌 骨····· (252)	四、实时导航软件模块····· (294)
二、血管化腓骨移植同期种植下颌骨····· (255)	五、开发工具····· (295)
第五节 种植与上颌骨功能重建····· (258)	第三节 口腔种植术前规划软件模块的开 发及相关算法的研究····· (296)
血管化腓骨复合组织瓣移植同期种 植重建上颌骨····· (259)	

第一章 口腔种植概况

第一节 历史回顾

口腔种植学(oral implantodontology)是一门现代应用医学,其成功与发展象征着人们对功能与美学的追求。口腔种植术是在无数次失败与成功的基础上逐步发展起来的,回顾历史不但有助于我们了解口腔种植从古至今的演变历程,更有利于我们应用口腔种植技术服务于人类。

牙种植的历史悠久,至今已有几千年的历史,这在对世界各地的考古发掘和史料整理中已得到证实。考古学家发现远古的中国人、埃及人及玛雅人用黄金、宝石、象牙等材料雕刻成牙植入颌骨。无疑,在古代实施植牙的主要是一些能工巧匠,其目的是为了美学装饰,纯粹是一种工艺技巧,与现代的牙种植概念有着天壤之别,不可混为一谈。18世纪更有人从事“猎牙”(tooth hunting)职业,试图尝试同种异体牙移植,由于当时的医学条件与科学水平有限,发生感染、其他疾病的传染以及强烈的排斥反应,最终引起高失败率或更为严重的后果。

真正的骨内牙种植术开始于19世纪初,人们用金、铍、钽、钴合金、不锈钢等材料植入颌骨替代缺失的牙。1809年Maggiolo制作了一个黄金种植体并将其植入新鲜拔牙创内,继而在其上方行牙冠修复。1887年Harris用白金制成的类似牙根形态的种植体植入人体。Edmunds(1886)、Wright(1891)、Bonwell(1895)、Payne(1898)等分别用不

同的金属材料植入颌骨并完成修复。其中Wright一段种植体获得美国专利。1906年Greenfield使用合金制成的类似中空形状的圆柱状二段式种植体也获专利。尽管这段时期各类种植体屡见报道,但由于缺乏基础理论的研究,临床失败率较高。这一技术仍未得到广泛应用。

1937年Adam设计的底部圆钝,颈部光滑的螺纹状种植体与现代的种植体形态十分相似。同年,哈佛大学的Strock教授用钴铬钼合金制作了一段式种植体植入狗体内,动物实验显示钴铬钼合金的组织相容性很好,于是在临床上采用即刻拔牙后植入该材料种植体,术后未发生任何并发症,取得了很大的成功。1946年他又设计了二段式种植体,包括种植体和基台两大部分,其种植手术与基台连接过程与今较为相似。1948年植入的第一颗种植体,38年后仍有在行使功能的个案报道。

20世纪30年代以来,一批高强度、耐腐蚀、易加工、组织相容性好的金属材料如钴铬合金、钛、钽等相继问世,为口腔种植界提供了用武之地。1948年Formiggni采用化学性能稳定的钽丝制成锥体形状,植入颌骨内行种植义齿修复取得成功。该段时期可以说是现代口腔种植学概念发展形成期,同时也构成了多种类型种植体的全面发展。1948年Gustav Dahl完成了第一例骨膜下种植,Goldburg

等在 1949 年用钴铬合金制作骨膜下种植义齿, Webber 1966 年取得了钴铬合金骨膜下种植较长时间的成功应用。此后,骨膜下种植体一直在不断探索和改进。1967 年 Leonard Linkow、Ralph 和 Harold Roberts 等,根据后牙区颌骨解剖特点,设计了骨内叶状种植体,应用于磨牙区骨量高度不足或前牙区骨厚度欠缺的患者,临床上取得了较好的效果。但鉴于骨膜下种植体和叶状种植体制作繁琐、手术创伤大等诸多不利因素,以及骨内螺纹状种植体的快速发展、操作简便、成功率高的特点,使其替代前者,成为目前占有主导地位。

令人遗憾的是种植牙技术的发展并非一帆风顺,20 世纪 50 年代末 60 年代初,由于商业经济利益的驱使,许多与种植牙相关的材料与技术,未经充分实验和反复论证而大量被应用,使得临床应用过度超前于基础研究,违背了医学科学的基本准则,随之而来的是不可避免的高失败率,牙种植技术的发展由此转入低谷。

所幸的是,世界上仍有一批科学家始终在兢兢业业地进行着牙种植的各项基础研究,其中居功至伟的当属现代牙种植奠基人——瑞典哥德堡大学 Brånemark 教授。20 世纪 50 年代中期,Brånemark 教授在一项微血管血流状态的研究中,采用金属纯钛作为植入材料,植入兔的胫骨中进行观察,实验中发现钛金属周围骨组织发生改建,即钛与胫骨发生紧密结合,由此设想利用钛作为种植体材料的可行性。在 Nabelpharma 公司的支持下,Brånemark 教授领导的研究小组经过 10 年的潜心研究,通过大量细微的实验,证实了金属钛种植体的若干属性:① 金属钛具有良好的生物相容性。② 金属钛能与人体骨组织形成紧密、牢固地结合。③ 种植体植入后需要 3~6 个月的愈合期。④ 47℃ 持续 1 min 可造成不可逆性骨坏死。1965 年以 Brånemark 教授名字命名的螺纹状种植体首次应用于临床,揭开了现代牙种植学的新篇章。高纯度钛作为牙种植体的材料与骨组织紧密结合的骨结合

(osseointegration) 理论正式被提出。1981 年 Brånemark 研究小组的重要成员 Albrektsson 等提出影响骨结合的 4 个基本因素是:① 种植体的生物相容性、种植体的设计与表面处理。② 受植床的状态及条件。③ 种植外科植入技术与理念。④ 修复体的设计与负重。由此丰富了骨结合理论的内涵与基础。1981 年 Adell 等发表了经 15 年 2 768 个病例的临床随访报告,5 年以上的成功率已达 90% 以上。1982 年在加拿大多伦多举行的临床口腔医学骨结合 (osseointegration in clinic dentistry) 国际学术会议上,Brånemark 教授提出的骨结合理论得到与会各国学者的认同。同时, Schroeder 等采用新的切片技术,直接制作未脱钙的骨和种植体的联合切片,从组织学上证实了骨结合的存在。此后,骨结合的基本理论、组织学基础及应用技术得到了进一步的发展。骨结合理论已成为现代口腔种植学坚实的理论基础和精髓。

在 Brånemark 种植系统成功应用于临床、口腔种植的基本理论和操作技术得到认同以后,许多国家花巨资在种植领域进行开发研究,其中包括美国的 Core-Vent 系统、瑞士的 ITI 系统、德国的 IMZ 系统、瑞典的 Astra-Tech 系统等。这些系统的形成与发展过程在很多方面相似,他们都具备一个由口腔医学、生物学、材料学、生物工程学等专家组成的研究小组;都根据有关国际标准对所用材料进行严格检验和测试;都采用理论计算和实际操作要求并充分考虑自然牙的生理形态、设计和制作种植体外形结构;都同时开发了各系统相配套的种植工具。与此同时,每个系统都制定了种植手术的规范操作程序和严格的培训制度,有一整套严密科学的计划和措施作保证,因此都取得了良好的临床效果。此后,各类种植系统不断涌现,临床应用出现了一片欣欣向荣的景象。

以骨内种植体为基础的现代颌面种植学是在近代牙种植技术与方法日趋成熟和完善基础上发展起来的一门新兴学科。20 世纪 60 年代后期,