



BODY SCULPTURE  
LIPOSUCTION AND LIPOTRANSFER

# 形体雕塑与脂肪移植外科学

主编 刘毅  
郭树忠

整形美容外科学全书 **Vol. 2**

浙江出版联合集团 浙江科学技术出版社



整形美容外科学全书 **Vol. 2**

# 形体雕塑与脂肪移植外科学

主编 刘毅 郭树忠

图书在版编目(CIP)数据

形体雕塑与脂肪移植外科学 / 刘毅, 郭树忠主编.  
—杭州: 浙江科学技术出版社, 2012. 11  
(整形美容外科学全书)  
ISBN 978-7-5341-4815-6

I. ①形… II. ①刘… ②郭… III. ①脂肪组  
织—移植术(医学) IV. ①R622

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 193078 号

丛 书 名 整形美容外科学全书  
书 名 形体雕塑与脂肪移植外科学  
主 编 刘 毅 郭树忠

---

出版发行 浙江科学技术出版社  
杭州市体育场路 347 号 邮政编码: 310006  
联系电话: 0571-85058048  
集团网址: 浙江出版联合集团 <http://www.zjcb.com>

图文制作 杭州兴邦电子印务有限公司  
印 刷 浙江新华数码印务有限公司  
经 销 全国各地新华书店

---

开 本	890 × 1240 1/16	印 张	24
字 数	630 000		
版 次	2012 年 12 月第 1 版		2012 年 12 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5341-4815-6	定 价	280.00 元

---

版权所有 翻印必究

(图书出现倒装、缺页等印装质量问题, 本社负责调换)

责任编辑 刘 丹 王巧玲  
责任校对 马 融

封面设计 孙 菁  
责任印务 徐忠雷



左起：艾玉峰、高景恒、王炜、张志愿、吴溯帆

## 《整形美容外科学全书》总主编简介

**王炜(Wang Wei)**, 1937年生。上海交通大学医学院附属第九人民医院整形外科终身教授, *Plastic and Reconstructive Surgery* 国际编委。在皮瓣移植, 血管吻合, 拇指、食管再造, 晚期面瘫, 手畸形, 腹壁整形, 巨乳缩小, 面部轮廓整形, 年轻化, 眼袋整形等方面有多项发明创新。发表论文 300 余篇, 主编、参编图书 70 余部; 获国家发明奖等 20 余次。

**张志愿(Zhang Zhiyuan)**, 1951年生。上海交通大学医学院附属第九人民医院教授、博士生导师, 教育部国家级重点学科——口腔颌面外科学科带头人, 中国抗癌协会头颈肿瘤专业委员会主任委员。以第一或通信作者发表学术论文 156 篇, 主编专著 9 部; 以第一负责人承担部委级课题 18 项, 以第一完成人获国家科技进步二等奖 2 项。

**高景恒(Gao Jingheng)**, 1935年生。1985年破格晋升正高职称, *Plastic and Reconstructive Surgery* 国际编委。主编专著 5 部, 主审 10 余部, 创刊杂志 2 本, 现仍担任卫生部主管的《中国美容整形外科杂志》主编; 在显微外科及修复重建外科临床研究中获得省部级科技进步奖 3 项。

**艾玉峰(Ai Yufeng)**, 1948年生。原西安第四军医大学西京医院整形外科主任医师、教授、硕士生导师、主任。现任四川华美紫馨医学美容医院院长、学科带头人。发表论文 100 余篇, 主编、参编专著 30 余部。

**吴溯帆(Wu Sufan)**, 1964年生。1985年浙江大学本科毕业, 2003年日本京都大学博士学位, 一直工作于浙江省人民医院整形外科。发表学术论文 60 余篇, 其中 SCI 收录的英文论文 11 篇, 主编、参编图书 10 部。

## 《形体雕塑与脂肪移植外科学》主编简介



### 刘毅(Liu Yi)

医学博士,兰州军区兰州总医院全军烧伤整形外科中心主任、主任医师、硕士生导师,甘肃省与兰州军区领军人才,享受国务院政府特殊津贴。兼任国际整形美容与修复重建联盟委员、中国医师协会烧伤科医师分会副会长、中华医学会整形外科分会委员、中华医学会医学美学与美容学分会委员、全军烧伤学专业委员会副主任委员、全军整形外科学专业委员会常委、甘肃省医学美学与美容学专业委员会主任委员、甘肃省烧伤整形外科专业委员会副主任委员,以及《中华烧伤杂志》等8本杂志编委、常务编委、副主编等。先后承担国家自然科学基金、全军“十五”攻关课题、“十一五”和“十二五”重点课题;获国家科技进步二等奖1项,军队与省部级医疗成果、科技进步二等奖7项、三等奖9项;主编专著3部,参编、参译6部;在国内外发表论文226篇;培养研究生21名。



### 郭树忠(Guo Shuzhong)

医学博士,第四军医大学西京医院全军整形外科研究所所长、主任医师、博士生导师,长江学者特聘教授。兼任全球华裔整形外科医师协会常务理事、国际整形外科协会委员、中华医学会整形外科学分会副主任委员、中国修复重建外科学会副主任委员、全军整形外科学专业委员会主任委员、陕西省整形烧伤学会名誉主任委员、陕西省医学美学美容学会主任委员,以及《中华整形外科杂志》等8本杂志主编、副主编、常务主委等。完成国内首例、国际第二例换脸术;先后承担国家自然科学基金重点项目等20余项科研课题;获国家科技进步一等奖1项、三等奖1项,军队与省部级医疗成果、科技进步一等奖2项、二等奖7项;主编专著2部,主译1部,参编10余部;发表论文520余篇,SCI收录35篇,1篇在 *Lancet* 上发表(IF 30.758);培养硕士生39名,博士生19名。

## 《形体雕塑与脂肪移植外科学》编委会

- 主 编 刘 毅 兰州军区兰州总医院  
郭树忠 第四军医大学西京医院
- 主 审 鲁开化 第四军医大学西京医院  
陈绍宗 第四军医大学唐都医院
- 编 委 (按姓氏笔画排序)
- 王志军 南京王志军医疗美容诊所  
刘 萍 兰州军区兰州总医院  
刘 毅 兰州军区兰州总医院  
孙宝珊 上海交通大学医学院附属第九人民医院  
李学拥 第四军医大学唐都医院  
李跃军 第四军医大学唐都医院  
李望舟 第四军医大学唐都医院  
肖 斌 兰州军区兰州总医院  
宋 玫 兰州军区兰州总医院  
张 斌 广州军区广州总医院  
张鲜英 兰州军区兰州总医院  
陈绍宗 第四军医大学唐都医院  
易成刚 第四军医大学西京医院  
姜 疆 兰州军区兰州总医院  
姜笃银 山东大学第二医院  
郭树忠 第四军医大学西京医院  
鲁开化 第四军医大学西京医院  
Melvin A. Shiffman 美国加利福尼亚州塔斯廷医院

# 总序

《整形美容外科学全书》

—

现代中国整形外科,若以 1896 年发表在《中华医学杂志》(英文版)上的一篇整形外科论文算起,至今已有 117 年的历史。在半殖民地半封建社会的旧中国,整形外科的发展受到较大限制。1949 年新中国成立以后,整形外科有了新的发展,尤其是改革开放后,整形外科获得了真正大发展的机遇。1977 年,在上海召开的“医用硅橡胶在整形外科的应用交流会”期间,笔者统计了全国全职和兼职的整形外科医师为 166 人,床位 732 张,几乎是近 600 万人口中,才有 1 名专职的整形外科医师。2011 年有人统计,全国有 3000 多个整形外科医院、专科、诊所,有 2 万多名专业医师。30 多年来,整形美容医疗的就诊人数、从医人员迅速增加,中国或许是整形美容医疗发展最快的国家之一。

整形外科的快速发展带来的问题是学科发展的不均衡。在重点医学院校的整形美容外科专业队伍中,其临床实践能力和创新研究成果,与亚洲国家以至于欧美国家相比,都具有较强的竞争力,特别在显微再造外科方面,处于世界领先水平。但在新建立的许多专科、诊所中,具有较高学术水平的专业人员相对较少;受过系统和正规训练,受益于国内外学术交流并在实践中积累了丰富经验的高素质医师的数量,远远不能满足学科发展的需求。面对这样的实际情况,出版整形美容外科高水平的学术专著,是学科发展刻不容缓的任务。

1999 年出版的两册《整形外科学》,已成为学界临床实践、研究、晋升、研究生考试的主要参考书。新加坡邱武才教授曾介绍:“《整形外科学》是包括日本、印度、澳大利亚、新西兰在内的最好的教科书,是东方整形外科的旗舰……”他还在美国《整形再造外科杂志》上撰文推荐。近年来,随着整形美容外科不断发展,需要有更新、更专业、涵盖学科近代发展和创新性研究成果的学术专著问世。笔者 2006 年策划,2009 年 12 月向全国同行发起编撰《整形美容外科学全书》(以下简称《全书》)的倡议,迅速得到了国内外百余位教授、学者的积极响应。2010 年 9 月由成都华美美容医院协助承办了《全书》的编写会议,有百余位主编、教授、医师、出版社编辑和媒体工作者参加,会议成为编撰《全书》的动员大会,以及明确编撰要求、拟定编撰大纲的学术研讨会。如今,《全书》第一辑 10 分册即将出版,第二辑 12 分册拟在 2014 年出版。这项编撰整形外科学术专著的巨大工程终于开始结出了硕果。

2012 年 3 月《全书》第一辑被列为“2012 年度国家出版基金资助项目”,这是整形外科学历史上的第一次,让所有参编人员在完成巨著的“长征”中增添了力量。编撰者们希望她的出版,可为中国以及世界整形美容学界增添光彩,并为我国整形美容外科的发展提供一套现代的、科学的、全面的、实用的和经典的教科书式的学术专著。这对年青一代的迅速成长,以及中国整形美容外科全面向世界高水平的发展都会起到重要作用。正如我们在筹划编撰这套书时所讲“是为下一代备点粮草”。

## 二

《全书》的编撰者,有来自大陆各地的整形美容外科教授、主任医师、博士生导师、长江学者、国家首席科学家,还有来自中国台湾,以及美国、加拿大、韩国、日本、巴西等国家的学者、教授;既有老一辈专家,又有一批实践在一线且造诣深厚的中青年学者、学科带头人。笔者参加了大部分分册的编撰和编审过程,深深感受到编撰者们为《全书》所作出的奉献。综观《全书》的编撰过程,是一次学术界同行集中学

习、总结和提高的过程。在这一过程中,可以让中国的学者们站到本学科的前沿来审视整形美容外科的过去、现在,展望中国以及世界整形美容外科的未来。编撰者们深有体会:这是一次再学习的好机会,也是我国整形美容外科历史上一次有价值的集体编撰的尝试。

### 三

在当今世界整形美容外科学界的优秀学术专著中,美国 Mathes S. J.(2006)主编的《整形外科学》(8分册)被认为是内容最经典和最全面的教科书式的学术专著,但它在中国发行量极少,并且其中有不少章节叙述较简洁,或有些临床需要的内容没有阐明,因此,编撰出版我们自己的《全书》尤为迫切。

在《全书》22个分册中值得一提的是《眶颧整形外科学》和《面部轮廓整形美容外科学》分册,这是我国学者在整形外科中前瞻性研究和实践的成果。笔者1994年在上海召开的“全国第二届整形外科学术交流会”闭幕词中,号召开展“眶颧外科”和“面部轮廓外科”的研究和实践。在笔者1995年开始主持的“上海市重点学科建设”项目中,以及在全国同行的实践中,研究和推广了“颧弓和下颌角改形的面部轮廓美容整形”,“下颌骨延长和面部中1/3骨延长”,“眶腔扩大、缩小、移位和再造研究与实践”,加上在眶部先天性和外伤后畸形修复再造中,应用再生医学成果和数字化技术,近20年来全国同行的数以万计的临床实践和总结,才有了《眶颧整形外科学》、《面部轮廓整形美容外科学》分册的面世。

《全书》中将《血管瘤和脉管畸形》列为分册。在世界整形外科学术专著中,对此多数叙述不详。其实,血管瘤、脉管畸形是常见疾病,不但损害患儿(者)的外形、功能,而且常常有致命性伤害。血管瘤和脉管畸形相关临床和基础研究,是近十多年来我国发展迅速的学科分支。对数十万计患儿(者)的治疗和研究积累,使得本分册的编撰者多次被邀请到美洲、欧洲和亚洲其他国家做主题演讲。世界著名的法国教授 Marchac 说:“今后我们有这样的病人,都转到你们中国去。”大量的实践和相关研究为本分册的高水平编撰打下了基础。

《肿瘤整形外科学》是一部填补空白的作品。它系统地介绍了肿瘤整形外科的基本概念、基本理论和临床实践,对肿瘤整形外科的命名、性质、范围、治疗原则和实践,以及组织工程技术在肿瘤整形外科的应用等做了详细论述。

《微创美容外科学》具体介绍了微创美容技术、软组织充填、细胞和干细胞抗衰老的应用和研究。

《全书》几乎涵盖了现今世界整形美容临床应用的各个方面,不仅有现代世界整形美容先进的基础知识和临床实践的论述,还有激光整形美容、再生医学、数字化技术、医用生物材料等医疗手段的应用指导,以及整形美容外科临床规范化、标准化研究和实践的最新成果。编撰者们力图为我国整形美容外科临床实践、研究、教育的发展建立航标。

从1996年《整形外科学》编撰起,到2014年《全书》全部出版,将历时19年,近百个单位、几百位学者参与。编撰者参阅了中外文献几十万或百万篇,从数十万到数百万计的临床案例和经验总结中提炼出千余万字。中国现代整形外科发展的经验告诉我们,学习和创新是发展的第一要素,创新来自学习、实践和对结论的肯定与否定,经过认识→实践→肯定→否定→新认识→再实践→总结,不断循环前进。“在学科前进的路途中,我们要清晰地认识自己,认识世界,要不断奋斗,不断创新,要有自己的话语权和轨迹,要善于向西方学习,但不能成为西方神话的传播者和维护者。”

《全书》各个分册将陆续出版。虽然几经审校,错误和不足难以避免,恳切希望得到读者的批评和指正,以便再版时修正。

王炜

2012年7月于上海



# 前言

## PREFACE

脂肪组织是人体的重要组成部分,它一方面具有缓冲外力、储存能量的作用,另一方面是人体重要的塑形物质。没有脂肪,人体各体表器官之间就不会产生平滑的过渡,形成美丽的曲线。因此,脂肪组织是体现人体形态美的重要成分。

肥胖是由于机体营养过剩,引起脂肪细胞过度增长造成的,它不仅危害人体健康,而且破坏形体美。而各种原因所造成的全身或局部皮下脂肪组织过度减少,则呈现全身性消瘦,失去形体固有的曲线,或出现局部凹陷畸形,均会破坏形体美。

形体美是爱美者追求的目标之一。形体美可以通过运动锻炼和良好的饮食、生活习惯达到,也可以借助美容外科手段来完成形体雕塑,包括脂肪抽吸术、脂肪移植术、形体成形术等。

脂肪抽吸术是形体雕塑技术的组成部分,其特点是封闭、钝性、非连续切割。它是以负压吸引为基础,结合超声波、高频电场、和谐共振、激光等手段,去除人体局部过度蓄积的皮下脂肪,以达到改善和美化形体美容外科技术。它以求美者的身体为审美对象,经过审美评价,对其形体进行再塑造,以获得求美者所期待的形体美效果。近年来,与脂肪抽吸术相关的各种技术、器械层出不穷,其安全性、有效性稳步提高,抽吸部位已由腹部扩大到全身各个部位,并在巨乳缩小、皮瓣修薄、脂肪瘤治疗、腋臭去除等手术中获得广泛应用,成为最富有活力的整形美容手术之一。

脂肪移植术已有 100 多年的历史,这期间先后涌现出游离脂肪组织移植、真皮脂肪组织移植、带血管蒂的大网膜移植、带蒂筋膜脂肪组织移植、吻合血管的游离脂肪组织移植。伴随着脂肪抽吸术的问世,颗粒脂肪组织注射移植技术应运而生。无论哪种脂肪移植方式,其核心技术在于重建血供以确保脂肪组织移植的成活率,否则,由于脂肪组织对感染的抵抗力较弱,若血供建立不良,移植后吸收量将高达 30%~70%。移植组织中心部位常常出现无菌性坏死、液化,形成囊肿,并最终被纤维结缔组织所代替。近年来,有关脂肪源性干细胞移植及组织工程脂肪构建与移植的实验和临床研究的文献报道逐渐增多。

形体成形术属于开放性形体雕塑技术,始于腹部成形,至今也有 100 多年历史。其手术切口设计不断得到改良,但大致可以分为三种术式:纵向切除、横向切除以及纵向联合横向切除。随着脂肪抽吸术的问世,形体成形术与脂肪抽吸术联合实施的术式应运而生,而且手术部位也几乎扩展到全身,收到良好的形体雕塑效果。

承蒙著名整形外科专家王炜教授的厚爱和信任,我们担任了由他领衔,与张志愿、高景恒、艾玉峰、吴溯帆教授共任总主编的巨著《整形美容外科学全书》分册之一——《形体雕塑与脂肪移植外科学》的主编工作,激动之余,由衷地感到责任和压力。在王炜教授的鼓励与指导下,本着“集百家之长,聚众人之力”的原则,我们在国内主要从事形体雕塑与脂肪移植工作的众多专家中,邀请到来自六个省市、七家医疗单位的十多位专家组成编写小组,历经十个月,完成了本分册编写工作。

根据《整形美容外科学全书》主编会议上五位总主编对编写工作提出的目标和要求,即充分反映国内整形外科各个领域的实际水平与最新成就,在本分册编写过程中,我们注重著作的科学性、先进性、实用性和可读性,同时,为体现“百花齐放,百家争鸣”的原则,我们在著作中也充分尊重作者个人经验

与学术观点,甚至是相悖的观点。在科学性方面,注重手术与治疗方法的科学规范、研究设计与方法的严谨可信;在先进性方面,注重手术方法、治疗方法、研究思路的创新、改进与发展;在实用性方面,注重以可重复性、可操作性为核心的临床实用价值,以及对相关科学研究的启发与促进作用;在可读性方面,注重语言流畅、图文并茂,以作者们自己的病例资料,辅以相应的文字说明,力求能使同行、读者们以平静、愉悦的心情轻松阅读,避免枯燥乏味。衷心感谢本分册编写小组的各位同行、专家,对我们为了本分册各章节风格的统一,将他们所赐书稿进行肆意修改、删减、增补的理解、包容和支持。同时,为了确保本分册的质量,我们荣幸地邀请到第四军医大学两位一级教授、著名整形外科专家、德高望重的鲁开化教授和陈绍宗教授担任本分册的审阅专家,在此向两位前辈表示衷心感谢。

本分册共分为 14 章。第一章主要介绍了脂肪组织的解剖生理学;第二章系统介绍了体型的形成与分类、影响体型的因素以及形体美学;第三章介绍了形体雕塑的麻醉,尤其重点介绍了肿胀麻醉及其安全性评价;第四至第六章系统介绍了脂肪抽吸术及其并发症的防治;第七章介绍了形体塑造;第八至第十二章介绍了脂肪移植的临床应用与研究成果,重点介绍了颗粒脂肪移植的临床技巧、储存以及提高颗粒脂肪移植成活率的研究进展;第十三章介绍了组织工程脂肪的构建以及移植的实验研究;第十四章介绍了脂肪源性干细胞移植在整形美容外科应用的研究。

在本分册编写过程中,各位作者以自己所做的工作为主,结合文献资料,使所撰写的内容尽可能反映出所涉及领域在国内目前的发展状况。由于理论水平有限,加上所取得的临床经验的局限性,书中难免挂一漏万、出现错误,敬请广大同行予以批评指正。

书稿编写完成之时,随着邮件的传递,我们将责任和压力传递给了浙江科学技术出版社的编辑们,是他们的辛勤耕耘才有了本分册的顺利出版,在这里向他们真诚地道一声:谢谢!

书稿完成之际,恰逢为我国整形外科学科发展作出突出贡献的上海交通大学医学院附属第九人民医院整形外科建科 50 周年暨我国整形外科创始人之一张涤生院士 95 岁华诞,谨以此书献礼,以致敬意。

刘毅 郭树忠

2011 年 12 月

## 1 第一章 脂肪组织解剖生理学

- 第一节 概述 1
- 第二节 皮下脂肪组织 8
- 第三节 脂肪细胞的来源与分化 12
- 第四节 脂肪细胞的内分泌功能 14

## 26 第二章 体型与形体雕塑外科技术

- 第一节 体型及分类 26
- 第二节 人体形体美学相关知识 30
- 第三节 形体雕塑外科技术 31

## 36 第三章 形体雕塑的麻醉

- 第一节 概述 36
- 第二节 局部麻醉 38
- 第三节 全身麻醉 41
- 第四节 肿胀麻醉 43
- 第五节 肿胀麻醉的安全性评价 57

## 61 第四章 脂肪抽吸术

- 第一节 概述 61
- 第二节 脂肪抽吸术的发展历史 62
- 第三节 脂肪抽吸术的方法 65
- 第四节 脂肪抽吸术在相关疾病治疗中的应用 74
- 第五节 脂肪抽吸术的注意事项 79

## 82 第五章 体表各部位脂肪抽吸术

- 第一节 面颊部脂肪抽吸术 82
- 第二节 乳房脂肪抽吸术 88
- 第三节 背部脂肪抽吸术 95
- 第四节 腹部脂肪抽吸术 101
- 第五节 髂腰部脂肪抽吸术 107
- 第六节 臀部脂肪抽吸术 112
- 第七节 上臂脂肪抽吸术 116
- 第八节 大腿脂肪抽吸术 121
- 第九节 小腿脂肪抽吸术 129

## 136 第六章 脂肪抽吸术的并发症及其防治

- 第一节 局部并发症 136
- 第二节 全身并发症 141
- 第三节 脂肪抽吸术安全指南 142

## 148 第七章 形体塑造

- 第一节 肥胖症分类的历史 148
- 第二节 形体雕塑历史回顾 150
- 第三节 腹部形体塑造 158
- 第四节 上臂形体塑造 183
- 第五节 臀部形体塑造 191

## 201 第八章 脂肪移植

- 第一节 概述 201
- 第二节 脂肪移植的类型 203
- 第三节 脂肪移植后的转归 215

## 218 第九章 颗粒脂肪移植

- 第一节 术前准备 219
- 第二节 颗粒脂肪的取材与处理 224
- 第三节 颗粒脂肪注射移植 227
- 第四节 颗粒脂肪注射术后的处理 245
- 第五节 影响颗粒脂肪注射移植存活率的因素 245

第六节 颗粒脂肪移植后的并发症及其处理 254

## 258 第十章 体表各部位颗粒脂肪移植

- 第一节 面部颗粒脂肪移植的大局观念 258
- 第二节 自体颗粒脂肪的采集和制备 261
- 第三节 各部位颗粒脂肪移植的方法 262
- 第四节 颗粒脂肪注射移植的常见并发症 280

## 284 第十一章 提高颗粒脂肪移植成活率的研究

- 第一节 概述 284
- 第二节 细胞因子与颗粒脂肪移植 285
- 第三节 基因治疗与颗粒脂肪移植 292
- 第四节 细胞治疗与颗粒脂肪移植 296
- 第五节 提高颗粒脂肪移植成活率的其他研究进展 300

## 303 第十二章 颗粒脂肪组织的低温保存

- 第一节 概述 303
- 第二节 低温保护剂以及颗粒脂肪组织的冻存方法 307
- 第三节 低温保护剂的筛选和颗粒脂肪组织冻存后的活力测定及移植研究 310
- 第四节 颗粒脂肪组织低温保存的研究进展 313

## 319 第十三章 脂肪组织工程

- 第一节 概述 319
- 第二节 种子细胞与脂肪组织工程 320
- 第三节 细胞支架材料与脂肪组织工程 330
- 第四节 生长因子与脂肪组织工程 337
- 第五节 组织工程脂肪的构建与移植 339
- 第六节 基因治疗与脂肪组织工程 344

## 351 第十四章 脂肪源性干细胞移植与整形美容

- 第一节 人脂肪源性干细胞的分离、培养及鉴定 351
- 第二节 脂肪源性干细胞移植的实验研究 354
- 第三节 脂肪源性干细胞移植的临床应用及实践 360

## 第一章

# 脂肪组织解剖生理学

## 第一节 概述

在 20 世纪之前,脂肪组织被医学界忽视,仅有极少数的研究报道。1857 年 Virchow R. 在其关于脂肪恶性肿瘤的文章中,首次提及脂肪细胞的功能(储存脂肪)。19 世纪 70 年代,Toldt C. 提出脂肪组织可能有其独自の起源,其功能不仅仅是储存脂肪。之后,Hoggan 夫妇首次报道了有关脂肪细胞结构的研究。

1926 年,Wasserman F. 和 Wertheimer H. E. 对脂肪细胞的胚胎发育、成熟过程及其调控进行了研究,这标志着人类对脂肪组织研究的正式开始。1950 年,Renold A. E. 等人发现注射胰岛素部位的脂肪细胞肥大。此后,众多学者对脂肪组织进行了全面深入的研究。1968 年,Hirsch J. 和 Gallian E. 推论成熟期前的肥胖涉及脂肪细胞的肥大和增生,而成熟期后的肥胖由脂肪细胞的肥大所导致。1974 年,Green H. 和 Kehinde O. 建立了 3T3 细胞系,随后提出成年人的脂肪细胞不能增殖,脂肪细胞由前脂肪细胞转化而来。Bjornorp P. 等在 20 世纪 70 年代末提出给予高脂饮食后,人或小鼠的脂肪细胞增大并伴有新的脂肪细胞增加,这些新的细胞可能部分来自脂肪前体细胞,部分源自其他前体细胞,肥胖个体前体细胞的分化快于正常体重者。近年来,瘦素、抵抗素等相继被发现,脂肪组织被认为是具有高度活性的内分泌组织,在能量代谢调节中起重要作用。

### 一、脂肪组织的起源与演变

脂肪组织是一种以脂肪细胞为主要成分的结缔组织。脂肪组织的形成始于胚胎期第 34 周,起源于中胚层的多潜能干细胞(也能分化为骨、肌肉、软骨及其他中胚层组织的前体细胞),其单潜能(定向)干细胞为成脂肪细胞。此后至出生后 9 个月脂肪细胞持续增长,从第 9 个月开始增长速率为零,皮下脂肪减少(负增长),直至 6~8 岁又开始增长,此时男女皮下脂肪分布相似。但青春时期男孩肢体脂肪减少,女孩肢体脂肪则缓慢增长而不减少。20 多岁时,男孩躯体脂肪停止增长,而女孩躯体脂肪稳定增长,并蓄积于性别相关部位,如乳房、上臂、下腹部及大腿等处(图 1-1)。老年后随着皮下脂肪组织的萎缩,男女的形体再次接近。

### 二、脂肪组织的构成

正常成年人脂肪组织由脂肪细胞及其周围基质成分(胶原纤维、血管、成纤维细胞和免疫细胞等)构成。脂肪组织中 50%的细胞成分为脂肪细胞,体积约占 96%;其余为血管、神经及其他结缔组织,体积约占 4%。

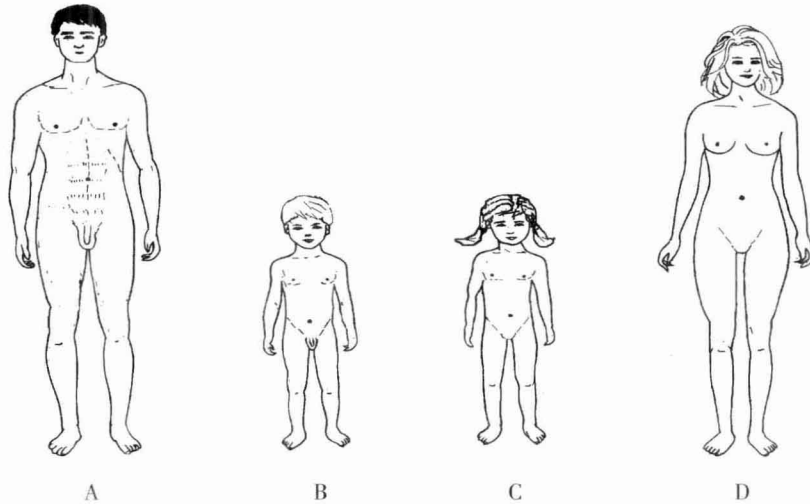


图 1-1 儿童及成年形体  
A. 成年男性 B. 男性儿童 C. 女性儿童 D. 成年女性

脂肪细胞是脂肪组织的结构单位,主要功能为储存与动员脂类。人体脂肪细胞约有  $2.5 \times 10^{10}$  个,肥胖者可达  $9.05 \times 10^{10}$  个。其大小随所含脂类的多少而定,直径一般在  $20 \sim 120 \mu\text{m}$  之间,最大可达  $200 \mu\text{m}$ ,体积可相差数百倍。中国人女性脂肪细胞直径平均为  $91.8 \pm 20.9 \mu\text{m}$ ,女性人体皮下脂肪细胞自上而下逐渐增大,面部(颊部)脂肪细胞直径为  $67.8 \pm 10.5 \mu\text{m}$ ,上腹部为  $76.3 \pm 15.1 \mu\text{m}$ ,下腹部为  $97.2 \pm 14.0 \mu\text{m}$ ,臀部为  $105.9 \pm 16.2 \mu\text{m}$ ,与女性皮下脂肪组织的分布规律有相关性。

在光镜下,白色脂肪细胞呈圆形、椭圆形或多边形,细胞内含有一大脂肪滴,将非脂类胞质和胞核挤向边缘(图 1-2)。脂肪细胞周围基质成分由胶原纤维、弹力纤维、基质细胞(巨噬细胞、肥大细胞、成纤维细胞等)及神经、血管结构组成。

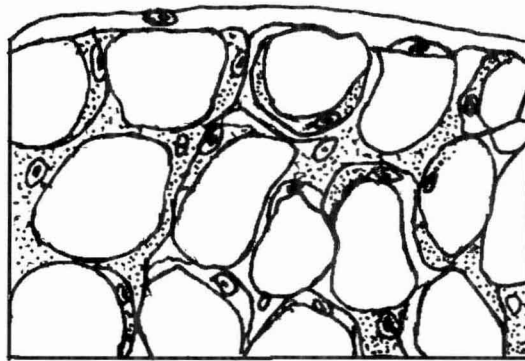


图 1-2 脂肪细胞形态

多个脂肪细胞被纤维组织隔包裹为脂肪小叶,纤维隔起支持和间隔脂肪小叶的作用。在某些部位,脂肪组织被皮下筋膜包裹分隔为深浅两层。脂肪组织的基质微管成分(stromal vascular fraction, SVF)可被胶原酶降解,从而分离纯化出脂肪细胞。

传统观念认为脂肪组织是血供匮乏的组织,但近期越来越多的学者认为脂肪组织含有丰富的血供,每个脂肪细胞至少有一条毛细血管相连,最终汇集于脂肪小叶间隔内小动脉。常态下,每  $100\text{g}$  脂肪组织,血流量为  $2 \sim 14\text{ml}/\text{min}$ ,与同等体积的横纹肌相比,其血供更为丰富;血管舒张时血流量可达  $20 \sim 50\text{ml}/(\text{min} \cdot 100\text{g})$ ,注射肿胀液时降至  $1\text{ml}/(\text{min} \cdot 100\text{g})$ 。但与其他血供丰富的组织

不同,脂肪组织很少有知名的供应血管,而是由邻近器官组织的较大血管发出众多细小的血管进入脂肪组织,因此吻合血管的脂肪组织游离移植应与真皮或深筋膜一同复合移植。脂肪组织的这种血液供应方式与其功能有关。脂肪组织的主要功能为储存和供应能量,吸收或释放脂质均需通过血液循环,密集细小的血管网可以有效地转移脂质(图 1-3)。脂肪组织的这种血液供应方式决定了脂肪移植时必须确保移植组织具有良好的血供,才能保证其存活率。除了以吻合血管的方式进行游离脂肪组织移植,能够确保所移植的脂肪组织具有良好血供外,无论采用游离脂肪组织移植、颗粒脂肪移植、真皮脂肪组织移植等任何一种移植方式,都将严重影响到所移植组织的血液供应,导致移植组织液化、坏死、吸收或者纤维化。所以,无论采用哪种方式的脂肪移植,关键是确保移植组织在受区的血供重建,以利于移植组织存活,从而确保手术成功。

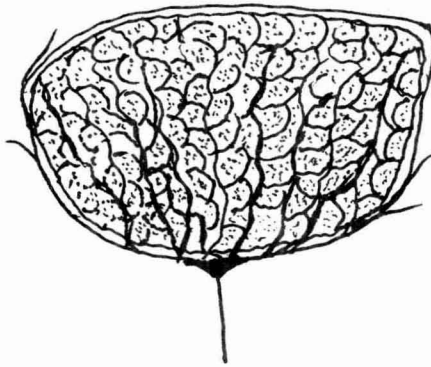


图 1-3 脂肪小叶的血液供应

### 三、脂肪组织的分类与特点

脂肪组织(adipose tissue)是一种特殊的结缔组织,大量脂肪细胞聚集在疏松结缔组织中形成脂肪组织。脂肪细胞多沿小血管呈单个或成群分布,疏松结缔组织将成群的脂肪细胞分隔成许多小叶。

脂肪细胞呈圆形或卵圆形,胞质内含有大脂肪滴,其细胞核呈扁卵圆形,被脂滴挤向细胞的一侧。脂肪细胞能合成和储存甘油三酯,脂肪氧化分解时可释放大量热能。根据脂肪细胞的结构和功能不同,可将脂肪组织分为白色(黄色)脂肪组织与棕色脂肪组织。

#### (一) 白色(黄色)脂肪组织

**1 组成** 白色(黄色)脂肪组织又称单泡脂肪组织(unilocular adipose tissue),脂类占 60%~80%,其中 90%~99%为甘油三酯,水占 5%~30%,蛋白质占 2%~3%;脂类酰基来源以豆蔻酸(十四烷酸)、棕榈酸(十六烷酸,又称软脂酸)、硬脂酸(十八烷酸)、棕榈油酸(9-十六碳烯酸)、油酸(顺式-9-十八碳烯酸)、亚油酸(顺式-9,12-十八碳烯二酸)为主,含不饱和脂肪酸较多,熔点低而流动度大,体温下降时仍呈液态,有利于代谢活动;腹壁、股部、髂嵴下脂肪熔点为 22~29℃。

**2 组织学特征** 白色(黄色)脂肪组织的脂肪细胞很大,直径可达 120 $\mu\text{m}$ 。典型的脂肪细胞为圆形或椭圆形,密集时则呈多角形。胞质内含有一个大的脂肪滴,占据细胞的大部分容积,将非脂类胞质和扁卵圆形的核挤向细胞一侧,使胞质被挤缩成薄层环形,仅占细胞整个容积的 1/40。此种脂肪细胞称为单泡性脂肪细胞,以区别于含有多个小脂肪滴的、被称为多泡性脂肪细胞的棕色脂肪细胞。制备组织学切片时,脂肪滴被脂溶剂溶解,因此只留下细胞膜与薄层胞质,使脂肪细胞呈空泡状。银染色可见每一个脂肪细胞都有网状纤维包绕,细胞之间的角形间隙中可见毛细血管横



断面,这些毛细血管形成遍布脂肪组织的疏松毛细血管丛。若保存较好,切片中的脂肪组织呈带有大而多角形网眼的纤细网状结构(图 1-4)。

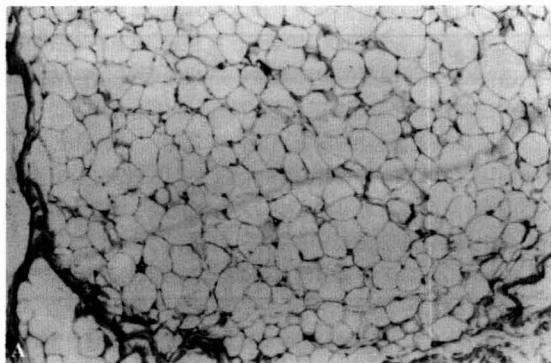


图 1-4 白色(黄色)脂肪组织

脂肪组织常被肉眼可见的结缔组织间隔分隔成若干小叶,在由脂肪承受压力且具有衬垫或缓冲震动作用的部位尤为明显。其他部位的结缔组织间隔较薄,脂肪组织的小叶结构不甚明显。

脂肪组织分布于皮下和内脏周围,构成脂肪组织的主体——脂肪器官(adipose organ),而脂肪小叶(fat lobule)是构成脂肪组织的基本结构和功能单位。每个小叶具有独立的毛细血管网络,血管的内径小于  $5\mu\text{m}$ ;小动脉和引流静脉及神经与小叶之间的间隔内,脂肪细胞和毛细血管之间联系紧密,其间只有肌膜和少量胶原纤维提供支持,来自血浆的乳糜微粒和极低密度脂蛋白,经毛细血管内皮的脂蛋白脂酶(lipoprotein lipase, LPL)分解为脂肪酸和甘油后,转运至脂肪细胞内。多个脂肪小叶依次组成脂肪小珠、脂肪块、脂肪室。

电镜观察时可见,细胞核周围的胞质含有一个高尔基复合体、少量的细丝状线粒体、极少量较短的内质网轮廓以及中等数量的游离核糖体。脂滴周围的薄层细胞质虽较稀薄,却仍含有少量的线粒体、纤细的微丝和小泡状滑面内质网,也可见新形成的、尚未与主要脂滴融合的小脂滴。脂滴没有膜包被,而常由相互垂直排列的  $40\sim 50\text{\AA}$  的微丝与其周围的非脂胞质相分开,非脂胞质内也见其他散乱排列的单个或小束状微丝。细胞膜上有许多被认为是胞饮作用超微形式证据的微小袋状内陷。每个脂肪细胞均包有一层相当于上皮边界层或基板的糖蛋白。

当长期断食或有慢性疾病而消瘦时,脂肪组织储备的脂类将大量减少,而变成含有丰富血管的结缔组织,内含具有多个小脂滴的卵圆形或多角形脂肪细胞的聚集体。

**3 分布** 白色(黄色)脂肪组织广泛分布于皮下,骨骼肌间、腹腔、盆腔和骨髓腔也有分布,在眼睑、耳部、胫骨前、踝部、阴囊、阴茎处无或仅有很少的皮下脂肪组织,其他各处均有厚度不一的皮下脂肪组织,这些皮下脂肪组织是脂肪抽吸的相关部位。白色(黄色)脂肪组织具有储存脂肪和保持体温的作用,但其数量则受年龄与性别影响而有部位性差别。男性皮下脂肪组织约占其脂肪组织总量的 80%,女性约占 90%。内脏脂肪比例平均则为 18%,女性少于男性。婴儿和幼儿有连续性皮下脂肪层,厚度均匀,遍布全身。成年人的脂肪层在有些部位较薄,而在某些特定部位不仅长期保留,而且长得很厚。这些部位男女有别,且为男女体型特点不同的主要原因。男性的主要部位为颈后和覆盖第七颈椎的部位、覆盖三角肌和肱三头肌的皮下部、腰骶部及臀部。女性皮下脂肪最丰富的部位是乳房、臀部、大转子外侧部及股前等部位。除了这些表浅的脂肪沉积部位外,男性和女性的大网膜、肠系膜、腹膜后部和黄骨髓等处也有广泛的脂肪组织蓄积。

脂肪氧化分解时能产生大量热能,所以脂肪组织是人体内最大的“能量库”。