



研究生系列教材



形态计量 与图像分析学

XINGTAI JILIANG YU TUXIANG FENXIXUE

主编 彭瑞云 李 杨

形态计量与图像分析学

Morphometry and Image Analysis

主 编 彭瑞云 李 杨

副 主 编 徐新萍 姜志国

主 审 王德文

学术秘书 刘 圣 孙成峰

编 者 (按姓氏笔画排序)

王水明 王长振 王丽峰 王晓民

左红艳 申 洪 李 杨 赵 黎

姜志国 徐新萍 涂开成 曹珍山

常公民 彭瑞云

军事医学科学出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本教材是针对病理学硕士研究生《形态计量和图像分析学》教学而编写的,是各位教员从事教学经验和科研活动工作的总结,既有基础理论知识,又有该领域最新进展和新技术。内容分图像分析和形态计量学、医学体视学和生物医学图像信息技术三篇。第一篇介绍形态计量和图像分析学的诞生与发展、基本概念、形态计量学的理论和实践、定量病理学及其应用、形态计量技术应用中应注意的问题等。第二篇介绍体视学基本原理和方法、体数据的预处理、数字图像处理与图像三维重建、体图形学、体视化硬件与典型体视化系统等。第三篇介绍图像信息基础理论、生物医学图像基础知识、生物医学图像采集、处理、分析和管理技术等。本教材内容丰富翔实、实用性强,是从事病理学与病理生理学、临床医学乃至分子和细胞生物学等学科研究生的必备教材,对相关学科的科研人员、教育工作者及临床医生亦有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

形态计量与图像分析学/彭瑞云,李杨主编.

-北京:军事医学科学出版社,2012.8

ISBN 978-7-80245-996-0

I. ①形… II. ①彭… ②李… III. ①形态计量学
②医学摄影-图像分析 IV. ①R68 ②R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 170777 号

策划编辑:易 凌 责任编辑:于庆兰 责任印制:马 凌

出 版 人:孙 宇

出 版:军事医学科学出版社

地 址:北京市海淀区太平路 27 号

邮 编:100850

联系电话:发行部:(010)66931049

编辑部:(010)66931127,66931039,66931038

传 真:(010)63801284

网 址:<http://www.mmsp.cn>

印 装:北京宏伟双华印刷有限公司

发 行:新华书店

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:12.5(彩 3)

字 数:295 千字

版 次:2012 年 8 月第 1 版

印 次:2012 年 8 月第 1 次

定 价:35.00 元

本社图书凡缺、损、倒、脱页者,本社发行部负责调换

《研究生教学丛书》编委会名单

主 任 徐天昊

副主任 张永祥 毛军文 孙岩松 王东根

委 员 王福庄 高杰英 颜贤忠 鲁显生 胡良平

吴志军 徐 雷 刁天喜 赵东升 刘兴林

彭瑞云 郑晓飞 陈肖华 杨 征 朱玲玲

于晓枕 汪 海 李君文 曹务春 秦鄂德

杨瑞馥 谢剑炜 王永安 宫泽辉 丁日高

李 松 梅兴国 徐新喜 杨 晓 梁 龙

章金刚 贾 红 王兴龙 张伟京 艾辉胜

尉承泽 陈建魁 刘传和 范 薇 王 宁

杨松涛 王 壮

秘 书 边 岳

序

凝聚着军事医学科学院专家教授、研究生导师和研究生教育工作者多年心血的《研究生教学丛书》于 2008 年开始陆续出版,并已成为研究生学习理论课程、完善知识结构的良师益友。

军事医学科学院是全军最高层次的多学科综合性医学科研机构及国家重要的综合性生物医学研究与高级人才培养基地,主要从事军事医学及相关基础医学、生物高新技术、新药研发等研究。作为国家首批博士、硕士学位授权单位,军事医学科学院自 1965 年开始招收培养研究生,是全军研究生培养规模最大的科研机构,学位授权学科涵盖理、工、农、医、管、军 6 个门类,拥有一级博士学位授权学科 6 个(生物学、生物医学工程、兽医学、基础医学、公共卫生与预防医学和药学),实际招收培养研究生的二级博士学位授权学科 25 个、硕士学位授权学科 33 个,博士后流动站 5 个。通过多年实践积累,军事医学科学院形成了一整套既注重基础理论教学,又注重科研实践的研究生教育体系,先后为国家、军队培养和输送了以两院院士为代表的研究生 4000 余名,被喻为培养军事医学科研和疾病防控领域高层次人才摇篮。

军事医学科学院研究生教育工作始终坚持质量第一的原则,着眼新时期军事医学人才需求,不断深化教学改革、优化课程设置,进一步提高了研究生的综合素质和创新能力。本套丛书既注重基础理论的学习与巩固,又面向科技发展前沿;既保持生物医学的系统性,又体现军事医学特色,力求理论性、系统性、前沿性、实用性的统一;同时,兼顾了不同层次读者的需求,不仅适合在校研究生学习,也可作为高等院校或科研机构专业人员的参考书。

“桃李不言,下自成蹊。”我相信,经过军事医学科学院一批又一批专家教授的深入研究与积极探索,《研究生教学丛书》必将结出更为丰硕的果实,引领更多的莘莘学子走进科学的殿堂,为军队乃至国家的医学科研事业做出积极贡献。

贺福初

前 言

长期以来,军事医学科学院病理学教研室为硕士研究生开设《图像分析》课程,但一直缺乏供本院研究生教学使用的教材。在院科技部研究生处的大力支持下,经过本院病理学与病理生理学教研室各位教员的共同努力,《形态计量与图像分析学》研究生使用教材即将出版。各位教员在实际工作中收集、整理并参考有关资料,结合自己的工作经验、体会和研究成果,从研究生教学实际出发,按照本院研究生教学大纲要求编写了该教材。

本书共分十六章,内容主要有三方面:①图像分析和形态计量学,包括形态计量和图像分析学的诞生与发展、基本概念、形态计量学的理论和实践、定量病理学及其应用、形态计量技术应用中应注意的问题等;②医学体视学,包括体视学基本原理和方法、体数据的预处理、数字图像处理与图像三维重建、体图形学、体视化硬件与典型体视化系统等;③生物医学图像信息技术,包括图像信息基础理论、生物医学图像基础知识、生物医学图像采集、处理、分析和管理技术等。内容丰富、翔实,理论密切联系实际,图文并茂,实用性强。相信《形态计量与图像分析学》教材的出版,必将对我院研究生教学的完成有重要意义。

在该教材编写过程中,除得到本教研室各位教员的大力支持外,还得到了军事医学科学院科技部研究生处的大力支持。此外,赵黎博士、王惠和孙成峰为本教材的收集整理、编排、目录和引言制作等付出了艰辛的劳动。在此一并致以衷心的感谢!

由于编者水平有限,时间紧迫,在编写过程中难免有遗漏和错误之处,敬请各位读者批评指正,以期更加完善和实用。

彭瑞云 李 杨

目 录

第一篇 图像分析和形态计量学

第一章 总论	(3)
一、体视学的基本概念	(3)
二、体视学的诞生与发展	(4)
三、体视学的地位与作用	(5)
第二章 形态计量学的理论和实践	(6)
一、概述	(6)
二、形态计量学的基本原理	(7)
三、样本及其抽样方法	(8)
四、测量工具	(13)
五、图像测量及二维形态计量学参数	(20)
第三章 定量病理学及其应用	(27)
一、概述	(27)
二、基本概念	(27)
三、定量病理学基本程序	(27)
四、图像分析技术应用领域	(27)
五、定量病理学应用中应注意的一些问题	(29)
第四章 形态计量技术应用中应注意的问题	(31)
第一节 形态计量技术应用中应注意的问题	(31)
一、如何正确选择参数	(31)
二、重视测量装置的灵敏度	(33)
三、正确选择参照(包容)空间	(35)
四、样品单位的确定	(35)
五、重视从群体到个例抽样的样本容量	(36)
六、注意正确区分二维与三维参数	(37)
七、注意形态计量学参数与其他指标的联合应用	(38)
第二节 形态计量学研究相关论文书写中应注意的问题	(38)
一、参数写明量纲	(38)

二、写明视场或照片测量时的放大倍数	(38)
三、交代参照空间,参数符号表述规范	(38)
四、正确给出参数的有效数字	(38)
五、论文书写中英文词语要规范	(39)
第三节 图像分析仪应用中应注意的问题	(39)

第二篇 医学体视学

第五章 体视学基本原理和参数	(43)
第一节 体视学基本原理	(43)
一、体视学概述	(43)
二、体视学的基本原理	(43)
三、体视框	(47)
第二节 体视学参数及其测算方法	(47)
一、密度参数	(47)
二、尺寸参数	(50)
三、形状参数	(51)
四、分布参数	(52)
第六章 连续切片图像预处理、三维重建及体视学分析	(54)
一、引言	(54)
二、序列切片图像三维重建	(54)
三、自动 Disector 三维粒子测量	(57)
四、组织切片重建及自动 Disector 应用与实验分析	(60)
五、小结	(65)
第七章 显微三维数据场直接体可视化方法	(67)
一、引言	(67)
二、体可视化技术概述	(67)
三、物空间的 Shear-Warp 快速直接体视方法	(71)
四、直接体视中的阻光度转换函数	(78)
五、彩色显微体数据的显示	(82)
六、小结	(84)
第八章 计算机图形学	(87)
第一节 计算机图形	(87)
一、计算机图形常用术语	(87)
二、位图与矢量图	(88)
三、位图与矢量图相互转换	(90)
第二节 计算机图形学	(90)

一、计算机图形学概述	(90)
二、面图形学	(91)
三、体图形学	(91)
四、面图形学与体图形学差异	(93)
第三节 计算机图形学的应用	(94)
一、计算机图形系统	(94)
二、计算机图形学应用	(95)
三、计算机图形学的生物医学应用	(95)
第九章 体视化硬件与典型体视化系统	(97)
一、图像分析系统的种类、设备和性能	(97)
二、计算机—图像分析仪图像定量原理	(100)

第三篇 生物医学图像信息技术

第十章 图像信息基础理论	(107)
第一节 图像处理概述	(107)
一、图像处理	(107)
二、图像处理系统	(107)
第二节 图像处理各论	(107)
一、图像数字化	(108)
二、图像编码	(108)
三、图像压缩	(108)
四、图像增强	(108)
五、图像复原	(109)
六、灰度图像处理	(109)
七、图像重建	(109)
八、体数据及其三维显示	(109)
九、数据压缩	(110)
十、图像分割	(111)
十一、图像匹配	(113)
十二、图像描述	(114)
十三、图像识别	(115)
十四、图像分析	(116)
第十一章 生物医学图像基础知识	(117)
一、生物医学图像学基本概念	(117)
二、生物医学图像学的类型	(117)
三、生物医学图像的参数	(119)
四、生物医学图像处理系统的构成	(122)

五、生物医学图像信息技术的主要内容	(126)
第十二章 生物医学图像采集技术	(128)
一、概述	(128)
二、生物医学图像采集技术的种类	(128)
三、生物医学图像采集方案	(128)
四、生物医学图像采集设备	(129)
五、结语	(131)
第十三章 生物医学图像处理技术	(132)
第一节 概述	(133)
一、Photoshop 简介	(133)
二、Photoshop7.0 的应用	(134)
第二节 Photoshop 基础操作	(135)
一、建立新图像	(135)
二、保存图像	(135)
三、关闭图像	(135)
四、打开图像	(136)
五、置入图像	(136)
六、切换屏幕显示模式	(136)
七、标尺和度量工具	(136)
八、缩放工具	(136)
第三节 基本概念	(136)
第四节 Photoshop 工具与绘图	(141)
一、Photoshop 的绘图工具	(141)
二、设置画笔	(141)
三、绘图工具选项设置	(142)
四、Photoshop 绘图	(142)
第五节 图像编辑	(143)
一、图像的尺寸和分辨率	(143)
二、图层功能简述	(144)
三、旋转和变换	(144)
四、还原和重做	(144)
五、填充和描边	(145)
第六节 控制图像色彩和色调	(145)
一、图像色调控制	(145)
二、特殊色调控制	(146)
三、图像色彩控制	(146)

第十四章 生物医学图像分析技术	(147)
第一节 生物医学图像分析技术	(147)
一、生物医学图像分析的基本概念	(147)
二、生物医学图像分析方法	(147)
三、生物医学图像统计方法及软件	(152)
四、生物医学图像解释	(152)
五、生物医学图像分析技术在科研及临床诊断中的应用	(153)
第二节 生物医学图像专用处理软件	(154)
一、Med6.0A 图像处理分析软件	(154)
二、Image-Pro Plus 图像处理分析软件	(156)
第十五章 生物医学图像管理技术	(162)
第一节 图像数据的存储与数据库	(162)
一、图像存储管理系统设计	(162)
二、系统结构	(164)
三、系统软件	(165)
四、数据库集成	(167)
第二节 生物医学图像信息数据库的建立	(170)
一、生物医学图像信息数据库构成	(170)
二、几项生物医学图像信息数据库的建立	(170)
第十六章 生物医学图像传输技术	(174)
第一节 网络传输图像常识	(174)
一、图像概述	(174)
二、图像传输技术	(175)
第二节 图像网页制作常识	(177)
一、网站概述	(177)
二、图像网页制作	(177)
第三节 生物医学图像信息检索及常用网址	(178)
一、基于图像搜索引擎的检索技术	(179)
二、生物医学图像信息检索常用网址	(180)
三、目前图像检索技术研究的热点问题	(181)
第四节 医学影像存档与通信系统	(182)
一、PACS 概述	(182)
二、PACS 的构成及工作原理	(182)
三、PACS 在医学影像学科中的应用价值及存在的问题	(185)
四、PACS 应用前景展望	(185)

第一篇

图像分析和
形态计量学

<<< 第一章

总 论

内容提要:本章介绍体视学基本概念、诞生与发展、地位与作用等。

一、体视学的基本概念

(一) 体视学和生物体视学

体视学(stereology)是由二维结构信息定量推论三维结构信息的一门介于形态学与数学之间的边缘学科。体视学是借助计算机和数据处理系统、显微镜和显微成像系统,将二维平面经过成像及计算机分析处理得到三维形态,以准确地对物体进行定量及形态结构分析。

体视学研究内容是从二维结构推论三维结构的原理、方法和应用。其理论基础是几何学、概率论、数理统计及曲线、曲面、微积分和拓扑学理论等。体视学的任务是采用数学方法,根据从比实际组织维数小的截面(投影图)所获得的信息,定量地描述实际组织。

同时,体视学也是一门新兴的应用学科,已日渐广泛应用于生物医学、材料科学、图像科学、冶金学、建筑学、工业、农业等领域,尤其是生物医学领域。

生物体视学是用体视学的原理和方法研究生物组织结构,并根据生物组织的结构特点,探讨相应的体视学测算方法的学科。生物体视学是体视学的一个分支。

(二) 图像分析(image analysis)技术

图像分析是进行体视学研究的方法之一,广义上属体视学研究的范畴,是将图像内某些信息进行收集、处理、测量、计算和分析的一门技术,是一种从二维图像中提取特定数据的技术方法。

(三) 测量的主要工具

1. 测试模版 主要有手工体视学测量和图像分析系统的体视学测量。

2. 图像分析系统(仪) 主要进行截面的二维参数的测量。

体视学的测量值往往是相对测量值,以两个彼此相关联的测量值的比率来表达,其中一个测量值与组分有关,另一个测量值与包容空间相关。

体视学原理可确定在切片上测得的这些比率与空间结构内相应的比率之间的关系。

(四) 基本概念

1. 平面测量学(planimetry) 定量反映二维图像特征的理论和方法。

2. 形态测量学(morphometry)

狭义:包括平面测量学和体视学。

广义:除包括平面测量学和体视学外,还包括形态结构要素计数分析。

3. 包容空间(containing space) 包含结构成分的某一空间。主要指细胞或亚细胞成分。
4. 参照系(reference system) 也叫包容空间。包容空间和参照系的差别:参照系有三维、二维和一维,而包容空间是三维的。
5. 相(phase) 本质相同的结构成分的集合。
6. 密度(density) 单位参照系中包含某相体积、表面积、面积、长度和数量等的量。
7. 体积密度(volume density) 单位包容空间内某相的体积。
8. 表面积密度(surface density) 单位包容空间内所含有某相的表面积。
9. 长度密度(length density) 单位包容空间内某相的长度。
10. 数密度(numerical density) 单位包容空间内某相的数目。
11. 粒子(partical) 当结构成分是由许多离散的能作为单元独立存在的要素组成时,此要素称为粒子。
12. 切面(section) 一次切割组织产生的平面。
13. 切片(slice) 由二次平行的有限间隔切割组织后产生的组织薄片。
14. 截面(profile) 切片或切面中的独立成分或结构。
15. 截距(intercept) 测试线落在截面内的截线长度。
16. 交点(intersection) 测试线与截面边界的相交点。
17. 凸面体(convex solid) 连接实体内任何两点的线段,必需全部落于此实体内;或实体上切下的一个切片只能形成一个截面。

(五) 体视学参数

1. 密度参数 体积密度、表面积密度、长度密度、曲度和数密度等。
2. 尺寸参数 平均直径和体积、器官体积、平均截距和屏障厚度等。
3. 形状参数 粒子的表面积与体积比、轴比、球度、平均曲度、平均表面积等。
4. 分布参数 粒子间的平均自由度、平均中心距离、粒子分散度和最近邻距离等。
5. 其他参数 总体积、总表面积、粒子总数等。

二、体视学的诞生与发展

1848年,法国地质学家 Delesse 首先提出用二维代替三维(测量量),此后体视学逐渐被应用,但没有形成完整的体系。1961年,Hens Elias 在德国 Neustadt Schwarzwald 召集的非正式国际会议,有11位科学家参加,使用了“stereology”,从此开辟了体视学的发展。1963年,第一届国际体视学会议在维也纳召开,并正式成立了国际体视学会(International Society for Stereology, ISS),从此,诞生了体视学。形态定量研究最早开始于地质矿物领域,此后逐渐在金属材料结构与性能、生物学和医学方面得到应用。

我国自20世纪60年代起,引用体视学技术,1964年,出版了《定量组织学实验技术》。1978年后,各个学科重视体视学理论和图像分析方法。1981年,军事医学科学院成为国内在生物和医学界引进图像分析仪的第一家,在诸形态学科领域开展形态定量工作,并多次举办全国性的学习班。1988年,军事医学科学院主持召开了第五届中国体视学和图像分析学术会议,正式成立了中国体视学学会(Chinese Society for Stereology, CSS)和中国生物医学体视学学会(Chinese Biomedical Society for Stereology, CBSS)。

三、体视学的地位与作用

通常情况下,体视学工作可分为两个方面:一方面是体视学基础理论的研究,从事这部分工作的大都是各种类型的数学工作者;另一方面则是利用这些理论去寻求解决显微组织图像的描述和测量的方法研究,从事这部分工作的大都是生物学、材料科学及矿物学工作者等。

传统的生物形态学研究采用形态描述反映形态结构及其改变,并多限于二维水平上,这与缺少形态定量分析的方法有关。生物体视学为形态二维乃至三维定量研究提供了方法,使形态定量研究成为可能。

一般而言,生物医学是采用数学方法较少的学科之一。以往的形态学科研究中,大都采用定性描述方法,这无疑与形态定量方法发展缓慢、不够普及有关。随着科学的发展,计算机的普及,图像分析仪的广泛应用和体视学原理、方法的发展,生物形态学研究由定性向定量发展,在二维乃至三维水平上进行研究,具有广泛的应用前景。

总之,一门学科只有在成功地运用数学时,才能真正达到完美的地步。一门学科的数学化,首先意味着该学科从定性研究进入定量研究。体视学使形态学科研究由单纯的定性描述、半定量描述向定量研究发展,使形态学科产生新的飞跃。

(彭瑞云)

参考文献

- [1] 申洪,沈忠英. 实用生物体视学技术[M]. 广州:中山大学出版社,1991.

<<< 第二章

形态计量学的理论和实践

内容提要:形态计量学的定义、语言、基本原理,样本抽样方法,测量工具,图像测量及二维形态计量学参数等。

一、概述

(一)形态计量学的概念

形态计量学(morphometry)是定量描述组织结构特征的一门学科。研究的目的是要探讨组织结构各部分间相互关联的程度以及它们的相对大小等。作为计量医学的一个分支,涵盖了平面计量学、体视学、光密度测量术、图像处理分析技术、要素计数术和流式细胞测量术等。从几何学角度考虑,形态计量学主要分为二维平面计量学和三维体视学。因此,形态计量学参数既可以是二维平面的,也可以是三维空间的。生物组织切片、体液涂片和培养细胞制片均可作二维形态计量学分析。

(二)形态计量学的语言

形态计量学发展到今天,它已经是一门成熟的学科,作为一门成熟的学科有自己领域的描述语言,现将常用的术语介绍如下。

1. 结构(structure) 在一个确定的组织模式中,由许多相互依赖的部分所组成的某物体称为结构。一个结构至少由两个组分(component)构成。结构多种多样且决定着事物存在的本质。

2. 组分(component) 在结构中能被截然分开而且能被辨认的部分。通常把本质相同的结构成分的集合称为相(phase)。例如,一个细胞的所有线粒体构成此细胞的线粒体相。如果组分是由许多离散的能作为单元独立存在的要素所组成,则称这些要素为物体(object)或粒子(particle),这些粒子可以有任意的形状。腺体、细胞、核、线粒体等都可当做粒子。

3. 凸面体(convex) 连接实体内任何两点的线段必须全部落于此实体内。换言之,穿过此实体的一条线只能形成一个弦(chord)或一条截线(intercept)。同样切过此实体的一个切片只能形成一个截面;否则为凹面体(concave)。

4. 包容空间(containing space) 指包含被研究的组分的空间。包容空间不是固定不变的,它可根据研究目的的需要选定。组织、器官都可以作为包容空间。包容空间也称为参照系,但两者不完全相同,参照系可以是三维,也可以是二维,但包容空间一般指三维。

5. 密度(density) 是指单位参照系里包含某相体积、表面积、面积、长度或数量等的量。例如:体积密度(volume density)指单位包容空间内某相的体积。表面积密度(surface density)