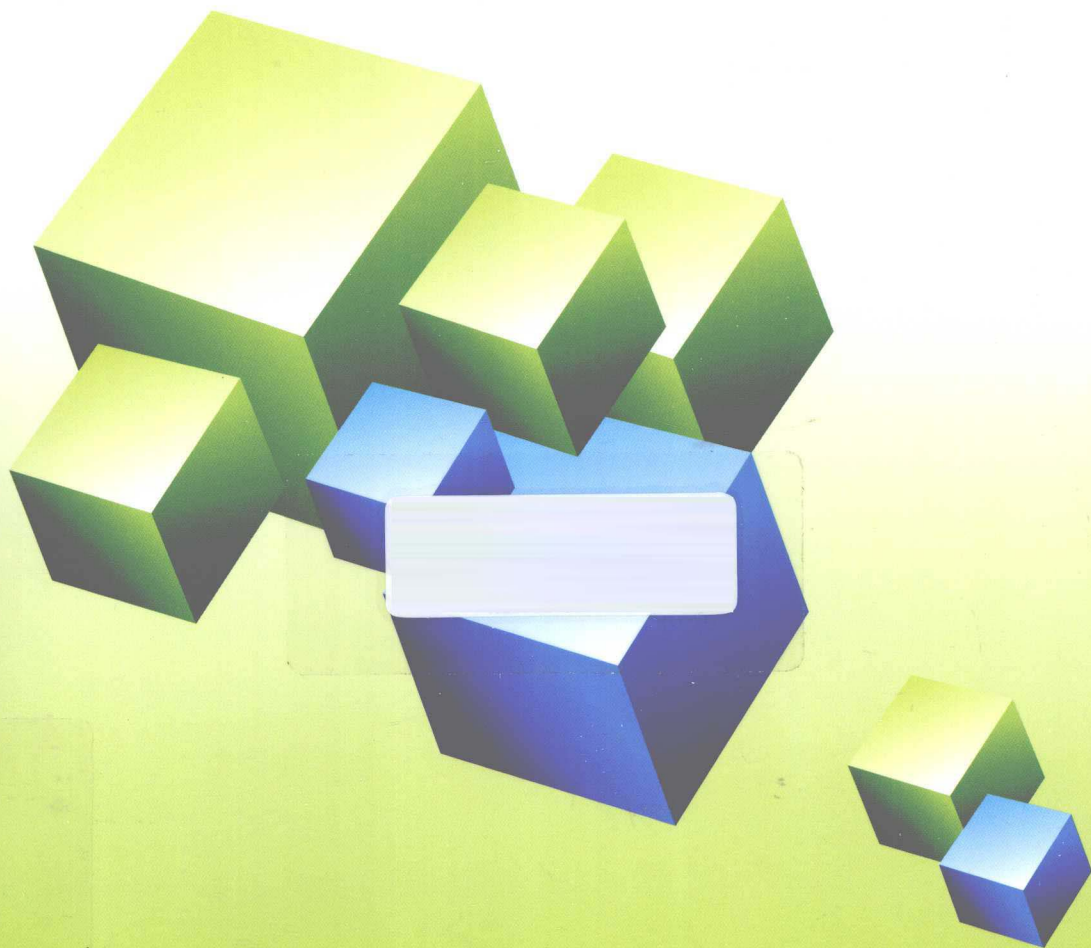


MAZUOXUE
JICHU

麻醉学基础

主编 戴体俊 刘功俭 姜 虹



第二军医大学出版社
Second Military Medical University Press

MAZUIXUE JICHU

麻醉学基础

第2版 第1次印刷



人民卫生出版社
People's Health Press

麻醉学基础

(供麻醉学专业研究生及麻醉科医师用)

主 编 戴体俊 刘功俭 姜 虹

副主编 黄水平 刘金东 张咏梅

编 者 (以姓氏笔画为序)

王阿明	王志萍	申 文	印晓星	吕建农
朱珊珊	刘功俭	刘金东	江 山	汤仁仙
许鹏程	李 波	沈幼贞	张励才	张咏梅
郑小锋	姜 虹	徐 洁	黄水平	曾因明
戴体俊				



第二军医大学出版社
Second Military Medical University Press

内 容 简 介

本书介绍了麻醉学专业研究生需要的“基础”知识：包括麻醉学专业本科生的7门课如麻醉设备学、麻醉解剖学、麻醉生理学、麻醉药理学、危重病医学、疼痛诊疗学、临床麻醉学等的内容深化和补充，加上水电酸碱平衡、血气分析以及脑、心、肺保护等临床基本问题。为满足研究生的科研需要，还增加了免疫学基础、电生理技术、文献检索、统计学、统计软件等内容。

本书不仅可作为麻醉及相关专业的研究生选用教材，也是临床麻醉科医师必不可少的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

麻醉学基础/戴体俊,刘功俭,姜虹主编. —上海: 第二军医大学出版社, 2013. 4

ISBN 978-7-5481-0536-7

I. ①麻… II. ①戴… ②刘… ③姜… III. ①麻醉学 IV. ①R614

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 273956 号

出 版 人 陆小新

责任编辑 崔雪娟 高 标

麻醉学基础

戴体俊 刘功俭 姜 虹 主 编

第二军医大学出版社出版发行

上海市翔殷路 800 号 邮政编码: 200433

发行科电话/传真: 021-65493093

<http://www.smmup.cn>

全国各地新华书店经销

江苏句容排印厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 29.25 字数: 824 千字

2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5481-0536-7/R·1321

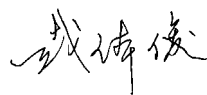
定价: 80.00 元

前 言

我国各单位一般招收麻醉学专业研究生数量较少,缺乏多学科的联合培养,培养的随意性较强。同时,麻醉科医师也希望有一本较为全面的参考书。我们徐州医学院从1985年设置麻醉学本科专业,同年被授予麻醉学专业研究生培养资格。随着麻醉学专业研究生越招越多,近几年已达每年60~70名,如何更好地培养麻醉学专业研究生就提上了议事日程。我院原麻醉学系主任(现为我院麻醉学院名誉院长)曾因明教授提议开设“麻醉学基础”课程,编写《麻醉学基础》教材,集中讲授麻醉学的“基础”问题,由戴体俊教授负责。当时请我院麻醉学系的有关教师参加了编写。初版经两年试用后,又编写了第2版,由戴体俊、曾因明任主编(内部印刷)。2006年“麻醉学基础”课程被江苏省学位办公室评为“江苏省优秀研究生课程”。经几年使用,不断征求意见,于2010年,开始编写第3版(即本书)今公开出版发行,以飨读者。

麻醉学专业研究生需要的“基础”主要有麻醉学专业本科生的7门课:麻醉设备学、麻醉解剖学、麻醉生理学、麻醉药理学、危重病医学、疼痛诊疗学、临床麻醉学和水电平衡、血气分析以及脑、心、肺保护等临床基本问题。为满足研究生的科研需要,这次还邀请了其他专家,增加了免疫学基础、文献检索、统计学、统计软件等内容,特邀上海交通大学医学院附属第九人民医院麻醉科主任姜虹教授(博士)审阅。希望这本书也能成为麻醉学医师的参考书。

麻醉学专业研究生如何培养一直是个值得探索的问题。我们的《麻醉学基础》也仅仅是一尝试,热切希望广大读者、同道给予批评指正,使之不断完善。也希望全国专家联合起来,为麻醉学专业研究生编写一套适用教材。



2012年8月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 麻醉学的发展	1
第二节 麻醉科的结构与内涵	2
第二章 麻醉机结构原理与应用	5
第一节 麻醉机的基本结构	5
第二节 供气系统	6
第三节 流量调节系统	8
第四节 麻醉蒸发器	8
第五节 麻醉通气系统	17
第六节 麻醉机的现状与发展趋势	22
第三章 通气机结构原理与应用	25
第一节 通气机的分类	25
第二节 通气机的结构原理	26
第三节 通气机的功能与应用	38
第四节 通气机的发展趋势	48
第四章 医学信号与图像处理基础	50
第一节 医学信号处理的一般方法	50
第二节 傅里叶变换与频谱分析	53
第三节 医学图像处理	55
第五章 脑电监测仪器	62
第一节 基础知识	62
第二节 脑电功率谱	63
第三节 脑电双频谱指数	65
第四节 听觉诱发电位	66
第五节 脑电熵指数监测	68
第六章 肌松监测仪器	70
第一节 电刺激	70
第二节 肌肉机械反应观察方式	73
第三节 肌松监测中应该注意的事项	75
第七章 医学文献检索	78
第一节 绪论	78
第二节 核心期刊、统计源期刊和 SCI	87
第三节 数据库	93
第八章 常用的生物统计方法	113
第一节 集中趋势和离散趋势	113
第二节 t 检验和方差分析	115

第三节	相对数和 χ^2 检验	118
第四节	非参数秩和检验	121
第五节	相关和回归分析	122
第九章	SPSS13.0 统计软件操作简介	141
第一节	医学常用统计软件简介	141
第二节	SPSS13.0 统计软件的基本操作	142
第三节	SPSS13.0 的统计绘图功能	145
第四节	计量资料的统计分析方法	154
第五节	定性资料的统计分析方法	161
第六节	非参数检验方法	166
第七节	两变量线性相关与回归分析方法	172
第十章	免疫学基础知识	179
第一节	免疫器官和组织	179
第二节	免疫细胞和免疫分子	179
第三节	免疫应答的类型和作用	186
第四节	免疫耐受和免疫调节	188
第五节	免疫病理和免疫性疾病	193
第十一章	麻醉与疼痛诊疗的神经生物学基础	200
第一节	绪论	200
第二节	从神经细胞到脑	203
第十二章	电生理方法	225
第一节	细胞电生理实验仪器	226
第二节	细胞生物电记录技术	228
第三节	细胞电生理分析方法	229
第四节	电生理方法在神经科学研究中的应用	230
第五节	电生理方法在心脏科学研究中的应用	234
第六节	电压钳制技术	237
第十三章	膜片钳的基本原理及其应用	239
第一节	膜片钳技术原理简论	239
第二节	技术操作与技巧	241
第三节	膜片钳技术在神经药理方面的应用	245
第四节	心肌细胞离子通道的生理特性	248
第十四章	心肌电生理与麻醉	253
第一节	心肌细胞的分类及其生理特性	253
第二节	心肌细胞动作电位各个时期的主要特征	254
第三节	心肌细胞的跨膜离子流与麻醉	255
第四节	心肌细胞膜上的离子通道	257
第五节	各类心肌细胞动作电位和离子流	258
第十五章	学习记忆和全麻机制研究	263
第一节	学习和记忆	263
第二节	学习与记忆的常用研究方法与技术	272

第三节	术中记忆功能的脑电图监测和研究	279
第四节	全麻药物对记忆功能的影响	281
第十六章	药效动力学	284
第一节	药物的基本作用	284
第二节	药物的不良反应	285
第三节	药物作用的构效、时效和量效关系	292
第四节	药物的作用机制	297
第五节	受体	299
第六节	影响药物作用的因素	307
第十七章	药物动力学	310
第一节	药物动力学概述	310
第二节	药物的体内过程	310
第三节	药动学的基本概念	318
第四节	一室模型	321
第五节	二室模型	328
第六节	药动学-药效学结合模型	331
第七节	靶目标控制输注系统	335
第十八章	药物相互作用	338
附 1	围术期常见药物相互作用	340
附 2	肌松药与麻醉期间用药的相互作用	343
第十九章	全麻原理研究	347
第二十章	关于 MAC 的几个问题	355
第二十一章	胞内信号转导途径与全麻机制	358
第一节	cAMP 信使系统	358
第二节	蛋白激酶 C 与全麻机制研究	360
第三节	转导蛋白 G 蛋白与全麻机制研究	365
第四节	NO 与全麻机制研究	368
第二十二章	疼痛信号传递的基本理论与进展	371
第一节	信号的传递	371
第二节	痛觉的传递和调制	374
第三节	病理性疼痛的中枢和外周机制	376
第二十三章	肺动脉高压的病理生理学基础	382
第一节	肺循环生理特点	382
第二节	肺动脉高压的分类	383
第三节	肺动脉高压病因和发病机制	384
第四节	缺氧与缺氧性肺血管收缩	385
第五节	一氧化氮在医学中的现在和将来	388
第二十四章	脑缺血再灌注损伤的基本理论与进展	390
第一节	脑缺血的病因和分类	390
第二节	脑缺血的连锁反应	390
第三节	脑缺血的机制	391

第四节 脑缺血的治疗	395
第二十五章 急性肺损伤与急性呼吸窘迫综合征	397
第二十六章 心肌缺血再灌注损伤的基本理论与进展	409
第二十七章 酸碱平衡失常的诊断与治疗中的基本问题	419
第一节 分类和命名	419
第二节 临床特点	420
第三节 诊断与分析	422
第四节 酸碱平衡失常的治疗原则	425
第二十八章 电解质平衡失常的判断与治疗	427
第一节 钠平衡失常的诊治	427
第二节 钾平衡失常的诊治	431
第三节 镁平衡失常的诊治	433
第四节 钙平衡失常的诊治	434
第二十九章 血液气体分析	437
第一节 血气监测的生理学基础	438
第二节 血气监测参数及临床意义	442
第三节 血气分析的临床应用	449
第三十章 疼痛的基础知识	454
第一节 疼痛的解剖学基础	454
第二节 疼痛的神经生理机制	456
第三节 疼痛的分类	458

第一章 绪 论

第一节 麻醉学的发展

随着社会文明的进步,不断提高生活质量是人类生命活动的一个永恒主题,疼痛及其控制理所当然地成为其重要内容之一。虽然对疼痛的控制可追溯到几千年以前,但是从止痛演变到麻醉(anesthesia),又称麻醉术,从麻醉术发展成为麻醉学,确是近代的事。近代麻醉学的发展始于19世纪40年代,1846年Morton WT在哈佛大学麻省总医院当众示范乙醚麻醉于手术患者获得成功,揭开了近代麻醉学的序幕。近代麻醉学的发展史虽然只有160多年历史,但是,由于社会的发展、人类的需求以及医学科学发展的驱动,近代麻醉学的发展很是迅猛,综观160多年的发展历史,可将近代麻醉学的发展分为3个互相衔接而又各具特征的重要阶段。

(一) 麻醉

近代麻醉学发展的第一阶段的时间跨度较长,大致从19世纪40年代到20世纪40年代初,经历了近100年的发展历程,是麻醉学的起始阶段。在这一发展阶段中,麻醉工作者的主要任务是解决手术创伤所造成的疼痛,即以止痛为主要目的,其主要工作内容是药物或麻醉方法的开发、创新和临床使用,诸如局部浸润麻醉(Kolle,1884年)、下颌神经阻滞麻醉(Halstead,1885年)、蛛网膜下隙麻醉(Bier,1898年)、硬膜外阻滞麻醉(Page,1920年)等相继临床应用。在吸入麻醉领域中,气管内插管(Kahn,1901年)、紧闭式麻醉(1915年)以及在来回紧闭式麻醉中应用CO₂吸收器(Waters,1923年)相继问世。当时麻醉工作者的主要职责是掌握并使用这些麻醉技术,因此,麻醉学具有明显的医技特征,通过这一阶段的发展一方面奠定了现代麻醉学的方法学基础,至今临床麻醉方法学仍以局部麻醉(包括局部浸润和表面麻醉)、阻滞麻醉(包括神经阻滞和椎管内阻滞)和全身麻醉为其三大重要内涵;另一方面是麻醉术的发展不可避免地要解决许多理论问题和临床实践问题,因而积累、发展和丰富了麻醉学的理论内容,麻醉学的理论不仅对临床实践起到指导作用,而且还是学科不断发展的重要基础。此外,还给后人以启示。

(二) 临床麻醉学

麻醉学发展第二阶段的特点是迅速从麻醉术向麻醉学发展,即赋予麻醉学以理论与临床特征。综观这一阶段麻醉学的成就,可以发现麻醉学已迅速地从医疗技术向临床诊治方面发展,麻醉工作者除了进行麻醉技术的操作与实施外,其工作领域已拓展到围术期即术前、术中及术后,麻醉学除了为手术的顺利进行提供无痛、肌松、无不愉快记忆、合理控制应激及其他所必须的条件外,更要能保障患者的术中安全,减少并发症并促进患者术后顺利康复。从而初步形成了临床麻醉学(clinical anesthesiology)的5大组成部分,即:①对患者的术前评估与准备;②麻醉的实施与处理;③专科患者的麻醉处理;④危重疑难患者的麻醉处理;⑤麻醉并发症的预防与诊治。由于麻醉学已具备明显的临床诊疗特征,因此麻醉学也就理所当然地成为临床医学外科学中的一个重要分支学科。在这一发展阶段中,麻醉学曾以其卓越的成就为推动外科学的发展而瞩目于世,诸如肌肉松弛药的应用(右旋筒箭毒碱,1942年)以解决手术中的肌松问题;气管插管人工通气使胸外科能打开胸腔禁区;支气管麻醉技术(Carlen和Bjork,1950年)使“湿肺”患者获得生机;低温麻醉(Bigelow,1950年)的应用为阻断循环、打开心脏禁区进行心内直视手术奠定了基础。此外,控制性降压及“人工冬眠”等也相继应用。在麻醉学的支撑下,外科学所属各专科如颅脑外科、心脏外科、胸外科、小儿外科等专科手术以及危重疑难患者的手术治疗均有迅猛的发展。通过百余年的累

积,麻醉学不仅已经形成了自身的技术特征,而且初步形成了自身的理论基础,诸如生理学、药理学、解剖学、生物医学工程以及临床麻醉学等。因此,这是麻醉学趋于完善与成熟的重要发展阶段。

(三) 麻醉与危重医学

从20世纪50年代末至今,麻醉学经历了又一次重要的飞跃。其特点是麻醉学在经历了160年的发展,特别是近30年的发展后,已在其长期的实践过程中,汲取了基础医学、临床医学、生物医学工程以及多种边缘学科中与麻醉学有关的理论与技术,经发展形成了麻醉学自身的理论与技术体系,从而成为临床医学中一个重要的二级学科。

从20世纪50年代开始,发达国家医院对患者的管理提出“分级治疗”的新观念,即将危重患者和重大手术患者集中管理,并给予精良的设备及优秀的医护条件,目的是提高危重患者的抢救成功率。1958年Safar教授建立重症监测治疗病房(intensive care unit, ICU),从而将麻醉科工作领域从手术室拓展到病房及危重医学。不仅将工作领域从手术室拓展到门诊与病房,临床麻醉的工作重点也转移到对患者生命机能的监测、调节与控制。麻醉恢复室(recovery room, RR)和麻醉科ICU的建立与管理已成为医院现代化的重要标志,更为重大手术及危重患者的安全提供了强有力的保障。疼痛诊疗工作的开展,为麻醉学的理论与技术服务于疼痛患者开辟了新的途径。因此,临床麻醉、重症监测治疗及疼痛诊疗已成为麻醉学的3个重要分支学科(三级学科)。此外,急救中心的工作,药物依赖与戒断(“戒毒”)以及呼吸治疗等也越来越多地有赖于麻醉医师的参与,正在成为麻醉学工作的组成部分。因此,现今麻醉学已是一门研究临床麻醉、重症监测治疗、生命复苏、疼痛机理及诊疗的学科。当今世界有些国家(如法国、日本等)已将麻醉科改称为麻醉复苏科(department of anesthesiology and resuscitation),而有些国家(如美国等)则更名为麻醉与危重医学科(department of anesthesiology and critical care),为了突出当今麻醉学的突破性进展,较多的出版物给麻醉学冠以现代麻醉学(modern anesthesiology)的命名。

我国教育部和卫生部已下文将麻醉学列入临床医学二级学科,我国麻醉学科的建设与发展正迅速向二级学科的平台前进。

第二节 麻醉科的结构与内涵

麻醉学属临床二级学科。麻醉科是医院的一级临床科室。凡以临床麻醉、重症监测治疗(ICU)等为主要工作内容的麻醉科也可更名为麻醉与危重医学科。

麻醉科的工作任务包括临床医疗、教学与科研等方面。一个符合二级学科内涵的麻醉科应由麻醉科门诊、临床麻醉、RR和(或)ICU、疼痛诊疗和实验室等部门组成。麻醉科的建设虽因医院规模及其所承担的工作任务不同而有所区别,但各级医院均应努力加以健全及提高。

一、临床医疗工作

(一) 麻醉科门诊

1) 麻醉前的检查与准备:为缩短患者的住院周期,保证麻醉前充分准备,凡拟接受择期手术的患者,在手术医师进行术前检查与准备的基础上,入院前应由麻醉科医师在门诊按麻醉要求作进一步的检查与准备。其优点:①患者入院后即可安排手术,可显著缩短住院日期,提高床位周转率;②可避免因麻醉前检查不全面而延迟手术,造成患者不必要的精神痛苦与经济损失;③杜绝手术医师与麻醉医师因对术前准备项目意见或观点不一致而发生争执;④患者入院前麻醉科已能了解到病情及麻醉处理的难度,便于恰当地安排麻醉工作。麻醉前检查与准备工作目前均在病房进行,随着医院现代化进程的加速,有条件的医院应逐步将这一工作转移到门诊。

2) 麻醉后随访或并发症的诊断与治疗,特别是麻醉后并发症由麻醉科医师亲自诊治是十分必

要的。目前的情况是：一方面某些并发症(如腰麻后头痛)辗转于神经内、外科或其他科室诊治而疗效不理想,而另一方面麻醉科医师却不了解这种情况,随着麻醉科门诊的建立这些情况将不再发生。

3) 麻醉前会诊或咨询。

4) 疼痛诊疗可单独开设疼痛诊疗门诊或多学科疼痛诊疗中心,并可建立相应的病房。

5) 呼吸治疗等凡利用麻醉学的理论与技术(包括氧疗及各种慢性肺部疾患患者的辅助呼吸治疗)进行的各种治疗也可称麻醉治疗学,麻醉治疗学是麻醉科门诊的重要内容。

(二) 临床麻醉

临床麻醉的工作场所主要在手术室内,目前已拓展到手术室外,如导管室、介入放射治疗室等,在规模较大、条件较好的麻醉科,应建立分支学科(或称为亚科),如产科、心脏外科、脑外科、小儿外科麻醉等,以培养专门人才,提高麻醉医疗质量。

1. 临床麻醉的主要工作内容

1) 术前对患者进行检查、评估与准备。

2) 为手术顺利进行提供安定、无痛、无不愉快记忆、肌松、合理控制应激反应等基本条件。

3) 提供完成手术所必需的特殊条件,如气管、支气管内插管,控制性降压,低温,人工通气及体外循环等。

4) 对手术患者的生命机能进行全面、连续、定量的监测,并调节与控制在正常或预期的范围内,以维护患者的生命安全。应当指出,对患者生命机能进行监测与调控已是临床麻醉的重要内容,这不仅涉及仪器与设备的先进与否,更涉及麻醉科医师的知识、素质与能力。

5) 开展术后镇痛工作,预防并早期诊治各种并发症,以利术后顺利康复。

6) 积极创造条件,开展“手术室外麻醉”和“非住院患者的麻醉”,以方便患者、节约医疗开支,但要有准备地实施,认真总结经验,建立相应的规范与制度。

2. 临床麻醉方法分类 临床麻醉虽然方法及其使用的药物众多,但根据麻醉药作用于神经系统的不同部位,概括起来可分为局部(区域)麻醉和全身麻醉两大类,临床麻醉方法分类如表 1-1 所示。

表 1-1 麻醉药作用于不同神经部位与麻醉方法分类

分 类	麻醉方法	麻醉药给药方式	麻醉药作用的部位
全身麻醉	吸入全麻	吸入	中枢神经系统
		静脉注射	
	静脉全麻	肌肉注射 直肠灌注	
局部(区域)麻醉	蛛网膜下阻滞	局麻药注入蛛网膜下隙	蛛网膜下脊神经
	硬膜外阻滞	局麻药注入硬膜外腔	硬膜外脊神经
	神经干(丛)阻滞	局麻药注入神经干(丛)	神经干(丛)
	局部浸润麻醉	局麻药局部浸润	皮肤、黏膜神经末梢

(三) 麻醉恢复室

麻醉恢复室(recovery room, RR)是手术结束后继续观察病情,预防和处理麻醉后近期并发症,保障患者安全,提高医疗质量的重要场所。此外,还可缩短患者在手术室停留时间、利于接台手术及提高手术台利用率,也有益于病房管理。在 RR 的基础上,增强医疗、护理及监测能力,以能达到

收治部分危重患者的目的即为麻醉后监护室(postanesthesia care anite, PACU)。

(四) 重症监测治疗病房

凡由麻醉科主管的重症监测治疗病房也称重症监测治疗病房(intensive care unit, ICU), ICU 或 AICU 主要收治手术后患者,是危重病诊治、保障重大手术安全性、提高医疗质量的重要环节,是现代高水平、高效益医院发展的必然产物。ICU 的特点:①配备有先进的设备以进行全面、连续和定量的监测;②早期诊断及具备先进的治疗手段;③采用现代化管理,因而具有较高的工作效率和抢救成功率;④应拥有一支训练有素的医疗护理队伍。

进入 AICU 的患者应由麻醉科医师和原床位医师共同负责,麻醉科医师的主要工作内容应是:对患者进行全面、连续、定量的监测;维护患者的体液内稳态;支持循环、呼吸等功能的稳定;防止感染;早期诊治各种并发症及营养支持等。原床位医师侧重于原发病和专科处理。待患者重要脏器功能基本稳定即可送回原病室。

(五) 疼痛诊疗

疼痛诊疗是麻醉科工作的重要组成部分,工作内容主要包括术后止痛及急、慢性疼痛的诊断与治疗。应当强调疼痛诊疗的多学科性和临床诊断的重要性,因此,从事疼痛诊疗医师必须有扎实的临床功底,并在此基础上发挥麻醉科医师的特长。

二、科研工作

临床科研是麻醉科的重要工作内容,要制订计划,组织实施,定期总结。要树立“临床工作再向前进一步就是科研”的意识,即在日常工作中要注意完善记录、积累资料,选准主题、统计分析,并撰写论文,这是提高临床医疗水平和麻醉科学术地位的重要途径。在有条件的医院麻醉科可成立麻醉学实验室或麻醉学研究室。麻醉科成立研究室时,麻醉科主任(或副主任)应兼任研究室主任。成立研究室时必须具备以下基本条件。

- 1) 学术水平较高,治学严谨,具有副教授或副主任医师以上职称的学科或学术带头人。
- 2) 形成相对稳定的研究方向并有相应的研究课题或经费。
- 3) 配备开展研究所必需的专职实验室人员编制及仪器设备。
- 4) 形成一支结构合理的人才梯队。

三、教学工作

21 世纪初期我国医学教育的目标是建立包括学校基础教育(basic education, BE)、毕业后教育(postgraduate education, PGE)和继续医学教育(continuous medical education, CME)在内的连续统一的终生医学教育体系。因此,麻醉科的教学工作主要是 PGE,即住院医师培训、研究生教育和继续医学教育。有条件的医院除积极实施规范化住院医师培训外,还要积极探索实施专科医师培训制和主治医师以上人员的 CME,并使之不断规范化、制度化、法律化。为能在我国更好地推动 ICU 和疼痛诊疗工作的开展,应积极创造条件,实施 ICU 及疼痛诊疗医师的培训和认证制度。医学院(校)附属医院应积极创造条件成立麻醉学教研室,承担医学专业学生的“麻醉学”教学工作以及生产实习中的带教工作。

(曾因明)

第二章 麻醉机结构原理与应用

麻醉机(anesthesia machine)是临床麻醉最重要的设备,是吸入麻醉的工具。其功能是向患者提供氧气、吸入麻醉药及进行呼吸管理。要求提供的氧气及吸入麻醉药浓度应精确、稳定和容易控制。随着医学工程技术的发展和人们对麻醉机不断研究与改进,现代麻醉机除了具有气路部分的基础构件外,还配合了电子、电脑控制和监测等仪器,已发展成为一种高度一体化、集成化,高度智能型的麻醉装置——麻醉工作站(anesthesia workstation)。优良的麻醉机应具有下列特点:①有防止缺氧的安全装置及必要的报警系统;②有浓度精确的专用蒸发器;③备有适于麻醉时管理呼吸的通气机;④生命体征监测仪;⑤符合国际标准的各连接部件和麻醉通气系统;⑥麻醉残气清除系统。

第一节 麻醉机的基本结构

麻醉机是一种电气复合设备。现代麻醉机种类很多,但基本的气路都相同。标准双气源麻醉机的基本气路见图 2-1。

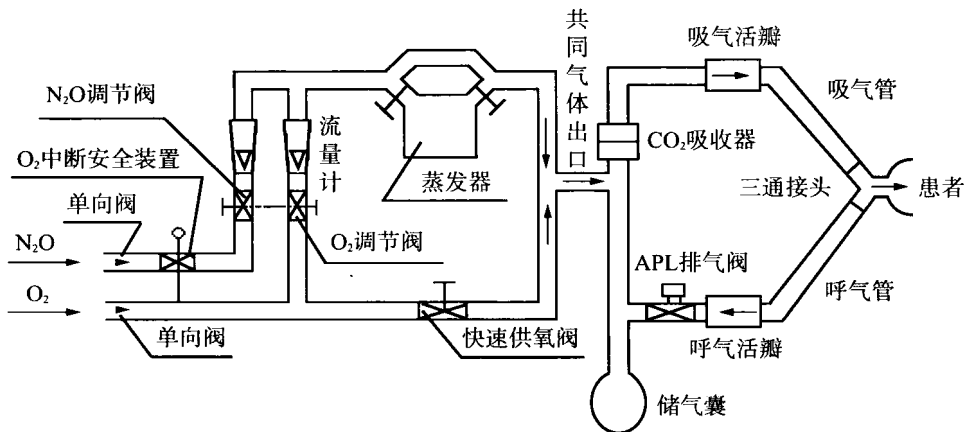


图 2-1 麻醉机的基本气路图

对照基本气路可对麻醉机的基本结构进行划分。划分标准不同,划分的结果也不同。我们对麻醉机结构的划分通常采用以下标准进行划分:流程原理和功能单元。本书麻醉机的原理主要是按功能单元来进行介绍的。

一、麻醉机的工作流程

根据气体的性质,气体总是由高压向低压方向流动,麻醉机的工作流程就是压缩气体由气源向麻醉回路释放气体的过程。在气体流动过程中,气压由高变低,根据气路内气压的高低,可将麻醉机的基本结构划分为高压系统、中压系统、低压系统和麻醉回路,原理流程见图 2-2。

高压系统(high-pressure system): 1~15 MPa。

中压系统(intermediate pressure system): 0.3~0.5 MPa。

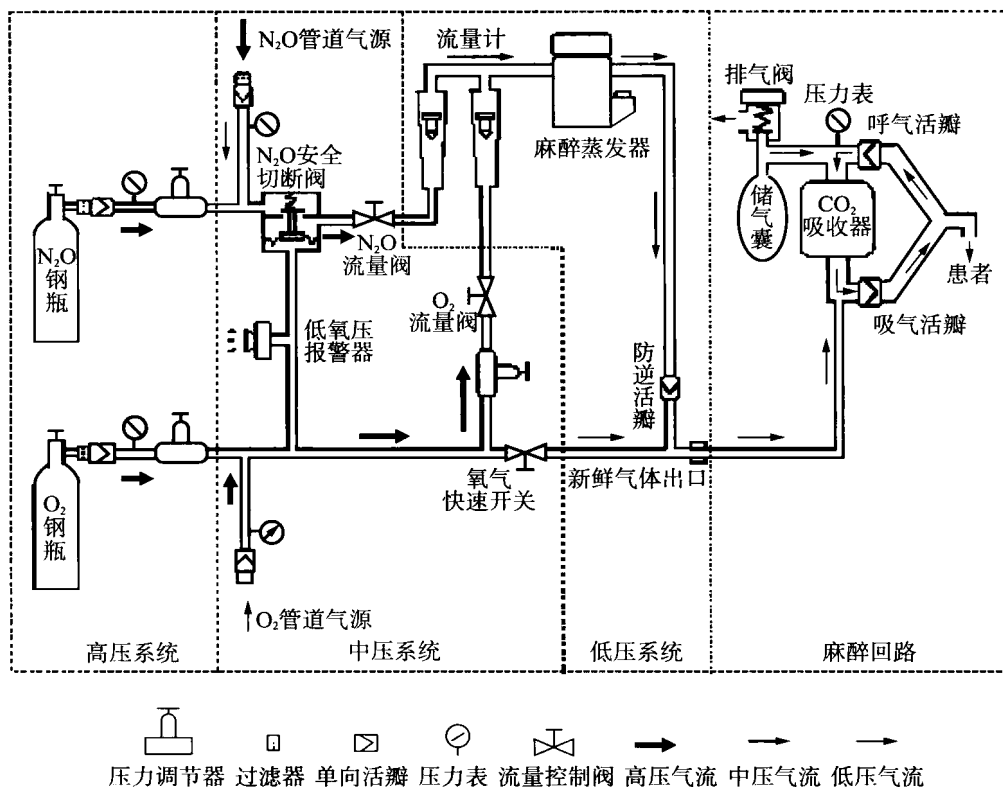


图 2-2 麻醉机的原理流程图

低压系统(low pressure system): 几个 kPa 以下。

二、麻醉机的功能单元

合理划分气路设备功能单元,有利于理解设备原理,对判断故障部位具有指导意义。麻醉机的基本功能单元包括供气系统、流量调节系统、麻醉蒸发器和麻醉回路、麻醉通气机(图2-3)。

供气系统、流量控制系统和麻醉蒸发器往往组合一体,构成麻醉主机。

麻醉通气机相当于麻醉回路中可以自动张缩的储气囊,专用于麻醉期间的机械通气管理,是现代麻醉机的重要组成部分。有关内容在通气机章节介绍。

第二节 供气系统

供气系统是为麻醉机提供动力和工作气流的功能单元,并为患者提供吸入气体。

一、气源种类

麻醉机的气源有 3 种,分别是氧气、氧化亚氮、压缩空气。医用氧气是麻醉机的主要动力气源,也是患者的吸入气体。目前可见的有 3 种氧气源:钢瓶氧气源、液态氧气源、制氧机。医用氧气的纯度国家标准是 100%,液态氧的纯度可以保证是 100%,钢瓶氧气源的氧气纯度由氧气厂家的标准决定,制氧机提供的氧气纯度最低,很难达到 100%。

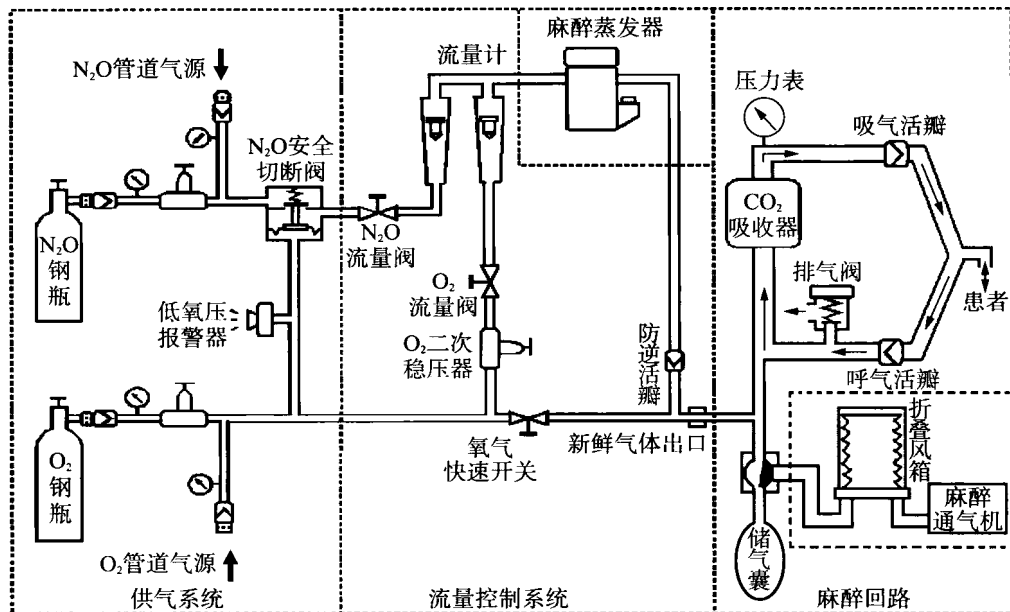


图 2-3 麻醉机的功能单元

二、麻醉机气源的供应方式

麻醉机气源供应方式有集中管道供气、单机管道供气和储气钢瓶直接供气 3 种(图 2-4)。

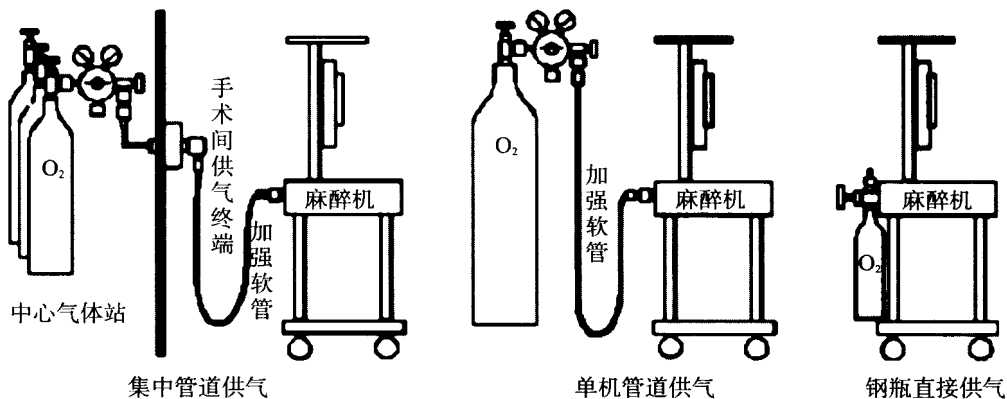


图 2-4 麻醉机的气源供应方式

集中管道供气即为医院的中心供气系统提供的气体，一旦发生停气状况，必须有备用的钢瓶氧气，即转为单机供气或储气钢瓶直接供气方式。单机供气是大型钢瓶一对式的供气。储气钢瓶供气通常只是麻醉机的备用气源，仅在管道气源或大型钢瓶气源丧失的情况下临时使用。

三、供气系统的部件

1. 储气钢瓶 是用来储存压缩气体的专用容器，由瓶体和瓶口装置构成。
2. 压力调节器 (pressure regulator) 习称减压器 (pressure reducing device)，由减压稳压阀、安

全阀和压力表组成。高压气源都要经过压力调节器减压并稳压后才能使用。压力调节器的原理是扩散减压,作用是减压稳压。

3. 压力表(pressure gauge) 也称压力指示器(pressure indicator),是用来指示容器内压强的常用仪器。压力表可分为机械类和电子类两种,目前麻醉机基本上采用的是机械类压力表。机械类压力表又可分为波纹管压力表和波顿管(bourden tube)压力表。波顿管也叫弹簧管压力表,由弹簧管和杠杆传动齿轮表心构成,麻醉机的压力表都是弹簧管压力表。

第三节 流量调节系统

一、麻醉机流量控制系统构成

流量控制阀、流量计、快速充氧开关、防逆活瓣、新鲜气体出口等构成了麻醉机的流量调节系统。

(1) 流量控制阀(flow control valve) 也叫针型阀,包括氧气流量调节阀和氧化亚氮流量调节阀。为了防止在没有氧气的情况下使用氧化亚氮,或在氧气含量不足的情况下使用氧化亚氮,两种调节阀实行比例联动。

(2) 流量计(flowmeter) 包括氧气流量计和氧化亚氮流量计,功能是测量并显示流量控制阀输出气体的流量。流量计有电子流量计和机械流量计两种。电子流量计用传感器技术以数字形式直接显示数值;机械流量计常见的是转子流量计,即浮子流量计。电子流量计由于在 1 L/min 以下小气流量方面还存在技术难度,因此目前浮子流量计仍然是麻醉机流量测量显示的主流仪表。

(3) 快速充氧开关(oxygen flush valve) 习称快速给氧阀,是一个为麻醉回路快速提供氧气的气体控制阀。

二、流量调节系统的主要功能

- 1) 在气源工作压驱动下,控制释放到麻醉蒸发器和麻醉回路的新鲜气体成分和流量。
- 2) 显示新鲜气体流量(不包括麻醉药蒸气和快速充氧流量)。
- 3) 根据需要为麻醉回路快速提供新鲜氧气。
- 4) 防止低氧混合气体的形成和输出。

第四节 麻醉蒸发器

麻醉蒸发器(anesthetic vaporizer)是一种能有效地蒸发麻醉药物(volatile anesthetic)并能精确地将麻醉药按一定浓度输入麻醉呼吸回路的装置。基本功能是有有效的蒸发麻醉药并能精确的控制输出浓度。

一、麻醉蒸发器的基本原理

麻醉蒸发器可分为机械型和电控型两大类。机械型主要指旁路可变型蒸发器,是现今装备麻醉机的主流产品。电控型蒸发器虽然问世不久,市场装备数量还远远不能与机械原理的旁路可变蒸发器相比拟,但电子技术在物理测量、精确控制、克服压力、温度、流量等干扰因数及安全报警等方面的优势已经令世人刮目相看,是否能成为未来蒸发器的主流技术,还有待进一步临床评价。

本节主要是介绍机械型旁路可变蒸发器的原理,其基本结构如图 2-5 所示。由流量调节阀调节已知流量的气体进入蒸发器后分为两路,从旁路通过的一路称为稀释气流,进入蒸发室的一路