

灭菌·消毒·防腐·保藏

主编 薛广波

编者	薛广波	张朝武	居喜娟
	梁增辉	卞雪莲	郭振东
	陈建伟	赵时溪	刘厚奇
	杨华明	张瑞雪	郭强
	王全珍	李云仙	沈伟
	王崇亮	吴柏生	胡仁为
	印木泉	孙华君	丁兰英

人民卫生出版社

(京)新登字 081 号

图书在版编目(CIP)数据

灭菌·消毒·防腐·保藏/薛广波主编.

—北京:人民卫生出版社,1993.

ISBN 7-117-01953-0

I. 灭…

I. 薛…

II. 消毒

N. R187

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

人民卫生出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 33 $\frac{1}{4}$ 印张 4插页 778千字

1993年12月第1版 1993年12月第1版第1次印刷

印数:00 001—4 300 定价:25.00元

[科技新书目 301—199]

序 言

当我决定组织编写这本书的时候,主要考虑了下述两个情况:一是由于我国现代化建设和人民生活水平的提高,对医疗、卫生、保健工作提出了更高的要求。同时,作为预防医学的一个学科——消毒学倍受重视,因为它直接关系到人民的健康,广大医务工作者和人民群众渴望掌握更多的消毒学知识和技术;二是在工农业生产和日常生活中,常常涉及到消毒灭菌和保藏问题,而我国至今在这方面可供参考的资料很少。这促使我考虑必须尽快再写一本应用范围比我主编的《实用消毒学》更广泛的消毒学著作以应目前之急需。

我设想的这本书是一本内容丰富而涉及面又广泛的消毒、灭菌、防腐、保藏专著,使其和《实用消毒学》成为姐妹书。如果说《实用消毒学》偏重于阐述消毒和灭菌的理论的话,那么这本《灭菌、消毒、防腐、保藏》则更加偏重于实用性。她不仅在医学上有用,而且也能满足工农业生产、日常生活和卫生保健等的需要,就象一本辞书一样,在大多数需要消毒、灭菌、防腐、保藏技术的场合,她都能使读者随手翻来找到答案。

我的想法得到了人民卫生出版社韩丽中、董明等同志的赞同和支持。经过编者、审者和出版者的共同努力,我们终于把这本书奉献给了读者。尽管我们在编写过程中尽了最大努力,但由于水平有限,书中难免有不当之处,欢迎读者和同行提出宝贵意见。

本书分为四篇:第一篇介绍了灭菌、消毒、防腐、保藏的基本概念、理论和研究方法;第二篇介绍了各种灭菌方法,包括物理的和化学的灭菌方法,以及医疗卫生和工农业生产中常常遇到的灭菌问题。第三篇介绍了各种消毒剂和物理消毒法,以及医学消毒、卫生消毒和工农业生产中的消毒问题。第四篇是“防腐和保藏”,介绍了各种防腐剂和保存方法。

本书有十多位中青年专家参加编写。他们来自全国各地的医学大专院校、研究所、卫生防疫机构等,既有丰富的实践经验,又勤于研读。为写此书,收集了大量的文献资料,并且写出了他们自己的经验、体会和研究成果。稿件完成后,请了一些我国著名的消毒学专家审阅,他们大多是国家卫生部消毒专家委员会的专家,这就保证了这本书的学术水平。在此,作为主编,我真诚的感谢各位编者的勤奋工作和合作,亦感谢各位审者认真负责地提供宝贵的修改意见。董明编辑和出版社的其他同志对这本书的出版付出了辛勤的劳动,这本书中也凝聚着他们的智慧,我也代表编者们表示感谢。此外,第二军医大学和有关单位的领导,对此书的编写提供了许多方便,张瑞雪医师作为本书学术秘书,在定稿工作中,作了大量的文字工作卞雪莲、陈北川等同志作了大量事务工作,在此一并致谢。

本书编写过程中,参阅了大量中外文献,但限于篇幅,仅仅列出了其中一部分主要参考文献,在此,笔者仅向国内外专家和同行表示衷心的感谢,并请有关作者见谅。

第二军医大学 薛广波

1992年6月18日 于上海

目 录

第一篇 消毒学基础

第一章 概述	(1)
第一节 消毒学及其有关词语的定义和概念	薛广波 (2)
第二节 灭菌、消毒、防腐、保藏的方法	薛广波 (4)
第三节 历史的回顾和展望	薛广波 (10)
第二章 灭菌、消毒、防腐、保藏的研究方法	(15)
第一节 概述	薛广波 (15)
第二节 抗微生物实验的人员、设备条件和基本技术	薛广波 (17)
第三节 残留药物的去除方法和中和试验	薛广波 (22)
第四节 评价灭菌效果的试验	薛广波 (25)
第五节 评价消毒效果的试验	薛广波 居喜娟 梁增辉 (29)
第六节 防腐和保存效果评价方法	张朝武 (66)
第七节 抗微生物剂的稳定性试验方法	薛广波 (76)
第八节 评价抗微生物剂对物品损害的试验	薛广波 (81)
第九节 消毒剂的毒理学评价	印木泉 (83)

第二篇 灭菌

第三章 物理灭菌法	(88)
第一节 热力灭菌	薛广波 (88)
第二节 电离辐射灭菌	张朝武 (94)
第三节 等离子体灭菌技术	杨华明 丁兰英 (112)
第四章 化学灭菌剂	(120)
第一节 甲醛	薛广波 (120)
第二节 戊二醛	薛广波 (125)
第三节 环氧乙烷	薛广波 (134)
第四节 环氧丙烷	薛广波 (140)
第五节 乙型丙内酯	薛广波 (142)
第六节 过氧乙酸	薛广波 (145)
第七节 过氧戊二酸	薛广波 (152)
第八节 过氧化氢	薛广波 (155)
第九节 臭氧	薛广波 (159)
第十节 二氧化氯	薛广波 (164)
第五章 灭菌的应用	(170)
第一节 一次性使用医疗用品的灭菌	李云仙 (170)
第二节 医疗器械的灭菌	居喜娟 (175)

第三节	水和其它液体的灭菌	梁增辉(182)
第四节	药物的灭菌	郭强(188)
第五节	农副业生产中的灭菌技术	郭振东(191)
第六节	食品工业中的灭菌问题	赵时溪(193)
第三篇 消毒		
第六章	物理消毒法	(211)
第一节	紫外线消毒	薛广波(211)
第二节	微波消毒	李云仙(228)
第三节	超声波消毒	张瑞雪(235)
第四节	过滤除菌	王崇亮(243)
第七章	化学消毒剂	(253)
第一节	含氯消毒剂	郭振东(253)
第二节	碘伏及其他含碘消毒剂	卞雪莲(261)
第三节	醇类消毒剂	薛广波(276)
第四节	酚类消毒剂	薛广波(280)
第五节	季胺盐类消毒剂	薛广波(282)
第六节	洗必泰	郭强(287)
第八章	生物法消毒	(291)
第一节	生物法消毒的理论基础	刘厚奇(291)
第二节	生物法消毒的种类及机制	刘厚奇(294)
第三节	生物法消毒的应用	刘厚奇(300)
第九章	消毒的应用	(303)
第一节	水的消毒	梁增辉(303)
第二节	餐具消毒	胡仁为(328)
第三节	医院环境的表面消毒	居喜娟(335)
第四节	诊疗用品的消毒	王全珍(341)
第五节	手的卫生消毒	郭强(345)
第六节	室内空气消毒	居喜娟(350)
第七节	公共交通工具的消毒	沈伟(362)
第八节	家庭日常防病消毒	王全珍(367)
第九节	一次性使用卫生用品的消毒	沈伟(374)
第十节	理发和美容工具的消毒	陈建伟(379)
第十一节	皮、毛和衣服、被褥的消毒	陈建伟(385)
第十二节	农副业生产中的消毒问题	郭振东(390)
第十三节	制药工业中的微生物控制和消毒灭菌技术	吴柏生 孙华君(395)
第十四节	传染病疫源地消毒	张瑞雪(412)
第十五节	肝炎病毒的消毒	薛广波(421)
第十六节	艾滋病病毒的消毒	杨华明(429)

第四篇 防腐和保藏

第十章 用于防腐和保藏的化学药剂.....	(442)
第一节 醇类.....	张朝武(442)
第二节 酸类、酯类和醛类	张朝武(444)
第三节 季铵类阳离子表面活性剂.....	张朝武(453)
第四节 复方防腐、保藏剂	张朝武(458)
第五节 物理和化学消毒灭菌法在防腐和保藏中的应用.....	张朝武(461)
第十一章 防腐的应用.....	(466)
第一节 皮肤、伤口和烧伤创面的防腐	陈建伟(466)
第二节 尸体、组织和解剖物的防腐	张朝武(474)
第十二章 保藏的应用.....	(485)
第一节 药品和化妆品的保藏.....	张朝武(485)
第二节 粮食、蔬菜和水果的保藏	郭振东(494)
第三节 纺织品的保藏.....	刘厚奇(502)
第四节 木材及木制品的保藏.....	居喜娟(506)
附录 抗微生物常用消毒试验溶液和培养基的配制.....	卞雪莲(512)

第一篇 消毒学基础

Foundations of disinfection

这里所说的“消毒学”是一个广义的概念，包括了灭菌、消毒、防腐、保藏四个方面的内容。本篇包括两章：消毒学概述和消毒学研究方法。第一章作为本书的开篇，阐述了消毒学及其有关词语的定义和概念，消毒、灭菌、防腐和保藏的方法，并且对消毒学的形成和发展作了回顾和展望。第二章介绍了灭菌、消毒、防腐、保藏的研究方法和效果检测方法。包括消毒学实验基本技术和要求，评价灭菌效果、消毒效果、防腐效果和保藏效果的实验设计和试验方法，化学抗微生物剂的稳定性和毒理学评价方法等。

第一章 概 述

Introduction

在至今为止发现的上万种微生物中，大多数是对人类有益的，有些是我们生存和生活不可缺少的，但亦有一小部分是对人类有害的，它们或者可致人畜生病，或者造成生产和生活物质的腐败，从而导致经济损失。灭菌、消毒、防腐、保藏是我们对有害微生物作斗争的一个方面，其任务是杀灭和抑制外环境中的有害微生物。其意义有二：

一、预防由微生物及其毒素引起的疾病

疾病的现代病因概念包括了致病因子、宿主和环境三个要素。在致病因子中，有相当一部分是生物因子，其中主要是微生物和寄生虫。它们以人或（和）动物为宿主，侵入机体特定的部位生长繁殖，然后排出体外，经过在外环境中停留和转移，再侵入新的机体，引起疾病。根据传播途径的不同，我们可以把微生物和寄生虫引起的疾病分为四类：

1. 经粪→口传播的疾病 病原体从粪便排出，经在外环境停留、转移之后经口进入人体，引起疾病。例如甲型肝炎、细菌性痢疾、伤寒、霍乱、细菌性食物中毒等，属于这类疾病。对这类病原体，只要我们搞好饮水、食物、餐具、用品和手的消毒，便可阻断其传播。

2. 经呼吸道传播的疾病 病原体在感染者呼吸、说话、打喷嚏、咳嗽时排出，进入空气，停留一定时间后，再从呼吸道侵入易感者，引起疾病。例如麻疹、流行性腮腺炎、结核病、百日咳、白喉等，均为此类疾病。预防这类疾病主要是抓好空气和飞沫的消毒。

3. 经接触传播的疾病 是直接和间接的接触了感染的人畜或污染的物品而引起的疾病。包括性传播疾病、艾滋病、病毒性肝炎、沙眼等。另有一些疾病，例如破伤风、钩端螺旋体病、气性坏疽等，可由于接触污染的水土而感染。对这类通过正常或破损的皮肤粘膜而感染的疾病，应主要抓好各种表面、水、土壤、皮肤粘膜的消毒，为了防止医

源性感染，亦应作好医疗用品的消毒和灭菌。

4. 经血液传播的疾病 这类疾病大多是由昆虫吸血传播的，一般不用消毒。这类疾病有：疟疾、乙型脑炎、登革热、黄热病等。但另一些经血液传播的疾病，例如乙型肝炎、丙型肝炎、丁型肝炎、艾滋病等，可由于使用污染的医疗器械和污染的血液、血液制品而感染，因此，为预防这类疾病，需要做好手术器械、血液和血液制品以及输血、输液和注射用品的灭菌。

此外，手术感染是重要的医源性疾病，其预防方法是除严格无菌操作外，应做好创面防腐。一些神经系统、心血管系统、泌尿系统、妇产科、五官科的感染和某些恶性肿瘤，亦是由于病原微生物引起的，虽然其传播途径不十分明确，但抓好消毒灭菌工作对于预防这类疾病也是至关重要的。为了减少日益受到重视的医院内感染，作好消毒灭菌工作是中心环节。

在生物战情况下，消毒灭菌在消除生物战剂的污染，防止战剂微生物引起疾病和形成生物战疫源地上，负有特殊的使命。

二、防止各种物质和产品的生物学腐败

几乎所有与我们的生活有关的物质、产品、用品，均可受到微生物的破坏。为了减少经济损失，国内外均非常重视对保藏的研究。常常遭受微生物破坏的物质有：木材和木制品、纸浆和纸制品、油漆、棉花和棉制品、药物、建筑材料、植物油和工业油、各种动植物、各种食品、塑料制品、化纤制品、胶片和磁带等，保藏工作的任务就是采用化学、物理和生物的方法，使各种物质及物品免受微生物的腐败，从而减少经济损失。

第一节 消毒学及其有关词语的定义和概念

Definition and conception of disinfection and relative words

一、灭菌 (Sterilization) 和灭菌剂 (Sterile agent)

灭菌是杀灭或除去外环境中一切微生物的过程。这里所说的一切微生物包括一切致病的和非致病的微生物，亦包括细菌芽胞、真菌孢子，但不包括原虫及寄生虫的卵。灭菌是个绝对的概念，意为完全杀死或除掉外环境中的一切微生物，然而事实上要达到这样的程度是不可能的，因此目前国际上规定，灭菌过程必须使物品污染的微生物存活概率减少到 10^{-6} ，换句话说，若对 100 万件物品进行灭菌处理，灭菌后只容许有一件物品中存留活的微生物。由此可见，“灭菌”一词具有严格的定义，对经过灭菌处理后的物品采用“几乎无菌”或“部分达到了灭菌”等字眼进行评价都是不恰当的。

在医疗用品中，凡是接触病人的血液或进入无菌组织和柔软粘膜的器材，都必须达到灭菌。而仅接触皮肤及表浅体腔粘膜的器材，以及一般卫生用品，只要作消毒处理就可以了。

灭菌剂是指能够杀灭外环境中一切微生物（包括细菌繁殖体、芽胞、真菌、病毒、立克次体等）的化学物质。目前在医学和工农业生产中常用的灭菌剂有醛类化合物、烷基化杂环气体等。一些含氯化合物和含碘化合物，在一定的条件下也可用作灭菌剂，但目前国际上仍将其称为消毒剂。在物理方法中，热、电离辐射、紫外线、等离子体等，可用作灭菌。用其制备的灭菌器材称为灭菌器 (Sterilizer)。

二、消毒 (Disinfection) 和消毒剂 (Disinfectant)

杀灭或去除外环境中除细菌芽胞以外的各种病原微生物的过程,称为消毒。这里所说的“外环境”最初仅指无生命的物体表面,目前一般认为,除包括液体、气体和固体物体外,也包括有生命机体的体表和表浅体腔,这里所说的“病原微生物”,包括除细菌芽胞以外的各种致病性微生物,例如:细菌繁殖体、真菌、病毒、立克次体、衣原体等。消毒并不要求杀灭或去除污染物体的全部病原微生物,而是使其减少到不至于引起疾病的数量。一般来说,在医用器材和医疗环境的消毒中,若能使人工污染的微生物在消毒过程中的存活概率减少到 10^{-3} ,则认为是可靠的,换句话说,通过消毒处理后,杀灭或去除了原有微生物的99.9%,亦就达到了消毒要求。若用消毒对象上污染的自然微生物的杀灭率来评定消毒效果,一般以杀灭或清除率达到90%为合格。在卫生防病消毒中,这个标准还可以降低一些,一般来说,如果能杀灭消毒对象上污染的自然微生物的80%以上,则应该是能接受的。

消毒剂是用于杀灭外环境中病原微生物的化学药物。最初仅指杀灭无生命物体表面污染微生物的化学药物,目前已将消毒剂的概念扩大到杀灭无生命的物体和人或动物体表及表浅体腔的致病微生物的药物。对消毒剂的要求是杀灭细菌繁殖体和病毒,而不要要求杀灭细菌芽胞。但能杀灭一切微生物的灭菌剂是更好的消毒剂。在国外,消毒剂包括化学物质,也包括能起到同样作用的物理因子。在国内,一般对用于消毒的化学物质称为消毒剂,而将用于消毒的物理因子称为物理消毒法或消毒器。

曾经有人把杀灭携带病原微生物的昆虫甚至也包括一些寄生虫,例如利什曼虫、锥虫、滴虫、毒浆原虫、鞭毛虫、肺囊虫、疟原虫、阿米巴原虫等,以及消除化学毒物,也称为“消毒”,这显然是不恰当的。

按照目的,可将消毒分为两类:预防性消毒和疫源地消毒。

(一) 疫源地消毒 (Disinfection of epidemic focus)

疫源地是传染源排出病原微生物所能波及的范围。对疫源地内污染物的消毒称为疫源地消毒。例如,在传染病病房进行的消毒和传染病人的家庭消毒即为此种类型。疫源地消毒又有两种情况:随时消毒(Concurrent disinfection)和终末消毒(Terminal disinfection)。随时消毒是在疫源地内存在传染源时进行的消毒,例如每天随时进行的传染病病人床边消毒。其目的是及时杀灭或消除病人或病原携带者排出的病原微生物。所有传染病和由微生物引起的疾病,均应进行随时消毒。终末消毒是传染源离开疫源地后,对疫源地进行的最后一次消毒。例如,传染病人住院,转移住处或死亡后进行的病室消毒,即为此类。大多数肠道传染病和结核、炭疽等需要终末消毒。由条件致病菌和在外环境中存活力不强的微生物引起的疾病可以不进行终末消毒。

(二) 预防性消毒 (Preventive disinfection)

是在没有明确的传染源存在时对可能受到病原微生物污染的场所和物品进行的消毒。例如,日常生活中的防病消毒,医院非传染病区进行的消毒,对医疗用品、器械、公用物品、公共场所、交通工具、饮水、餐具等进行的消毒。需要进行预防性消毒的物品和场所,一般都有一定的卫生学指标要求,即必须将其污染的菌数控制在规定的数量以下。

三、防腐 (Antisepsis)

杀灭或抑制活体组织上微生物的生长繁殖,以防止组织感染,称为防腐。用于防腐的化学药物称为防腐剂 (Antiseptic)。对防腐剂的要求是必须能抑制微生物的生长繁殖,而不要求一定能将其杀死,同时,这类药物必须对人的毒性低,对皮肤粘膜的刺激性小。大多数化学灭菌剂和消毒剂在较低的浓度时,可以作为防腐剂。

四、保藏 (Preservation)

采用化学药物或物理的方法防止物质的生物学腐败,称为保藏 (或保存)。保藏涉及的范围很广。在医学上,涉及尸体、组织、器官和药物的保藏;在日常生活中,涉及食物、化妆品的保藏;在工农业生产中,涉及工业产品、农副业产品等的保藏。用于保藏的化学药物称为保存剂 (Preservative)。凡是有抗腐败作用的理化因子均可用于保藏。

五、消毒学 (Disinfection)

当我们澄清了灭菌、消毒、防腐、保藏的概念之后,则不难给出消毒学的定义。

严格地说,消毒学是研究杀灭和去除外环境中病原微生物的理论和方法的科学。这个定义表明,消毒学包括了消毒和灭菌两个内容,因为它们都是研究杀灭和去除外环境中微生物的科学,只是杀灭和去除的目标微生物和程度稍有差别而已。而防腐和保存仅指抑制微生物的生长繁殖,并非将其杀灭或去除,故本质上不属于消毒学的范畴。但是防腐和保藏也是研究外环境微生物控制的,故在国外一些消毒灭菌专著中也涉及了一些防腐和保藏的内容,这样就产生了广义的消毒学定义:消毒学是研究杀灭、去除和抑制外环境中病原微生物和其他有害微生物的理论和方法的科学。消毒学是预防医学中的一个学科。

(薛广波 编)

主要参考文献

1. 薛广波主编:实用消毒学,北京,人民军医出版社,1986;1-8.
2. 刘育京:消毒学的形成与发展,消毒与灭菌,1989;6(1):29-33.
3. 薛广波:消毒学及其进展,交通医学,1990;4(3):52-61.
4. Block SS: Disinfection, Sterilization and Preservation, Philadelphia; Lea and Febiger, 1977; 1025-1029.
5. Russell AD et al: Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilization, London. Blackwell Scientific Publications. 1982; 1-7.

第二节 灭菌、消毒、防腐、保藏的方法

Methods for sterilization, disinfection, antisepsis and preservation

用于灭菌、消毒、防腐和保藏的方法很多,按照其本身的性质,大致可分为三类:物理法、化学法和生物法,现分述如下。

一、物理法

这类方法是采用一些物理因素杀灭、消除环境中的致病性微生物及其他有害微生物，或者抑制其生长繁殖。常用的有下述几种。

(一) 自然因素 (Natural factors) 的利用

自然因素，包括日晒、雨淋、风吹、干燥、高温、湿度等，可用于消毒和保藏，称为大自然的净化作用。一般来说，不能用于灭菌和防腐，因为其作用有限，且使用范围有一定局限性。目前国外对日光在消毒上的应用比较多，对干燥在保藏上的应用也比较重视。

(二) 机械除菌 (Cleaning microorganism by machinery strength)

利用机械的冲击力和阻留，消除物体表面和水及空气中的微生物，从而达到净化的目的。常用的方法有：擦、抹、冲洗、扫、刷、通风、过滤等。在这类方法中，目前研究比较多的是过滤除菌 (Filtration sterilization)。由于滤材研究的发展和滤器制造技术的提高，在液体和气体的消毒中，过滤除菌应用比较广泛，甚至一些能溶于水的固体物质，也采用过滤法去除微生物。在水和其液体的过滤除菌中，目前已能制造滤除 $0.01\mu\text{m}$ 大小的颗粒，也就是说细菌、真菌和较大的病毒，均可滤除。水滤器不仅用于饮水消毒，也用于食品工业和制药工业用水的制备。对空气的过滤除菌，目前多采用层流法。国外一般手术室、微生物实验室、无菌车间等，多采用层流法洁净室内空气。我国目前对层流技术比较重视，当前一些大医院的手术室、烧伤病房、较高级的微生物实验室已采用。

(三) 热力 (Heat) 的应用

热力，包括干热、湿热和焚烧，在消毒灭菌上应用广泛，在保藏和防腐上亦应用。近年来，热力灭菌的主要发展是，采用预真空和脉动真空灭菌器。这种灭菌器的优点是，消毒柜内冷空气排放较彻底，消毒时间短且效果可靠。近年来，将热和化学消毒法相结合，降低了使用温度，可用于一些怕热物品的消毒灭菌，例如， $73-80^{\circ}\text{C}$ 热蒸汽，加上甲醛气体，既降低了热力灭菌的温度，又缩短了甲醛灭菌的时间。干热灭菌近年来的主要发展是卤素电热管干热灭菌箱的问世，这种消毒箱升温快，箱内热分散均匀，消毒效果好，传统的下排气式压力蒸汽灭菌锅和电热丝干热灭菌箱目前仍在应用，但正向灭菌过程自动控制方向发展。

(四) 辐射灭菌 (Sterilization by radiation)

辐射灭菌包括电离辐射 (Ionising radiation)、紫外线辐射 (ultraviolet radiation)、灭菌、超声波 (Ultrasonic) 和微波 (Microwave) 消毒。它们都属于电磁波。

电离辐射灭菌是自 50 年代以来快速发展起来的一种消毒灭菌方法，其优点是灭菌效果可靠，成本低，无残留毒性，穿透力强，可灭菌完整的物品，一般采用钴-60 辐射的 γ 射线灭菌，亦有少数采用铯-137，个别是采用电子加速器，利用高能电子束灭菌。我国已有数十个大的钴源和少数电子加速器用于医疗用品的灭菌。虽然国际上一些发达国家电离辐射灭菌已成为医学灭菌的主要手段，但我国目前应用并不普遍，这是由于辐射源造价高，灭菌成本并不比用热和环氧乙烷气体低。

紫外线灭菌目前是我国空气和表面消毒的常用方法，在水和其他液体的消毒中也有应用。近年来紫外线灭菌技术的主要发展是：研制了高强度、多用途的紫外光源，例如，

H 型高强度紫外线灯、低 O₃ 紫外线灯、高 O₃ 紫外线灯、高压汞紫外线灯、冷阴极低压汞紫外线灯、金属卤化物紫外线灯等，并且利用紫外线灯研制了不同用途的多种紫外线消毒箱。近年来，对紫外线与化学消毒剂联合作用进行了一些研究。例如，紫外线和醇类消毒剂的协同作用，紫外线和表面活性剂的联合应用。在国外，目前用紫外线和乙型丙内酯对血液、血浆和血液制品实施灭菌，以防艾滋病和病毒性肝炎。对不同波长紫外线的杀菌作用，亦有一些研究。以往认为，紫外线杀菌作用最强的波段是 254nm，目前看来，对不同类型的微生物，最强杀菌波段并不完全相同，A 波和 B 波紫外线，在消毒上也有应用。

微波消毒，是当前深受重视的一项新消毒技术。一般采用 2540MHz 和 915MHz 的微波消毒，前者升温快、杀菌作用强、消毒时间短，但穿透力较弱，一般用于小件物品消毒；后者频率低升温慢，消毒时间长，但穿透力强，可用于大件及较厚物品的消毒。微波炉的功率越大，杀菌作用越强，功率 500W 的微波炉，只能杀灭一般细菌繁殖体，800W 以上的微波炉才能杀灭细菌芽胞。若用 1500~3000W 的微波炉，一般可于数十秒内达到消毒要求。微波不仅用于医学灭菌和消毒，也可用于药品和食品的保藏。

超声波可以用作净化表面和液体。虽然它对各种微生物均有杀灭作用，但作用较弱，一般不能单独用作消毒灭菌，常与其他抗微生物剂合用，增强其作用。例如，超声波对戊二醛有明显地增效作用。

二、化 学 法

即利用化学物质杀灭、抑制微生物的作用进行灭菌、消毒、防腐和保藏。有抗微生物作用的化学物质很多，用于针对环境微生物者也有数百种。按照其作用的水平，可分为灭菌剂即高效消毒剂、中效消毒剂、低效消毒剂、防腐剂和保藏剂。

1. 高效消毒剂(灭菌剂) 可以杀灭一切微生物，包括细菌繁殖体、细菌芽胞、真菌、分枝杆菌、病毒等。属于此类的有：甲醛、戊二醛、环氧乙烷、过氧乙酸、过氧戊二酸、二氧化氯、乙型丙内酯、环氧丙烷等。

2. 中效消毒剂 除不能杀灭有足够有机物保护的细菌芽胞外，其他微生物均可杀灭。这类消毒剂有：含氯消毒剂、含碘消毒剂、醇类消毒剂、酚类消毒剂等。我国一些研究者对含氯消毒剂和含碘消毒剂进行了大量的研究，认为它们可以杀灭细菌芽胞，因而有人建议将其列入高效消毒剂，但未获国际上承认，国内意见也不一致。对此，需要再作一些加大有机物保护的杀菌试验。

3. 低效消毒剂 为可以杀灭细菌繁殖体、真菌和亲脂病毒，而不能杀灭细菌芽胞和亲水病毒的消毒剂。这类消毒剂有新洁尔灭等季铵盐类消毒剂、洗必泰等二胍类消毒剂。

4. 防腐剂和保存剂 仅有抗菌作用，可抑制微生物生长繁殖，而不能将其杀死的化学物质可用作防腐或保存剂。用作防腐者，要求对人和动物毒性要低，对皮肤粘膜刺激性小。用作保存剂的化合物也要求毒性低，腐蚀性小。

一般来说，灭菌剂都可用作消毒剂，只要减小处理剂量和时间即可，消毒剂大多可用作防腐剂和保存剂。

一种理想的杀/抗菌剂应该是杀/抑菌谱广，有效使用浓度低，作用速度快，稳定性好，易溶于水，受温度影响小，受有机物、pH 等因素影响小，对物品腐蚀性低，对人和动物毒

性小,对皮肤粘膜刺激性小,燃烧和爆炸的危险性小,价格低,便于运输和储存。

常用的杀、抑菌化合物及其近年来研究情况分述如下。

(一)醛类(Aldehydes)化合物

常用有甲醛和戊二醛两种。甲醛(Formaldehyde)是一种古老的消毒剂,被称为第一代化学消毒剂的代表。其优点是消毒效果可靠,缺点是有刺激性气味,作用慢,近年来的研究发现,甲醛对人有致癌作用。目前用于怕热、怕湿物品的消毒,为了防止其刺激性气味,可用有机溶剂,例如乙二醇、异丙醇、丙二醇、甘油等配制消毒液,用时再稀释。戊二醛(Glutaraldehyde)是第三代化学消毒剂的代表,被称为冷灭菌剂,用作怕热物品的灭菌。灭菌效果可靠,对物品腐蚀性小。缺点是作用慢,价格较贵。

(二)烷基化气体灭菌剂

在这类化合物中,用作消毒、灭菌、防腐和保藏的主要有环氧乙烷,环氧丙烷和乙型丙内酯。环氧乙烷(Ethylene oxide)是种气体灭菌剂,主要用于一次性医疗卫生用品消毒灭菌。杀菌作用强大,灭菌效果可靠。由于易燃易爆及近年来发现有致癌作用而影响其广泛使用。乙型丙内酯(Beta-propiolactone)的杀菌作用比环氧乙烷的杀菌作用更强,但由于在最初研究时发现,它对大白鼠和小白鼠有致癌作用,故而未能作为一种常规消毒灭菌剂使用。在美国和英国将其用作防生物武器消毒剂,近年来国外将其用于血清和血液制品的灭菌,以防止肝炎病毒和艾滋病病毒经血液传播。我国目前尚未生产该消毒剂,环氧丙烷(Propylene oxide)亦是一种烷基化气体消毒剂,消毒作用不及环氧乙烷。大多数可用环氧乙烷消毒的物品可用环氧丙烷消毒。目前主要用于消毒粉末性食品 and 食品添加剂。我国已有生产,但尚未在消毒灭菌上大量应用。溴化甲烷(Methyl bromide)对芽孢和细菌繁殖体均有杀灭作用,但作用较环氧乙烷弱且缓慢,一般不单独用作灭菌或消毒,而是和环氧乙烷合用,形成防爆环氧乙烷混合气体,同时减少了环氧乙烷用量,并且提高了其穿透性。其它烷基化剂,例如乙撑亚胺(Ethylene imine),由于很易爆炸,尽管其杀菌作用比环氧乙烷强,也未能在消毒灭菌上应用。

(三)过氧化物

过氧乙酸(Peracetic acid)在我国是一种应用广泛的消毒剂,杀菌作用强大而迅速,价格低廉。但有两个重要缺点:不稳定,易分解,对消毒物品有腐蚀作用。近年来,对过氧乙酸的稳定方法进行了研究,发现N-103酸,N-104酸和植酸对过氧乙酸的稳定作用比常规应用的8-羟基喹啉更好。过氧化氢(Hydrogen peroxide)是种古老的过氧化物消毒剂,过去在防腐和消毒上应用较多,自60年代以来,已趋向于不用。近年来国内外又进行一些研究,发现过氧化氢和其他过氧化物类消毒剂有其独特的优点,例如腐蚀性小,对皮肤粘膜刺激性小等。它可以杀灭一般细菌和病毒,高浓度时也可杀灭细菌芽孢。用过氧化氢配制的空气消毒剂,可在30分钟内有效地杀灭空气中的细菌繁殖体。近年来国内外常规用作隐形眼镜的灭菌,效果比较可靠。臭氧(Ozone)是近年来倍受重视的消毒剂。可用于饮水消毒,污水处理,表面和空气消毒。臭氧不仅有强大的氧化杀菌作用,而且可以除去水中的异味,且消毒后不留毒性物质,但对表面消毒作用缓慢。目前我国生产的O₃发生器有两种:板式O₃发生器和管式O₃发生器。前者O₃产量高,价格贵,后者O₃产量低,价格低。过氧戊二酸(Perglutaric acid)是一种新的过氧化物消毒剂,我国于1986年合成,有液体和固体剂型,固体稳定性好,可用于表面和空气消毒。二氧化氯(Chlorine dioxide)亦是

一种比较新的消毒剂,靠其氧化作用杀菌,主要用于饮水消毒,消毒后不产生有致癌作用的三氯甲烷,同时有除去异味的作用。二氧化氯在食品保鲜上也有应用。

(四)含氯化合物

这类消毒剂溶于水后可产生有杀菌活性的次氯酸钠。国际上认为属于中效消毒剂,但我国有些报告认为有杀芽胞作用。含氯消毒剂可分为两类:有机氯消毒剂 and 无机氯消毒剂。过去应用较多的是漂白粉(Bleaching powder),由于它稳定性差,不易保存,故近年来已基本不用。代之而用的是漂白粉精(Calcium hypochlorite)和三合二(含次氯酸钙和氢氧化钙)。近年来,对含氯消毒剂的研究取得了一些进展。目前常用的有:二氯异氰尿酸钠(Sodium dichloroisocyanurate)及其复方消毒剂,氯化磷酸三钠(Trisodium phosphate chloride)和液氯。利用次氯酸钠发生器电解食盐,产生次氯酸钠消毒液,既简便又经济,深受欢迎。其他用于消毒的氯制剂还有:三氯异氰尿酸、氯胺T、二氯异氰尿酸钾、二氯异氰尿酸等。

(五)碘及含碘化合物

是近年来研究比较多的一类消毒剂。过去常规应用于医学消毒的有碘酊和碘酒。目前研究比较多的是碘伏(Iodophors)。碘伏对各种微生物都有杀灭作用,可以杀灭芽胞,但受有机物影响大。国内有人建议将碘消毒剂列入高效消毒剂,考虑到国际惯例,本书中仍列为中效消毒剂。近年来对碘伏的载体和剂型进行了研究,我国已生产了固体的PVP碘、以新洁尔灭或洗必泰为载体的碘伏等。用于消毒和防腐的碘消毒剂还有:碘溶液、强碘溶液(Lugol's solution)、氯碘喹啉(Viotorm; iodochlorhydroxyguim)、碘仿(Iodoform)氯化碘和碘甘油。

(六)醇类化合物

这类消毒剂可以杀灭细菌繁殖体,但不能杀灭芽胞,属于中效消毒剂。主要用于皮肤粘膜的防腐消毒。目前用的醇类消毒剂有:乙醇(Ethyl alcohol; Ethanol)、异丙醇(Isopropyl alcohol)、甲醇(Methyl alcohol; Methanol)、氯丁醇(Chlorbutol; Trichlorobutanol)、苯乙醇(Phenylethanol)、苯甲醇(Benzyl alcohol)、布朗诺醇(Bronopol)等。近年来的研究发现,醇类消毒剂和戊二醛、碘伏等配伍,可以增强其作用。

(七)酚类化合物

这是一类古老的中效消毒剂,只能杀灭细菌繁殖体和病毒,而不能杀灭细菌芽胞,对真菌的作用也不大。用作消毒剂的酚类化合物有:石炭酸(Carbolic acid)、甲酚(Cresol)、氯甲酚(Chlorocresol)、氯二甲苯酚(Chloroxylenols)、六氯双酚(Hexachlorophane)、三氯菌散(Triclosan)、酚地克(Fentichlor)、氯二甲苯酚溶液(Chloroxylenol solution)、来苏儿(Cresol and soap solution)、黑色溶液和白色溶液(Black fluids and white fluids)等。由于酚消毒剂的应用对环境有污染,目前有些国家限制使用酚消毒剂。这类消毒剂在我国的应用也趋向逐步减少。

(八)季铵盐类阳离子表面活性剂

此类消毒剂是低效消毒剂,不能杀灭芽胞和亲水病毒,对繁殖体有广谱杀灭作用。其优点是毒性小,稳定性好,一般用皮肤粘膜的消毒和环境表面消毒。我国使用的铵盐类消毒剂主要是新洁尔灭(Bromo geraminum),前几年由于宣传的不当,在用户中造成了一些误解。不少医院用其作手术器械的浸泡灭菌,因而出现了不少问题。为了纠正这一情况,

1991年版的《消毒技术规范》对新洁尔灭的使用范围作了严格的限制。其它在消毒、防腐和保藏上使用的季铵盐类阳离子表面活性剂有：氯苄烷铵(Benzalxonium chloride)、溴化鲸腊三甲铵(Cetrinide)、氯化十六烷基吡啶(Cetylpyridinium chloride)、溴化十六烷基吡啶(Cetylpyridinium bromide)、消毒净即十四烷基 2-甲基吡啶溴化铵(Tetradecyl methylpyridinium bromide)和十二烷基二甲基乙苯氧基溴化铵即杜米芬(Domiphen bromide)。最近有报道,一种双链季铵盐阳离子表面活性剂“百毒杀”,不仅可以杀灭多种细菌繁殖体而且对芽胞有一定的杀灭作用。

(九) 二胍类

亦是一类低效消毒剂,不能杀灭细菌芽胞,但对细菌繁殖体杀灭作用强大,一般用于皮肤粘膜的防腐,亦可用于环境表面的卫生消毒。常用的二胍类消毒剂是洗必泰(Bis-diguanide chlorhexidine)及皮可洗啉(Picloxidine)。近年来,有些以洗必泰为主要成分的复方消毒剂,例如,洗必泰—醇消毒剂已投入使用,其杀菌效果有所提高。

(十) 酸类和酯类消毒、防腐、保存剂

这类化合物对细菌繁殖体和真菌具有杀灭和抑制作用,但作用不强。用于消毒时属于低效消毒剂,有些只能用作防腐和保存剂。常用的有乳酸、醋酸、水杨酸、苯甲酸、山梨酸、亚硫酸盐、二氧化硫、对羟基苯甲酸酯等。

(十一) 金属制剂

这类化合物主要用于皮肤粘膜的防腐,有抑菌作用,但灭菌作用不强。常用的有:汞溴红、硫柳汞、硝柳汞、氯化汞、氯化汞铵、氧化黄汞、硝酸银、蛋白银、弱蛋白银和铜盐。

(十二) 其他化合物

一些香料、染料及喹啉类化合物、高锰酸钾、碱类等,亦有杀菌或抑菌作用,可以用作防腐和保藏。

三、生物法

生物消毒法是利用动物、植物、微生物及其代谢产物杀灭或去除外环境中的病原微生物。主要用于水、土壤和生物体表面的消毒处理。目前可用作消毒的生物有下述几种:

(一) 细菌

当前可用于消毒的主要是噬菌蛭弧菌。它可以裂解多种细菌,包括霍乱弧菌、志贺氏菌、大肠杆菌、沙门氏菌等,用于水的净化处理。其他细菌,例如梭状芽胞菌、类杆菌属中某些细菌,可用于污水、污泥的净化处理。

(二) 微生物代谢等产物

一些真菌和细菌的代谢等产物如毒素,具有抗菌或抗病毒作用,亦可用作消毒或防腐。例如,由霉菌产生的霉酚酸、青霉酸、木支青霉酸、展青霉酸等具有杀菌和杀病毒作用。SY-30 大肠菌产生的大肠菌素,可杀灭致病性大肠杆菌。

(三) 噬菌体

一些广谱噬菌体,例如, T₆、T₁ 等可裂解多种细菌,有可能在消毒和防腐上应用。

(薛广波 编)

主要参考文献

1. 薛广波: 消毒学概论, 薛广波主编: 实用消毒学, 北京, 人民军医出版社, 1986; 1-2.
2. 薛广波: 消毒学及其进展, 交通医学, 1990; 4 (3): 52-61.
3. 夏立人: 国内外消毒进展, 上海预防医学杂志; 1992; 4 (1): 2-3.
4. 薛广波: 医院消毒及其进展, 中国医院感染学杂志, 1992, 2 (2): 110-112, (3): 185-187.
5. 刘育京: 建国四十年来我国消毒学的进展, 消毒与灭菌, 1989; 6 (3): 127-131.
6. Hugo W B and Russell A D: Types of antimicrobial agents. Russell A. D et al: Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilization. Blackwell Scientific Publications. 1982; 8-106.
7. Richard J D: Sterilization concepts and methods of sterilization employed by the hospital and industry. Gaughran E. R. L., Morrissey R. F. and Wang You-sen: Sterilization of Medical Products. Montreal. Polyscience Publications Inc. 1986; 17-31.

第三节 历史的回顾和展望

Historical retrospect and prospect

世界的进化、人类的发展, 都和微生物有密切的关系。在庞大的微生物大军中, 有些是对人有益的, 微生物的利用促进了人类社会文明的发展。有些微生物则是有害的, 它们或者可致人、畜或植物生病, 或者使人类的生产生活物资发生腐败, 造成经济损失。人类要生存, 就必须消灭这些微生物。人类和环境中致病的和有害的微生物作斗争的历史, 构成了灭菌、消毒、防腐、保藏的发展史, 亦即消毒学发展史。

一、消毒学的形成

纵观消毒学发展史, 我们可以把这一学科的形成过程划分为三个阶段: 经验阶段、应用阶段和成熟阶段。

据我国文献记载, 早在公元前 17 世纪初的殷商时期, 我们的祖先已懂得饮用煮沸的水以防病。公元 533 年北魏贾思勰的《齐民要术》中已有用茱萸消毒井水的记载。在 16 世纪明代李时珍的《本草纲目》中, 曾述及采用蒸汽消毒病人的衣服, 以防止疾病的传播。在清代的医学著作中, 也有类似的记载。在国外, Mose 早在 3400 多年前就作了火焰灭菌的记述, Susrula 在 2600 多年前就提出用经煮沸的水清洗创伤部位和医生的手, 以防止伤口腐烂。公元前 322 年前后, 古希腊学者亚里斯多德向亚历山大大帝建议, 让士兵饮用开水、掩埋粪便以防病。至 1485 年, 威尼斯采用食醋熏蒸消毒信封。1804 年, Apert 发现密封在容器中的食物, 煮沸加热处理后就不再腐败, 可以长期保存。这些措施, 都是从经验得来的, 并没有消毒的理论指导, 因此, 后人把 19 世纪中期以前先人采用的消毒措施称为经验措施, 这一阶段在消毒学的发展上称为经验阶段。

至 19 世纪中期, 微生物学和流行病学的发展促进了消毒学理论和实践的发展, 在医学领域内, 比较多的采用了消毒措施, 从而使消毒学从经验阶段进入了应用阶段。1837 年 Schwan 证明, 腐败作用是由生物学原因引起的, 指出加热可以杀灭这种生物, 这种观点就是今天我们所说的消毒。1840 年 Henle 研究了微生物致病的条件, 认为引起疾病的微生物——病毒, 不仅是有机体, 而且是有生命的活体, 可以在人体内寄生。在此期间, Wells (1871-1897 年) 针对“感染性病芽”采取杀灭措施, 取得了满意的效果。他要求

在开刀之前，严格消毒手术者的手和手术器械，由此而使卵巢切除手术后的病死率显著降低。1857—1880年进行的1000例卵巢切除术，由于采取了消毒措施，使这种术后死亡很高的疾病的病死率降低到只有4%。1847年前后，维也纳大学医院的Semmelweis注意到，在产科病房，医学生实习时由于发生产褥热而导致产妇死亡率高达9.92%，而助产士实习时死亡率仅3.3%，调查原因之后他认为，医学实习生参加尸体解剖，手上带有病菌，通过实习生的手传播引起了产褥热。故而他提出要求，医生检查产妇之前，必须事先用漂白粉洗手，并且要求器械、敷料等都必须事先消毒。这些措施使产褥热的发生率大大下降，产妇死亡率也大大降低。1865年，Lister为了防止手术后感染，采用了石炭酸消毒，从而大大降低了复杂性骨折的病死率。Lister认为，创伤化脓的原因是由于侵入了“病芽”所致，他用2.5%石炭酸清洗创伤和医生洗手，用5%石炭酸溶液消毒器械，并用5%石炭酸喷雾杀灭手术室空气中的浮游菌。Lister为外科防腐开辟了道路。1854年，Schroeder等发现，用棉塞子过滤煮沸后的水，可使其中无微生物。同期Pasteur发现，煮沸可以破坏细菌。他认为，医院中任何地方都有病菌，不仅手术器械和医生的手要消毒，而且还要警惕大气中的浮游病原体，用事先杀过菌的水拭洗物体表面，能达到一定程度的净化。Koch氏在其《创伤感染原因的研究》和《病原微生物研究》中，不仅阐述了各种细菌的形态和生物学特征，而且也介绍了灭菌方法，所以，Koch和Pasture的功绩不仅在于他们奠定了近代细菌学的基础，而且也对消毒灭菌的方法和理论作出了重大贡献。在外科防腐上，Fred Kilmer也作出了杰出贡献。1887年他发表了“现代外科敷料”论文，1888年出版《现代外科抗菌伤口处理方法》一书，不仅传播了Lister的思想，而且对外科抗菌作了进一步的阐述。1897年，Johnson and Johnson公司出版了《科学地灭菌》一书，阐述了无菌技术的应用。从19世纪中叶到20世纪中期，消毒灭菌技术有了突飞猛进的发展，表现在对热力消毒和灭菌的深入研究，过滤除菌技术的应用和一些化学消毒剂，例如漂白粉、碳酸、升汞、甲醛的发现。

进入本世纪50年代以后，消毒学逐步具备了成为一个独立学科的条件，即进入了成熟阶段。这主要表现在：有了丰富的理论与实践基础；有了独特的消毒学研究方法；有了自己的专业队伍；有大量技术人员从事消毒学研究和实际工作；产生了良好的社会效益，并得到了社会的公认；出版了消毒、灭菌、防腐和保藏方面的专著和杂志。

消毒学形成之后，不仅在医学消毒方面发展很快，而又出现了一些分支，例如，工业消毒和灭菌、农业消毒和灭菌等。目前，几乎一切存在微生物危害的领域，都存在消毒学的问题，人们对其重视的程度，正在与日俱增。

二、物理消毒发展史

在物理方法中，最早被用于消毒灭菌的是热力，至今已有3000多年的历史。1765年Spallanzani观察了煮沸消毒时间，发现煮沸2分钟，不能杀灭水中的所有细菌，煮沸1小时，可把密封在瓶中液体内的微生物全部杀死。1876年Cohn对枯草杆菌芽孢的耐热性进行了研究，观察了108℃和120℃加热的杀灭效果。同年，Tyndall发明了间歇灭菌法，即利用芽孢菌发芽后耐热力下降的特点，间隔一定时间加热一次，使芽孢发芽，成为繁殖体而将其杀死。1880年Chamberland研制成了高压灭菌器，次年Koch对湿热和干热的杀菌作用进行了比较，发现细菌的耐热性在有水蒸气和无水蒸气存在时差别很大。1881