

中国生物医学工程学会第六次会员代表大会暨学术会议  
**论文摘要汇编**



中国生物医学工程学会

二〇〇四年四月 武汉

中国文学名著丛书  
《说文解字》



中国文学名著丛书  
《说文解字》

# 综 述

## 《生物医学测控技术的研究进展》报告

测量分会 2003~2004

生物医学测量及控制技术是近年来生物医学工程研究中最活跃的分支之一。人体的不同层次(包括细胞、分子层次,组织、器官层次,个体、群体层次)上的生物医学测量技术的研究论文数以万计,包括测量对象、测量方法及测量仪器,测量及控制的前提,没有精确的测量就没有精确的控制,测量与控制组成的闭环系统在生命科学研究及医疗器械中应用越来越广,因而在学科领域中常称为测控技术。测控技术的进展在推动先进的诊断、治疗方法与仪器的进步。

近年来国内外在生物医学测控技术的进步主要包括下列几个方面:

### 1, 无创及微创测控技术

无创及微创测控技术已直接应用于微创心血管外科、激光外科、各类内窥镜技术、植入的或体外的传感与反馈治疗技术、功能辅助技术、组织工程技术、无创通气技术、人工器官及微米级甚至纳米机器人技术中,获得了非常精确的、更有效、更安全的治疗效果。

### 2, 生物医学光子测控技术

以光子为信息或能量载体的生物医学光子技术正在受到世界各国的关注,国际生物医学光子会议已举办多次,我国香山科学会议也两度研讨生物医学光子学,尤其是分子生物光子学的发展现状及对策、生物发光的机理研究与应用、生物系统的诱导发光及应用、荧光探测与激光扫描共聚焦显微技术、多光子荧光成像,光镊和单分子操作等,近年来我国在激光治疗、光动力疗法、光相干层析成像(OCT)等均已取得了成果,数字式内窥镜、光纤内窥镜与共聚焦显微镜结合的在体分子活检、固有荧光活检技术也取得了阶段性成果,各种医用激光技术也正在大力推动中。

### 3, 生化检验

生化检验也有了长足进步,我国近年来已有多家研究所与公司报导了许多新型全自动或全自动生化分析仪研制成功,临床实验室信息系统 CLIS 和全实验自动化 TLA 的步伐也正在加速。

### 4, 细胞及生物分子

在细胞与生物分子级别上的检测技术的进步也十分引人注目。基因扩增 PCR 技术以及 PCR 仪器的研制,基因芯片的研制、应用以及芯片系统的建立,细胞信号转导的研究水平以及膜片钳系统的研制成果,各类高倍、高分辨率显微镜的国产化及应用技术的进步都标志了我国在细胞与分子级别检测技术上了新的台阶,这些技术正在推动细胞及分子级别上的诊断技术的进步。

### 5, HIFU

HIFU 技术及临床应用正推动声学测量方法的进步。HIFU 是近年来肿瘤热疗与治疗声学的研究热点,重庆医科大学及上海交通大学等学校在超声场测量及 HIFU 治疗的评估中采用了许多超声参数以及人体深部体温测量新技术,对超声的热效应、机械效应及空化效应作了较深入的研讨,HIFU 系统已有多类产品问世,临床监测与评估成了研究热点。

### 6, 虚拟内窥

虚拟现实技术近年来也特别引人注目。虚拟现实技术是指采用各种技术,来营造一个能使人有置身于真正现实世界中的感觉(包括视觉、听觉、触觉、嗅觉与味觉等)的环境。虚拟现实技术在医学应用领域中已有许多应用成果,包括虚拟人体解剖、虚拟人项目(Visible Human Project, VHP)、虚拟三维医学图像技术、虚拟医学诊断与治疗技术等。虚拟现实技术具有使医学图象学科发生巨大变革的潜在动力,但要在医学上获得真正的应用,还面临着诸多问题,由于其涉及的计算数据量非常巨大,而且还将设计诸如快速计算、数据分割、数据建模、数据配准与融合、实时快速通讯等一系列问题,因此对缩配置的计算机的硬件要求很高,包括高速的 CPU 和海量存储技术,虚拟现实软件也待进一步编制。在实际应用中,在疾病的诊断、确定、治疗中的精确定位问题、数据与图象处理问题,包括数据的抽象、建模、分析、配准、融合、理解等诸多方面也有许多障碍待克服。



虚拟内窥镜的研究也是我国支持的一个研究热点。虚拟内窥镜（**Virtual Endoscope, VE**）是利用图形图象、虚拟现实技术，从一系列断层图象组成的体数据场中，重建出类似传统光学内窥镜所观察到的人体器官内窥镜视图，是一种新兴的医学诊断方法。与传统的光学内窥镜相比，**VE** 具有非侵入、不存在视觉死区等许多突出优点。“虚拟内窥镜成象的加速与导航”的研究，虚拟内窥镜的产业化与临床研究等均在同步进行中。

#### 7, 脑科学与学习科学

脑科学与学习科学的兴起正在推动神经科学、脑科学与学习科学的研究，与分子生物学、基因芯片的研究一样，近年来十分活跃，对幼儿生长发育的脑科学与学习科学研究，借助各类功能成象技术研究脑结构中情绪功能通路的理解的研究，利用虚拟现实技术对脑结构与功能的三维主体显示技术等在国内有许多学者花费巨资进行各方面的探索研究；这一研究涉及到学习与记忆、脑与情感等许多脑科学知识，仅依靠工程技术人员，运用一些先进的成象技术还是远远不够的，需要在各个领域组织协同，才会出真正的有指导意义的成果。

#### 8, 生物电阻抗

生物电阻抗测量技术的进步亦很明显。中国协和医科大学生物医学工程研究所、第四军医大学等在生物电阻抗测量技术及产业化研究中都迈出了重要的步伐。以电阻抗断层图象技术（**Electrical Impedance Topography, EIT**）的发展方向的新一代生物电阻抗技术正吸引着世界各国的许多研究者，**EIT** 技术不使用核素或射线，可以实时监测，成本低廉，是一种具有应用前景的无损医学成象技术。以各种阻抗、导纳血流图为代表的生物电阻抗技术已广泛应用于临床，并不断取得进展。但是对图象分辨率的提高制约其应用。

#### 9, 睡眠医学

睡眠医学近年来取得了快速的发展，引起了我国许多学者广泛的重视。检测睡眠中的医学生理参数，不仅可以使我们评估睡眠的质量，而且能够对某些疾病提供有力的诊断证据。浙江大学叶志前等人在《睡眠监护技术的发展》（**NSF 60271011**）一文中综述了睡眠中的一些常见疾病，以及近年来在睡眠监护中临床和试验中所用到的一些方法。中国科大江朝晖等人利用心电 **RR** 间期研究睡眠分期，结果显示心率变异与睡眠状态之间有着密切的联系，其结果有助于利用多生理参数研究睡眠分期。他们在“奇异系统分析与睡眠脑电的复杂性”一文中对睡眠脑电作奇异系统分析，最大奇异值在清醒时最小，随着睡眠加深逐渐增大，**REM** 期的值则介于 **S<sub>1</sub>** 期和 **S<sub>2</sub>** 期之间，最大奇异值也反映睡眠脑电的复杂性，与近似熵值基本成镜像。（**NSF 60071023** 资助）

#### 10, 无线胶囊

随着 **MEMS** 技术向微型器械的实用化发展，各类无线胶囊式微型诊断与治疗系统，血管机器人，无线内窥镜等微型医疗器械也成了当前的研究热点，这一技术尤其对消化道系统的诊治起着十分重要的作用。

近年来无线内窥镜的研究取得了突破性进展。以色列、日本、美国与英国已陆续推出医用无线内窥镜系统，这种内窥镜分为体内胶囊内镜发射装置和体外接收处理装置两大部分。胶囊内镜包括前端光子摄象与尾部专用集成电路、发射机与天线两大部分，由电池供电。可将整个消化道中 5~6 万幅图象通过无线电波送至体外处理。我国已有多个医院在临床中应用，也有不少研制单位正在从事这方面工作。

#### 11, 仿生

仿生传感技术及仿生测量技术的研究在国内外受到了广泛的重视。香山科学会议第 220 次学术讨论会的专题《仿生学的科学意义与前沿》中有 20 多位科学家对这一领域中的研究内容作了阐述，其中视觉信息处理与视觉仿生、分子仿生与医药革命、生物膜模拟和细胞分子识别——生物分子器件和生物传感器，基于生物神经系统模型的信息处理和人工智能等 10 余篇均涉及到生物医学工程领域。

人体是各种传感器的云集之处，这些人体传感器具有灵敏度高、选择性好、集成度高等突出优点，因此，仿造人体的生物感受器、研制仿生传感器已成为浙江大学生物医学传感器国家专业实验室的重点方向之一，他们的电子鼻、电子舌和细胞传感器等仿生传感技术的研究与应用已受到重视。目前仿生传感技术在人体感受器官的诊断与修复、智能机器人、食品、环境、大气污染的监测，以及军事安全、化学与生物武器、反恐领域均有广阔的应用前景。具有仿生功能的人工眼（视觉）、人工耳（听觉）、人工鼻（嗅觉）、人工舌（味觉）以及人工皮肤（触觉）等生物医学领域均有许多研究课题，而且涉及的学科很广泛，可以预见，这一领域将是众多科学研究领域共同集聚的一片热土，生物医学测量与控制技术的研究者们必然是这一热土上的核心人物。

## 12, 农业

生物与农业科技中监测技术正受到前所未有的关注。生物医学测量领域的偏度是显而易见的，不仅是重心轻肺的倾向在 SARS 期间得到暴露，而在三农问题突出的今天，必须也引起生物医学测量的研究人员重视，重医学轻生物（农业）的倾向也必须改变。农业生长环境的监测、人工气候室、数字化地球、植物保护、病虫害防治等领域中有许多课题待开发。中科院植物生理与生态研究所与上海生物医学工程研究所及许多农业院校正在加速这一领域的立项与研究。上海理工大小在低温生物学方面的研究成果则独树一帜、引人注目。

# 中国组织工程研究回顾与发展

曹谊林 崔磊 刘伟

上海组织工程研究与开发中心

上海第二医科大学附属第九人民医院组织工程研究中心

组织工程学是根据细胞生物学和工程学的原理，应用正常具有特定生物学活性的组织细胞与生物材料相结合，在体外或体内构建组织、器官或其生物性替代物，以维持、修复、再生或改善损伤组织和器官功能的一门科学。组织工程学是在多学科交融渗透的基础上发展起来的交叉学科。组织工程学的研究与发展需要吸收生物学、现代医学、材料与工程学等多学科的最新研究成果，需要不同领域的科学家共同合作研究。因此，组织工程学的研究可以带动一个国家多种相关交叉学科甚至生命科学的整体发展。组织工程的研究，还将促进相关高技术产业的渗透发展，还可以衍生出新的高技术产业。

“组织工程”的概念是 1987 年由美国国家科学基金会正式提出确定的。中国组织工程学研究起步稍晚，1994 年上海市科委将组织工程研究作为重点资助方向，组织工程重大研究项目正式立项，标志着中国组织工程研究正式起步。1997 年，组织工程课题在国家自然科学基金正式立项，同年上海成立我国第一个组织工程实验室—上海组织工程研究重点实验室。1998 年，国家“973”重点基础研究计划正式将“组织工程的基本科学问题”研究课题立项，上海第二医科大学、四川大学华西医学院、天津大学、中国科学院力学研究所与中国科学院化学研究所为项目共同发起单位，该项目的确立标志着国家已将组织工程的研究列为高新技术领域的重点发展项目。2001 年、2002 年国家“863”高技术研究发展计划对组织工程的应用研究与产品开发进行了持续资助，标志着国家已正式将组织工程作为生物领域的国家性产业发展方向。第一、第二、第三届全国组织工程学术会议分别于 1999 年、2000 年、2002 年在上海、广州与成都召开。2001 年，上海组织工程研究与开发中心暨国家“863”计划生物领域组织工程研发基地在上海漕河泾高科技园区内成立，这是我国第一个也

是目前唯一的国家级的组织工程研发基地。日前,国家发展与改革委员会正式批复,批准成立组织工程国家工程研究中心(上海)的立项,标志着我国组织工程研究率先进入产业化阶段。

国内组织工程研究与国外相比起步虽然稍晚,但中国组织工程研究跳跃了初步探索与尝试、裸鼠体内组织构建组织工程发展的前两个阶段,直接重点开展高等哺乳动物体内的组织构建及修复组织缺损的研究,为组织工程的临床应用奠定理论基础并提供实际应用参数。同时国家对组织工程给予了高度重视并逐步加大研究经费的投入强度,使国内在组织工程领域的研究工作具有了一定规模,并呈迅速发展的趋势。目前组织工程研究在全国大专院校、科研机构和中国科学院所属的研究所均进行了不同程度的开展,建立了一批各具特色的组织工程实验室,研究范围涉及临床医学、细胞生物学、分子生物学、高分子生物材料以及相关领域,与国外的差距正在逐渐缩短,在某些项目研究上已经达到或超过了世界先进水平,形成了一支以中青年为骨干的高水平的专业组织工程科研队伍。

本文将主要结合国家“973”、“863”组织工程研究课题进展情况,就我国组织工程发展现状作一概要总结。

#### 1) 胚胎干细胞的培养、诱导分化及鉴定:

建立了人类胚胎干细胞和小鼠胚胎干细胞系,并初步建立了诱导分化为成神经干细胞、成肌肉干细胞、成表皮干细胞、成血管内皮干细胞等技术和方法,为应用胚胎干细胞作为组织工程种子细胞的来源进行了开创性的工作。

#### 2) 骨髓间质干细胞的分离、纯化及定向分化诱导:

建立了人成年骨髓基质干细胞分离、纯化及定向分化诱导的技术体系,获得的骨髓基质干细胞具有向成骨细胞、脂肪细胞、血管内皮细胞、软骨细胞等多向分化潜能;应用细胞表面标志鉴定,证明 MCS 具有独特的表面分子和组织化学特征,纯度在 95%以上。通过上述研究,建立了成年骨髓基质干细胞作为组织工程种子细胞来源的成熟技术体系。

#### 3) 通用同种异体组织工程细胞系建立:

研究了软骨细胞表面 MHC I 类、II 类分子表达情况,证明小鼠软骨细胞表面几乎不表达 MHC II 类抗原,为建立通用同种异体软骨组织工程细胞系提供了理论根据。同时,建立一套新颖的评价培养软骨细胞体内免疫原性的方法—活细胞荧光标记体内追踪和软骨细胞移植体内分化评价的方法—活细胞荧光标记体内移植追踪。

#### 4) 种子细胞功能老化规律和延缓老化的研究:

系统检测软骨细胞的增值和细胞外基质的合成规律。观察到体外培养 3 周细胞数量增加 3-5 倍,第 4 周数量总数下降,第一周即开始合成 I 型胶原,II 型胶原的合成逐渐减弱;应用外源性生长因子 TGF- $\beta$  1 和 bFGF 促进软骨细胞体外扩增,为软骨组织工程的种子细胞产业化研究提供了重要参数。

#### 5) 生物材料的表面修饰及材料与细胞间亲和性改进的研究

应用等离子体处理后材料表面被引入了含氧基团、含氮基团,极性基团的引入使得材料表面亲水性得到改善,表面自由能得到提高。应用明胶、丝素蛋白、壳聚糖等进行了多种生物材料的表面修饰研究,提高了材料与细胞的亲和力。建立了一整套平行流动系统,该系统可对细胞与材料之间的相互作用进行系统观察与数据统计,对开展细胞在生物材料表面粘附及材料表面的改性对细胞生长影响的研究工作打下了较好的基础。

#### 6) 生物降解高分子合成、降解速率调控及支架构筑地研究

一批具有自主知识产权的新型组织工程用可降解材料研制成功。掌握了改性聚乳酸的制备关键技术和基本操作参数掌握了改性聚乳酸的制备关键技术和基本操作参数,该研究已进入支架材料的加工精制阶段,已可根据不同研究者的要求提供各种类型的支架材料。初步合成了 Pluronic 聚合物,并予以改性;设计了一类结构不同、化学交联的水凝胶,并进行了组合,常温下获得的化学水凝胶不会在水中自行溶解,克服了以往该类生物材料的主要缺陷。

#### 7) 组织工程中的生物力学问题:

建立了一套流体力学实验系统,可以用测量,评价不同孔隙度和微结构的材料支架的培液灌注状况;系统研究了力学因素与细胞生长、功能的相互关系,发现体内受力较大的组织细胞在体外对力的响应更为明显,为生物反应器的研制提供了理论根据。同时以皮肤、骨组织、肌腱、血管和组织化人工心瓣等工程培养为背景目标,发展了三种细胞/组织三维培养装置,培养过程中介质和基底应力可调控。

#### 8) 组织工程化组织构建研究:

结合以往在免疫功能缺陷的裸鼠体内构建组织工程化组织的研究基础,应用组织工程技术,在具有完全免疫功能的自体哺乳动物体内,成功构建组织工程化骨、软骨、肌腱、皮肤、角膜基质、血管组织;同时模拟甚至超出临床组织缺损的范围与程度,分别成功修复直径 20mm 的颅骨缺损、长 25mm 的负重股骨缺损、直径为 8mm 的全层关节软骨缺损、长度为 1cm 的全层膝关节半月板缺损、最大长度为 4cm 肌腱组织缺损、全厚的皮肤组织缺损、角膜基质层缺损、犬腹主动脉缺损等多种组织缺损类型。构建的组织工程化组织在形态、组织结构、生化组织成分与生物力学强度等方面,与正常组织十分接近;修复组织的功能同时得到完全重建。研究结果在国际上首次证明,应用组织工程技术,在免疫功能完全的自体高等哺乳动物体内,可完全再生接近正常的骨、软骨、肌腱与皮肤组织,同时重建修复组织的功能。研究在组织构建过程中,对于生物材料的组织相容性、材料的塑形以及细胞的分离、培养和扩增技术方面进行了系统的研究和改进,在国际上首次明确应用骨髓基质干细胞诱导的成骨细胞可构建组织工程化骨组织并修复组织缺损,推动了组织工程研究进入到干细胞的阶段;首次确定自体软骨组织形成所需的最佳细胞浓度与形成时间,参数已成为国际软骨组织构建的通用标准;国际首次应用真皮成纤维细胞作为种子细胞,构建组织工程化肌腱并修复自体肌腱组织缺损。上述研究成果为进一步临床应用提供了理论依据和参数,从而使组织工程技术向临床应用方面迈出了重大一步。

建立了皮肤成纤维细胞和上皮细胞分离的纯化技术,将异种无细胞真皮(0.6mm)植入深度烧伤切痂创面,经初步观察应用无细胞真皮可减少疤痕形成,减轻色素沉着,提高创面修复质量。建立了表皮细胞大规模培养扩增的微载体培养技术,可用于细胞大规模培养的产业化生产。

组织工程的科学目标是在细胞水平和分子水平构建具有生命力的生物体,也即通过组织工程化的组织构建形成组织与器官,这也是组织工程具有重大应用价值的意义之所在。组织工程化的组织构建并用以修复组织器官缺损是组织工程研究的最终目的,也是组织工程产业化的基础。相信随着研究的不断深入与发展、各领域科学家的有效合作,组织工程学这门新兴学科将更加趋于完善并为组织和器官缺损的临床治疗提供有效的手段。

# 生物医学工程在军事医学领域的应用

## ——军事生物医学工程

### 一. 引言

军事医学是针对军事单位医学问题需求的知识体系。军事医学研究的目的在于遴选健康的部队成员,培养军人自我保健意识,增强其防止损伤、抵御疾病、耐受陌生或灾难环境,保持心理健康,提高军事作业工效的能力。军事医学的目标是努力成为战时有效的卫生保健系统,并一直延续到军人退伍后以至他们的余生。军事理论、战略、武器系统和组织的变化,战斗与非战斗行动本质的快速变化,会导致对军事医学新的需求。

为适应21世纪信息战需要,许多国家都在研究高科技和新概念信息战武器。主要有电磁脉冲武器、高功率微波武器、石墨炸弹、空间战武器、失能武器、纳米武器、基因武器等等。在研究高技术武器的同时,一方面必须研究高技术和新概念武器使用操纵人员的生理、心理的影响和耐受能力,提出对操纵人员提出了特殊的体格和心理上的要求,需要从医学上研究选拔这类兵员的特殊条件,以便更好地掌握新式武器和装备;另一方面要研究如何预防这些高科技和新概念武器的损伤、如何治疗高科技和新概念武器所造成的损伤、如何康复等等。军队任务的扩展,体制编制的变化,技术装备的发展,社会环境的变化和医学模式的转换,都对军事卫勤保障和军事医学提出新的挑战,因此要求军事医学不断发展,与时俱进,迎接未来的挑战。

生物医学工程和个性技术是现代医学包括军事医学的两大主导技术、是微观与宏观相结合,各学科及其技术向医学渗透的突出体现。军事领域历来对新技术的采用最为敏感,军事医学也不例外。生物医学工程不仅对一般医学的发展有重要的推动作用,也给军事医学的发展和部队卫勤保障能力的提高提供了新的动力。生物医学工程技术本身并不能保证军事医学的“保障有力”但该技术的发展及其在军事医学保障能力上的最终体现是军队卫生装备及系统,而生物医学工程是这些技术发展的重要基础,也是技术转化成装备的唯一桥梁。因此,应把相关的军事生物医学工程研究提升到重要的地位。

### 二. 军事生物医学工程的定义与内容

#### 1. 定义

军事生物医学工程就是生物医学工程在军事医学领域里的特殊应用,因而,它本身既囊括了生物医学工程本身多学科、大跨度交叉融合的特点,同时又具有一系列特殊属性。为此,我们将军事生物医学工程定义为:运用一般生物医学工程原理和技术,研究军队平时和战时特有的医疗卫生、卫生勤务保障中的问题,为平时军队成员伤、病的预防、监控、诊断、治疗、康复;战时伤员寻找、急救、后送,生理和心理康复;提高军队成员体能、技能、智能和效能等方面服务,其成果是提供可物化为卫生装备的新技术或直接物化为卫生装备、与卫生勤务相关的技术平台来体现,达到维护部队健康,特别是在高技术条件下提高医疗、防疫水平,巩固与增强部队战斗的目的。

从学科角度讲它是生物医学工程为军事医学应用的一个分支,从应用角度讲它也是军事医学的一个分支。

#### 2. 主要内容

目前和军事医学密切相关的生物医学工程主要包括:军事医学信息工程,军事医学电子工程,军事医学材料工程,军事医学装备工程,军事医学人机工程,军事医学临床工程等。

##### (1) 军事医学信息工程

军事医学信息工程知识体系的组成以电子技术、计算机技术、信息处理技术、各种医学数据库及书为主。其内容包括:

① 卫勤医疗信息系统:系统主要包括若干个子系统组成:

- ✧ 医用血液制品管理信息系统
- ✧ 伤病员统计和报告信息系统
- ✧ 医疗调度系统
- ✧ 卫生补给信息系统



- ◇ 卫生装备保养信息系统
- ◇ 战区卫生资源管理系统
- ◇ 核生化（NBC）信息系统
- ◇ 其他系统

### ②卫勤C<sup>4</sup>I(指挥、控制、通讯、计算机与情报)系统：包括

- ◇ 所有医医疗单位的计算机网络化管理系统
- ◇ 各种大型辅助分析、处理、决策系统
- ◇ 伤员后送的指挥和控制系统
- ◇ 医疗后送质量评估系统
- ◇ 自动救护质量评价系统医疗信息系统：包括平战时的HIS系统
- ◇ 平战时PACS系统
- ◇ 战场急救专家系统
- ◇ 各类医学、卫生资源多媒体数据库的建立

◇ 远程医疗系统：军队远程医疗还应该包括前线医疗数据的收集、管理与传递模块,监测诊断生理传感器以及智能医学、远程医疗技术与装备的研究；基于GPS全球卫星定位系统的集定位、生命状态监护与通信功能于一体微型单兵状态监护子系统，实现了伤员状态的远程监测和精确寻找。

### ③远程医疗

军队的远程医疗更具有实际意义。美国陆军在这方面一直处于领先地位，并使远程医疗进入了实用阶段。美军声称，远程医疗的最终目标是“在任何时间和任何地点，可使伤病员和医务人员获得世界上最先进的医疗技术”。远程医疗系统种类很多，现重点介绍以下三种。

#### ◇ 前方便携式远程医疗系统

这是一种供前医助单人使用的系统，由头戴系统、控制盒和蓄电池三部分组成。头戴系统上有7毫米直径微型高分辨率摄像机、微型送话受话器和17.8毫米彩色电视屏幕，通过语音和图像，前方军医可将伤员伤情传给世界上任何地点的医学专家，并接收其发回的声音和图象。电视屏幕在发送时可使医助看到正在发送的内容。控制盒内有摄像机控制器、微波发射器、声频和视频调节器。蓄电池充电一次可维持系统工作8个小时。

该系统的远程传输按如下方式进行：先通过微波发射器将信息传给2千米范围的一台中转车，该车再通过卫星通信将信息传给数千公里乃至更远的医疗中心的专家。中转车的正式名称为机动医疗指导车，是伴随前方远程医疗系统而产生的又一种新型野战卫生装备。其底盘是多用途高机动轮式车辆，车上装了一个方舱作为工作室，舱内装有录像机、声频视频处理机、计算机和微波卫星通信系统，一名高级军医借助于这些装备最多可对4名前方便医助作辅导。

前方伤员最初几分钟的紧急处理是十分重要的，如果在这关键时刻能得到专家指导，就很可能挽救伤员的生命。

#### ◇ 区域性远程医疗网络系统

该网络可以覆盖很大一片区域，使该区域中的三军人员(甚至地方人员)受益。最典型的如1993年建成的称为“阿卡迈”(Akamai)的三军电子诊断与会诊系统，它由夏威夷岛的特里普里陆军医疗中心领导，整个系统跨越了太平洋，能实时传送数字式透视、CT图像并进行会诊。它使夏威夷岛和西太平洋地区的40余万军人、文职人员和退伍军人受益。特里普里还将此网扩大，组建成一个太平洋远程医疗联合体，该体将网络扩展到所有驻日、驻韩美军，以及联邦政府机构和某些私人机构，使该区域内的军民都能受益。除了社会效益外，还有明显的经济效益，因为在太平洋地区，运输费用要占到整个医疗费用的40%~50%，采用远程医疗后，可以节省近一半的医疗费用。

#### ◇ 数字化野战医院

美国空军已经建成了一所原型数字化野战医院。该医院有两大特点。一是拥有远程医疗系统，能接受后方医学专家的指导和会诊。二是它是一所“三无”医院，即无底片化，无线化和基本无纸化。无底片化指所有的X光、CT、超声波图静均不用底片，均以数字方式储存起来或加以传输，必要时还可调节亮度和对比度或显示某些特写镜头。无线化指广泛采用手持式无线通信装置、便于改善医院的

日常管理和应急管理。基本无纸化指病案、病历、资料、处方等基本不用纸张，使用医院内部的一个数字化信息存取系统。该医院已于 1994 年秋在前南斯拉夫地区投入使用，取代原先驻在那里的海军第 6 舰队医院。

#### ◇ 单兵生命信息系统

它即是卫勤医疗信息系统的前端也是远程医疗信息系统的前端。

士兵系统是外军 21 世纪发展的重点领域之一，“理想单兵作战武器平台系统”的发展格外引人注目。新理念、新原理、新结构、新功能、新工艺等交相辉映；夜视技术、激光技术、计算机技术、光学技术、新材料技术等广泛运用，使得传统士兵作战单元概念产生了质的飞跃，即：未来，一个士兵就相当于一个作战平台，而一个单兵武器作战平台就是一个“士兵作战系统”。而今，世界一些发达国家都在紧锣密鼓地制定和组织实施“士兵作战系统”发展计划。士兵系统中生命支持模块是军事生物医学工程的研究内容。

2010 年前后装备美国陆军的新一代单兵作战系统，21 世纪的地面勇士已经推出。美军士兵系统（卫生部分）的使用将与其他配套装备一样提高 5 种能力，即指挥和控制能力、杀伤能力、生存能力、持续作战能力和机动能力。包括：红外传感器、昼-夜摄像机和生化探测器，都已被完全整合到新型头盔之中。该头盔在士兵眼睛前方还设有一个类似于飞机“抬头显示器”的显示屏，其面积约为  $2 \times 17$  平方英寸。通过一个战术局域网，物理传感设备可以让指挥人员和邻近的军医了解该士兵的血压、心律、服装的内外体温等。一旦士兵在战场上受伤，军医们在找到他之前就可以设计医疗方案，“在战场上这将赢得时间。系统内部有一个微型空调系统，提供的冷、热空气能在士兵作战服内部流通。

#### ④ 虚拟现实技术

##### ◇ 虚拟战场环境的救治

即通过相应的三维战场环境图形图像库，包括作战背景、战地场景、各种武器装备和作战人员等，为使用者创造一种险象环生、逼近真实的立体战场环境，以增强其临场感觉，提高训练质量。

##### ◇ 进行单兵自救互救模拟训练

让士兵穿上数据服，戴上头盔显示器和数据手套，通过操作传感装置选择不同的战场背景，输入不同的处置方案，体验不同的作战效果，从而像参加实战一样，锻炼和提高战术水平、快速反应能力和心理承受能力。

##### ◇ 虚拟救治训练

现代战场救护已呈现出了许多新特点，高技术条件下的局部战争，空袭的地位作用日益突出，并且随着战争目的的需要逐步升级，不断改变战法，使得战场变得不固定，空袭的破坏作用和地面杀伤力异常巨大，人员伤亡呈扩大化趋势；不仅有精确制导武器和巡航导弹，还有不算精确的大面积杀伤武器如集束炸弹、石墨炸弹、贫铀炸弹、油气炸弹等。由于武器的多样化，对人体造成的伤害也十分复杂，这给战场救护和急救带来很大困难；核化武器变相使用致使战救环境险恶化；战争空间压缩使伤员急救艰难化，首先是现场抢救具有十分的危险性，其次是缺乏安全的救治场所，三是救治环境恶化，四是精神恐慌、心理影响大。因此我们要加强战伤救治训练，虚拟现实技术显然是最好的手段。

##### ◇ 实施诸军兵种联合的卫勤演习

建立一个“虚拟战场”，使参战双方共处其中，根据虚拟环境中的各种情况及其变化，“调兵遣将”、“斗智斗勇”，实施“真实的”对抗演习。利用虚拟现实技术，根据侦察情况资料合成出战场全景图，让受训指挥员通过传感装置观察双方兵力部署和战场情况，以便判断敌情，定下正确决心。

##### ◇ 虚拟现实在远程医疗救治上的应用

远程医疗利用多媒体计算机通信网络、电视会议系统、现代医学等技术，把大的医疗中心、综合医院、专科医院同中小医院等联系起来，使病人的资料通过通信线路，传送给远方的医生、专家，远方的医生根据这些资料，返回诊断意见和治疗建议。这种虚拟的远程医疗环境可以让位于不同地点的多位专家相互合作，对手术过程进行计划和预演，甚至对病人进行实际的手术治疗。

远程医疗可以为病人、医生和医护工作者之间的合作创造一个虚拟环境。

在远程医疗应用上, VMD 主要包括三部分:病人端的数据接口(P I O)、网络服务器处理环节和医生端的显示环境. VMD 允许对同一数据进行不同的观察. 他们研制的MMViewer能显示脑电活动的标准脑电波形和其3D拓扑动画图像。

医药专家可以通过虚拟的医疗手术治疗系统, 对战场上受伤较重或者病情较为复杂的官兵进行远程救治的训练与实践。用我们已经掌握的人体数据在计算机中重构人体或某一器官的几何模型, 并赋予一定的物理特征(例如密度、韧度、组织比例等), 通过机械手或数据手套等高精度的交互工具在计算机中模拟手术过程和操作“虚拟”手术器械, 以达到训练、研究、医疗的目的。

#### ⑤ 卫星遥感技术的军事医学应用技术研究

地形、地貌、地质、气温、气湿、降雨量、生物量、植被、河流、湖泊、沼泽、滩涂、岛礁、大气污染、水土流失等等许多的自然和经济地理因素与军队流行病学、军队卫生学、军队卫生勤务学等军事医学的关系非常紧密, 实时、客观、动态地了解这些因素的变化情况, 对于制订军事医学医学防疫保障方案具有极其重要的意义。卫星遥感技术可以实现这一目的, 能够客观、连续地监测自然和社会环境的变化, 并可提供指示性流行病学信息, 指导流行病学调查研究, 具有快速、方便、安全、廉价、可靠等优点。

我军六七十年代采取军内外大协作, 数千名研究人员花费十年时间完成了我国自然地理与流行病本底调查报告, 但随着人类社会、生产、经济活动的发展, 自然和社会环境都发生了巨大的变化, 过去的调查结果已远不能满足目前军事医学研究与军事医学卫生保障工作的基本需求和适应未来高技术条件下局部战争的卫勤保障的需要。

卫星遥感技术作为一种高新空间技术已发展趋于成熟, 其应用领域不断拓宽, 在军事医学领域的应用也将是必然, 其快速、客观、实时、覆盖面广、信息量大、可重复等优点是其它技术所无法比拟的, 对于观测重要战略地区、尤其是大范围的、人员难以进入的和有争议的地区的自然、经济地理因素, 补充和完善军队流行病学地理信息系统, 供制订军事医学保障方案, 具有重要价值。

#### (2)军事医学电子工程

现代战争特点和模式的发展与变化, 使军事医学中高技术含量不断加大, 大量的高新技术, 特别是现代电子技术应用到军事医学的各个领域, 促进并支持着军事医学的发展, 满足和适应着各种新的卫勤保障需要。下面以这些技术为主要线索分类, 讨论其在“军事医学电子工程”的几个主要领域:

##### ①生物医学传感器技术

传感器技术历来都是军事医学电子工程领域研究的前沿, 与平常临床所使用的各种医用传感器相比, 用于战场卫生支援的各类传感器有其特殊性, 由于它的使用环境复杂, 条件恶劣, 运动频繁, 所以高可靠、高抗干扰、最大限度降低使用条件要求、非接触式的生物医学传感器, 一直是研究者所追求的目标. 各类物理、化学和生物传感器在军事医学领域都具有广泛的应用。

##### ✧ 物理传感器

在军事医学中, 主要用来监测士兵的生命体征(脉搏、血压、体温等), 以准确掌握作战士兵的生理状态, 这些指标在临床上监测虽已非常成熟, 但在战场上长期监测运动中的士兵, 仍需克服一些技术上的难点。首先传感器与士兵的直接或间接接触, 必须非常可靠, 在不影响战士作战的前提下, 不能因为脱落或错位等影响监测效果; 其次传感器必须能适应复杂的环境条件(高温、低温、防水、汗渍、灰尘、电磁干扰等); 再次能提供直接性被监测指标, 以减轻后续处理的硬件开销. 正因为如此, 柔性阵列传感器技术、非接触式光电传感器技术、智能化、数字化传感器技术是人们关注的焦点. 如美军使用高灵敏度震动传感器, 获取心跳引起的微弱振动, 从而提取心率指标, 以从战场上大量的伤亡战士中探测存活者。其“生命支持及后送系统”(LSTAT), 使用皮肤传感器持续监测伤员的各项关键生理指标. 美国 Adelphi. Md 军事研究实验室研制一种简单的充满液体的声学传感器垫, 放在伤员的胸部或担架下层, 以监测伤员后送过程中的呼吸和脉搏。

##### ✧ 生化传感器技术

是一项重要的高新技术, 在军事医学中主要用于野战救治中快速检验伤员的生化指标, 探测生物和化学毒剂, 是世界各国军事医学领域集中研究的焦点之一。野战救治的临床检验, 追求实时、快速, 同时对检验设备要求小巧、灵活、方便. 因此一些平时临床检验的方法和设备, 在野战时显得不能适

应,这就对生物传感器提出了更高的要求。

酶传感器作为生物传感器的先驱,发展到现代的光寻址电位传感器(LAPS),生物传感器继续向微型化、多参数、可重复使用、可重复生产的方向发展。在生化战剂侦检方面,响应时间比高灵敏度更为重要,是减少伤亡的关键,因此受体生物传感器是研究重点,抗体光纤生物传感器,核酸探针生物传感器,由于对病毒、细菌的高度特异性和核酸探针功能,因此也倍受关注。美军佩戴在士兵作战服上的环境传感器,可提高单兵检测化学和生物战剂的能力,同时可避免中暑、冻伤等环境条件所致病伤,其LSTAT系统,同样具备生化战剂及环境状况监测功能,并能及时调节系统内部空气,隔离外部环境,确保伤员安全。美军研制的各类各范围生化战剂探测仪,大多采用多路生化传感器,并配备有化生战剂图示及辅助决策系统。

### ②微机电系统(microelectro-mechanical systems MEMS)

本世纪90年代以来,微电子技术迅猛发展,特别是超大规模集成电路技术的发展,使原来需几块,甚至几十块集成电路芯片来共同完成某项功能的系统,只需一块微小芯片即可完成,从而大大缩小了系统的体积、降低了功耗、提高了系统的可靠性。这正是军事医学领域中,野战医用电子装备所追求的目标,由于战时和战场的特殊性,野战医用电子装备追求微型化、智能化,又由于整体的较强的卫生力量,难以靠近前沿,因此前线的战伤救治,大多以单兵自救和互救来完成,这就需要研制一些能单兵使用的电子卫生装备。因此缩小体积、降低功耗,是该领域的科研人员永无止境的追求。

选用市场上的大规模集成电路,经系统优化设计,研制野战医用电子装备,仍是投资少、周期短、深受欢迎的一种方式。专用集成电路(ASIC)技术的发展和实用,使研制者能够自己设计,并制作某种专用集成电路,从而使以前需一台整机所完成的功能,现在只需一块芯片即可完成,因而倍受关注。集机、电、磁、光、化学、计算机、传感器与信息处理一体化的微型电子机械系统(MEMS),是当今世界普遍关心的技术之一,它集微型化与智能化于一体,可将一台复杂的野战医用电子装备,制作成一个香烟盒、一块军表、甚至一支钢笔大小。美军利用微电子技术研制的微型血样分析器,可在战争条件下即刻进行血液分析,其体积小于小巧的女用手持电话;心电图机体积小于巧克力盒;配戴于手腕或手指上的脉搏监测仪,像平装书一样大小的自动去颤器;轻便数字X线机,可用于战场查明肌肉、骨骼、神经、血管等损伤情况;小型B超,以及正在研制的手持磁共振成像扫描仪等;都大量的采用了微电子技术和MEMS技术。

美国佛罗里达州一家庭3名成员于2002年5月10日分别在体内植入名为Verichip的计算机芯片,成为美国首批“电子人”,植入人体的芯片实际上是一个集中了各种芯片的合成体。其中包括一个用以监测人体温度和心跳速度的生物医学传感器,一个用以接收来自卫星的信息及向监测中心发送数据资料的微型无线电接收发送装置,而维持这块芯片正常运作所消耗的能量将通过高科技获得,例如从人体内的热量转化而来。美国应用数字方案公司下决心做第一个吃螃蟹者,因为它看中了芯片植入技术的广阔应用前景:如果把这项技术运用到军事中,那么指挥官们绝对能做到调兵遣将于千里之外,并且非常准确。

### ③野战医用计算机技术

计算机技术作为现代高新技术的一种标志,也迅速渗透到卫勤保障的各个领域和环节,它主要体现在卫勤指挥自动化系统和各类野战医用电子装备这两个大的方面,前者以台式机和便携机为主要形式,后者以手持机或单片机为主要形式。以计算机网络为主要技术特征的卫勤指挥自动化系统,是保障应付突发军事行动卫勤保障的重要支撑条件,它负责提供可靠的饮食、饮水保障方案;血液及血制品、战救药品药材保障方案;伤员后送方案;可动用潜在卫生资源方案;战救卫生资源配备与药材流动协调等。齐全的各类医学、卫生资源多媒体数据库的建立,各种大型辅助分析、处理、决策软件是研究的主要内容和方向。美军已经建立了卫勤C<sup>3</sup>I系统,医疗后送质量评估系统,自动救护质量评价系统,战区卫生资源管理系统,战场急救、药房及牙科专家系统,核生化(NBC)信息系统等,丹麦也研制出NBC预警计算机系统。各类微控制器(单片机)是智能野战医用电子装备的处理中心,该项技术的使用,使装备的智能化程度大大提高,现代单片机功能齐全,几乎不需外围配置。利用单片机技术,自动监测士兵的生理状况,自动请求救援,为伤员提供早期自救方案指导以及进一步的紧急救护措施,研制可用于医疗信息支援、可用于远程医疗系统的前端接口的手持计算机设备等,是当前各军

卫生部队的主要研究内容。美军研制的单兵计算机装备,是一个功能卓越的“电子医生”,士兵负伤后,它不但能够求救,而且能为士兵提供救护指导方案,还能自动接通基地大型计算机的专家系统及医学信息库,为伤员提供更可靠的救护服务。其为战地军医研制的手持计算机设备,可使军医通过战术互连网络或医疗通讯接口实时了解战地情况,可与其他野战卫生单位取得联系,可提供全球定位导航帮助,可与美军各兵种配备的多技术自动阅读卡和新的数字化医疗鉴定卡等兼容使用,可采集战伤信息,实现战伤电子病历,可提供远程医疗服务。

#### ④战时医疗通信技术

现代通信技术,历来是军事领域争夺的前沿,现代高技术战争的卫勤保障特点,迅速将通信技术推向战场医疗救护,特别是最近几年战场医疗通信技术得到了迅猛发展,其主要体现在卫勤指挥管理通信系统,寻找、发现伤员的全球定位系统,远程医疗通信系统,医疗信息系统等。研制能与军事通信网接口,以获得资源共享的野战电子卫生装备,独立机动医疗通信系统,远程医疗的前端装备,全程医疗信息的获取、输送设备等是主要研制内容和方向。美军的佩带在士兵身上的个人状态监视器,具有定位接收和无线收发功能,它能进入全球卫星定位系统和军用高级无线电话(宽频密码分隔多路进入系统)系统,以监测寻找伤员位置,遥测伤员的生命特征,他们研制的战地远程医疗系统,主要由数字化野战医院承担,它包括佩戴于战场医生激光防护眼镜上的视频器、以及喉斗送话器、微型耳机和膝上型计算机,通过宽频密码分隔多路进入系统与单道视频和双道音频数据通信相连接,后方医生或医学专家通过这一系统能随时对战场救治工作实施指导,包括观察战场抢救过程和伤员后送途中的进一步治疗。美军建立的医疗信息系统,与全球远距离通信网相联接,它使医疗信息不间断地投送到伤员救治的所有阶梯,它通过战伤电子病历等,从前方战场到后方医疗基地,连续、迅速的获取、分发、输送医疗信息(伤情、化验报告、放射和病理影像等),并将其存于多媒体数据库,医疗人员可随时通过通信系统调用。

#### (3)军事医学材料工程

##### ①战伤救治用的生物材料

###### ◇ 人造血技术

血源缺乏和输血安全问题长期困扰着世界各国医院,特别是战争时期由于伤病员急剧增加血源极缺,研究能人造血代替人体血液是军事医学工程的一个重要课题。

人造血液是替代人的血液的各种人造物的总称,包括运输氧的红血球、止血的血小板和清除病毒等异物的免疫抗体(球蛋白)。

###### ◇ 人造皮肤技术(皮肤代用品)

人工皮肤由于不需绷带包扎、抗原性小、不影响表皮细胞和真皮组织生长,因此是野战外科急救的重要材料。

目前已发展了多种暂时性皮肤代用品。一种是生物性敷料,如胎膜、羊膜、头皮组织、再生胶原、胶原膜等;另一种是合成性敷料,有5种类型:薄膜型、泡沫型、复合型、喷雾型及凝胶型。其共同特点是具有防干燥和感染、减少创面表面菌落密度、预防新生肉芽组织物理损伤等优点,因此在战伤、特别是烧伤领域有广阔的应用前景。

组织工程人工皮肤越来越受到重视:

###### ➤ 人工皮片

1975年 Rheinwald 和 Green 提出的上皮细胞的培养技术,解决上皮细胞体外的传代扩增的难题,使体外培养的人工皮片成为可能。从患者取得小块皮肤,体外培养上皮细胞,经体外2~3周培养,即形成复层上皮,再植回患者,解决了皮肤缺损的修复。

###### ➤ 人工真皮

Burke 和 Yannas 等人设计了一种真皮替代品,目的是让其在创面上充当支架,便于真皮层的再生,已成为商品。

###### ➤ 人工复合皮肤

理想的皮肤代用品应该是能够将所缺失的真皮和表皮层同时修复,因为这两种成分不仅影响皮肤的功能和外形,而且这两种成分具有相互影响的机制,促进彼此的分化,复合皮肤包括两种细胞成分,



即位于表层的表皮细胞和位于真皮层的成纤维细胞。其中真皮层的支架可由牛型胶原构建,该型复合皮已获美国FDA批准应用于临床治疗皮肤松解大疱,获得了较为满意的效果。目前最成熟的人工皮肤是Apligraf。它是一种包含异体上皮细胞和成纤维细胞的双层组织工程皮肤,其细胞成分均来源于新生儿包皮,经体外培养所得,移植后受体接受率达100%。移植后28天,收缩率为39%,表皮细胞分化良好,移植后14天可见连续的基底膜形成。该代用品1997年在加拿大已获准进入市场,正在向FDA申请进入美国市场。

#### ◇ 野战外科用生物粘合剂

生物粘合剂对于野战外伤救治具有重要意义。

良好的生物粘合剂应具备条件:①无毒,低免疫原性;②在湿的条件下有粘接作用;③不干扰正常的愈合过程;④粘接力强。

第一个医用蛋白粘合剂是纤维蛋白,来源于血液,是自然凝血过程中的重要部分。还有贻贝粘蛋白粘合剂,贻贝和藤壶类甲壳海生动物能产生一种抗水粘合剂,其中蓝贻贝(blue mussels)合成一种多酚粘合蛋白(polyphenolic adhesive protein)用于临床角膜穿孔修补和其它外伤粘接试验,证明效果很好,适用于战伤组织和牙科外伤的粘接。

#### ◇ 生物膜与膜工程材料

膜材料是野战制液、制水、制氧的重要材料,也是生物传感器研制的重要材料。目前的野战制液制水过滤膜材、制氧的超微分子筛、生物传感器的固化膜材等均属于膜材料的范畴。

美海湾战争中使用的反渗透净水装置每小时可淡化海水3000加仑。

高分子有机合成材料制成的高效分离膜可用于野战制液和供水设备;含固相消毒剂和酶的膜可使制液与消毒、灭菌、除沾染同时进行。

#### ◇ 野战外科手术防粘剂

野战外科手术防粘可减少手术粘连及并发后遗症。

生物橡胶(bioblastic)是一种重要的机敏材料(模仿有生命物体的生物过程的材料),是一种柔软而驯服的透明基质,可与组织间水份处于平衡状态,可逐渐降解,无毒性,压力灵敏度高。美军90年代中期可用于防止外科手术粘接。

#### ◇ 基因工程人体骨形成蛋白(MBP)骨修补材料

骨形成蛋白(bonemorphogenetic protein, BMP)是一种广泛存在于各种动物骨组织中的低分子糖蛋白多肽,能诱导未分化的间充质细胞或骨髓基质细胞不可逆地分化为软骨和骨,从而导致新骨形成。

1988~1990年, BMP合成成功,为临床应用提供了可能。但尚有许多总是需研究解决,如选择抗原性小、具有机体亲和亲性的载体,使BMP在缺损部位滞留、诱生骨形成(胶原可能成为有效的BMP载体,但不理想,合成聚合物可能更好);BMP的大量生产问题;人的在体试验也需进一步研究。

经长期实验及临床观察发现,对于相对较小的骨缺损,单独植入BMP可以达到较好的修复效果,但由于BMP产量低、植入体内吸收快,不能在有效的时间内作用于更多的靶细胞,对较大的骨缺损不能提供支架作用。为解决这些问题,国内外学者积极研究以寻找充当BMP缓解载体并能发挥支架作用的材料。

#### ◇ 医用纳米材料

纳米材料学主要研究纳米材料的制备、纳米材料的结构、纳米材料的性能和效应等内容。纳米材料是指晶粒和晶界等显微构造能达到纳米级尺度水平的材料。它可以是尺寸处于纳米范围的金属、金属化合物、无机物、聚合物的颗粒料(一般1nm~15nm)经压制、烧结或溅射而制成的人工凝聚态固体。由于纳米材料的特殊性性质,使其在军事医学上具有广泛的应用前景。

##### ➤ 纳米陶瓷

例如纳米陶瓷的问世,将使陶瓷材料在强度、硬度、韧性和超塑性上都得到提高,因此,在战伤救治、康复中是制造人工器官、人工骨、人工足关节、肘关节、肩关节、骨螺钉、人工齿,以及牙种植体、耳听骨修复体的理想材料等等。

##### ➤ 纳米碳材料

纳米碳纤维除了具有微米级碳纤维的低密度、高比模量、比强度、高导电性之外,还具有缺陷数量极少、比表面积大、结构致密等特点,这些超常特性和良好的生物相容性,使它在医学领域中有广泛的应用前景,包括使人工器官、人工骨、人工齿、人工肌腱在强度、硬度、韧性等多方面的性能显著提高;此外,利用纳米碳材料的高效吸附特性,还可以将它用于血液的净化系统,清除某些特定的病毒或成份。

#### ➤ 纳米高分子材料

纳米高分子材料也可以称为高分子纳米微粒或高分子超微粒,在药物控制释放方面,纳米聚合物粒子有重要的应用价值。于是人们用某些生物可降解的高分子材料对药物进行保护并控制药物的释放速度,这些高分子材料通常以微球或微囊的形式存在。药物经过载体运送后,药效损伤很小,而且还可以有效控制释放,延长了药物的作用时间。作为药物载体纳米高分子粒子还可以用于某些疑难病的介入性诊断和治疗。纳米粒子的直径比红血球( $6\sim 9\mu\text{m}$ )小得多,可以在血液中自由运动,因此可以注入各种对机体无害的纳米粒子到人体的各部位,检查病变和进行治疗。

#### ② 战时卫生装备用的材料

##### ◇ 金属及氧化物纳

已经证明多种金属及其氧化物的纳米材料,以及它们与其它有机、无机材料的复合材料具有杀菌、消毒功能。我们可以将这些材料制作手术器械、医用仪器的镀层或器械的关键部件。特别对于战伤急救的师以下救护所,由于要求机动性高,且环境相对后方医院恶劣。使用这些纳米材料处理急救所的内部布置,会有效地降低伤员感染率,甚至降低伤亡率。总之,对现有的卫生装备进行上述技术处理会极大地提升现有卫生装备的功效。

##### ◇ 陶瓷纳米材料

陶瓷材料在通常情况下呈脆性,然而由纳米超微颗粒压制成的纳米陶瓷材料却具有良好的韧性。金属——陶瓷等复合纳米固体材料亦是一个重要的应用领域。例如:金属铝中掺进少量的陶瓷超微颗粒,可制成质量轻、强度高、韧性好、耐热性强的新型结构材料。现有的很多卫生装备由于要符合战场恶劣环境下的高强度要求,因此有的制造得相当笨重,牺牲了一定的机动性。这些新型结构材料的应用可使现有大型卫生装备质量更轻、体积更小、结构更坚固,使其既能满足装备的机动性要求,又能最大限度地延长其使用寿命。另外,由于这些新型结构材料的应用,将使得一部分原来体积庞大、质量极重,只能用于固定医院的设备,将应用于野战卫生装备,拓宽了军队卫生装备的外延,将使军队卫生装备进入一个新的发展阶段。

##### ◇ 碳纳米材料——构建智能化、微型化救护、侦检仪器的核心部件;

纳米碳管具有良好的表面、机械和电学特性。不同结构碳纳米管的导电性可能呈现良导体、半导体、甚至绝缘体。因此,它将可能成为纳米级印刷电路的材料,成为构建未来智能化、微型化救护、侦检仪器的核心部件。

#### (4)军事医学人机工程学

人机工程学研究在设计人机系统时如何考虑人的特性和能力,以及人受机器、作业和环境条件的限制。人机工程学还研究人的训练,人机系统设计和开发,以及同人机系统有关的生物学或医学问题。军事医学人机工程学就是人机工程学在军事医学领域中的应用,也属于军事生物医学工程的内容。

##### ◇ 装备研制中的人机工程学

战争和特种环境需要在研究大型装备(例如载人航天器、战斗机、坦克、装甲车、各种舰船、潜艇等)、高新技术和新概念武器时就要考虑驾驶员、战斗员的座舱,视觉信息的获取方式,噪声、振动、电磁辐射、各种环境非常规环境(高温,低温,低氧,高湿)等对驾驶员战斗员的生理、心理、操纵装备、器械、武器的功能的影响。

必须在武器装备尚处于研制阶段就考虑其对人体的影响,尽量使设计合理,不能待装备到部队再寻求补助措施。美陆军环境医学研究所人体工效学室主要研究了人体耗能的各种影响因素,如行军速度、地形特点、负重和负重部位对耗能的影响等。提出了预测士兵行军和负重行军时代谢耗能的公式;用铜人评价日照热负荷,提出了日照对肛温影响的预测公式及热环境下劳动时人体耐受限度。该研究

室还研究了人-服装-环境系统中的热量交换,为改善军服保暖透气性,改善军事车辆及其小环境提供科学依据。美陆军人体工程研究所的研究任务与特种兵有密切关系,其内容多属人体工效学研究范畴。

#### ◇ 高技术、新概念武器医学防护中的人机工程学

如前所述,高技术新概念武器是相对于传统武器而言的,即与传统武器在武器原理、形态结构、杀伤机理、作战方式和作战效能上有明显不同,在技术上有重大突破与创新的全新型武器。

根据高技术新概念武器的医学防护的特点我们除了要对武器致伤因素、生物学效应、暴露环境安全性、有效的侦检技术、防护药物(疫苗、抗体、抗生素、抗毒剂)、消毒工具与消毒剂等、生物技术、信息技术、基因武器的医学防护、纳米技术在医学防护中的作用等进行研究外,还应该使用人机工程的知识系统,统筹防护研究。

#### (4)军队卫生装备工程

军队卫生装备是军队实施卫勤保障所编配的伤病员救治、医疗保健、运输和卫生防护的设备、器材的总称。根据应用范围分为平时卫生装备和战时卫生装备。战时卫生装备:也称野战卫生装备。指能伴随部队机动和遂行战时卫勤保障任务的卫生装备。一般包括部队卫生装备和机动力量卫生装备。

卫生装备分类

卫生装备分类方法很多,既可按装备功能、用途、运输、包装形式分类,也可按装备使用、卫勤建制、供应或保管方法分类。如按野战卫生装备功能和用途划分,通常可分为8类:

① 寻找、运伤员工具。包括火线或现场搜索寻找负伤人员的电子寻找仪、夜视仪以及搬运负伤人员迅速撤离火线或现场的抢运带、吊篮和担架等。

② 战伤急救、复苏器材。包括供火线抢救负伤人员用的包扎、止血、固定、镇痛等急救器材,如急救包、敷料包、止血带、夹板,以及抗休克的复苏器材,如呼吸器、抗休克裤、输血输液供氧器材等。

③ 野战诊检仪器设备。主要用于战伤诊断和检测,包括便携式X线机、心电图机、离心机、比色计、监护器等。

④ 野战手术器械及设备。包括基础手术器械、专科手术器械、麻醉器材、照明器材、消毒设备、手术台等。

⑤ 伤员后送工具。分地面后送工具、水上后送工具和空运后运工具3类,主要有救护车、装甲救护车、卫生列车、卫生艇、卫生直升机和卫生运输机等,供运输伤病员使用。

⑥ 卫生防疫装备。供平时卫生防疫与反生物战使用,包括侦察采样器材、检验器材、消毒杀虫灭鼠器材以及防护用品,主要有报警器、采样箱、检水检毒箱、喷雾器、消毒杀虫车、防疫服等。

⑦ 卫生防护装备。用于防护核、化学、生物武器的杀伤和救治其致伤的伤员,包括侦检器材、防护用品和洗消设备。主要有防护盒、个人剂量笔、乙丙射线检测仪、侦毒器、洗消车、淋浴装备等。

⑧ 技术保障装备。保障野战条件下伤病防治工作顺利进行的器材设备,包括制液、制氧、供血技术装备和改善工作环境的器材。主要有蒸馏水器、制水配液设备、制氧机、制氧车、运血箱、运血车以及发电机组、帐篷等。

此外,按包装或组合形式野战卫生装备又可分为医用箱和机动医疗单元2大类。医用箱包括卫生盒、急救盒、卫生包、敷料包、携运行医疗箱等;机动医疗单元包括医用车辆、医院船、医用飞机及医用方舱等。

# 放射治疗面对的困难及可能的技术对策

## ——肿瘤放射物理的进展

中国医学科学院肿瘤医院 胡逸民

### 放射治疗在肿瘤治疗中的地位

放射治疗主要用于恶性肿瘤,它与手术治疗化学药物治疗组成了肿瘤的三大治疗手段。国内外统计数字表明,约有 50%-70% 的癌症患者需要不同程度(单纯放射治疗或与手术,药物配合治疗)地接受放射治疗。一百多年来,由于三大治疗手段的进展,肿瘤治疗的五年生存率不断上升。目前经三大治疗手段治疗后的肿瘤患者 5 年生存率为 45%,其中放射治疗对肿瘤 5 年生存率的贡献仅次于手术,占 18%(40%)。

原发肿瘤的局部控制是肿瘤治愈的先决条件,局部控制的失败,会导致肿瘤的局部复发和肿瘤的远地转移。已有证据证明,改进局部治疗,能够得到较高的治愈率。放射治疗与手术治疗一样,是一种局部的治疗手段,它不仅几乎达到与手术一样的 5 年治愈率,而且它能保存器官的功能,例如乳腺,眼睛,四肢等,改进患者愈后的生存质量。通过采用新的或改进的放射治疗技术,可以进一步提高和改进放射治疗对肿瘤治愈率的贡献的比例。

### 放治疗局部失败的原因及相应的措施

如上述,100 多年来,由于放射物理和临床肿瘤学的进展,放射治疗取得很大的进展,但由于下述原因,造成许多病例放射治疗后局部控制的失败:(1) 肿瘤(靶区)内存在放射抗拒细胞;(2) 靶区周围危及器官(OAR)限制靶区边缘剂量的提高;(3) 肿瘤(靶区)范围(影像)诊断不准确;(4) 治计划设计和照射剂量不精确。

肿瘤(靶区)与周围重要器官解剖位置关系,对放射治疗来说可以分成两大类:第一类为凸型靶区,即肿瘤(靶区)外形为凸形,重要器官位于靶区周围。对这类肿瘤的治疗,用适形照射技术,基本上可以实现对肿瘤的高剂量照射,而周围重要器官的剂量不会超过其最高耐受剂量。第二类为凹形靶区,即靶区内含有重要器官,如头颈部鼻咽癌和腹部前列腺癌等,要给肿瘤(靶区)较高的致死剂量,势必引起靶内或靶附近重要器官的严重的放射性损伤。对凹形肿瘤,需要使用调强适形照射技术。肿瘤(靶区)范围的精确确定,需要借助现代影像工具 CT、MRI、PET、超声等多工具的融合,和提高放射肿瘤医师对肿瘤临床规律的认识。现代放射肿瘤学技术,特别是 X(γ)立体定向定位技术的发展,保证了患者的治疗体位在整个治疗过程中体位的不变性和重复性,而且能够得到较高的体位固定精度,为实施精确放射治疗提供了基础。

### 调强适形放射治疗(IMRT)的实施

放射治疗的根本目的是提高肿瘤局部的治疗增益比,即最大限度地增加肿瘤的局部控制概率(TCP)和降低周围正常组织的放射并发症概率(NTCP)。调强适形放射治疗(IMRT)为一种治疗技术,通过照射野的适形和射野内强度的调节,使得放射线在体内形成的高剂量区剂量分布的形状在三维方向上与肿瘤(靶区)的形状一致。因此,这能够有效地提高放射治疗的治疗增益比,有效地将放射线的剂量集中到肿瘤,而避免对周围重要器官的过量照射。目前,较普遍采取和实施调强适形照射的技术:

a. 利用多叶准直器(MLC)实施整野(cone beam)调强照射。按其叶片的运动和照射之间的相互时序关系,该技术又可分为静态 MLC 调强(SMLC-IMRT);动态 MLC 调强(DMLC-IMRT);以及旋转 MLC 动态调强(IMAT)三种方式。静态 MLC 调强技术的特点为:每个照射野(称为母野)转化为若干个子野,MLC 先形成某一个子野,然后照射,只在相邻子野照射中间改变;照射过程中机架角不变。各个子野的不同权重的强度分布的叠加形成了“母野”所需要的强度分布。该技术本质上是适形技术的延伸,每个 IMRT 子野可以当做一个单独的