

生物机械工程研究进展

王裕清

(河南理工大学, 河南焦作 454000)

[摘要] 论述了生物机械工程的重要意义、研究现状、发展趋势、存在问题及对策,旨在推动我国生物机械工程的研究和学术地位的确立,推动生物医学工程学的进步,提高人民的健康水平。

[关键词] 生物机械;生物机械工程;研究进展

[中图分类号] R318; Q81 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2005)11-0012-05

生物机械工程 (biomechanical engineering) 是生物医学工程学的重要组成部分,它利用现代生物学、医学、工程学、信息科学与技术的理论和方法,研究、创造新材料、新技术、新仪器设备,用来治疗、康复、保健,保障人民健康,提高医疗水平,是推动现代医学进步的一门新兴交叉学科,同时也是一门边缘学科。该学科的研究内容涉及生物学、医学、生物力学和生物流变学、材料学、机械学、仿生学、电子学、计算机与信息科学、控制理论等,其中人体适用材料、人工器官、医疗器械、远程诊疗系统、运动与康复机械、医用与仿生机器人等内容的研究、设计、制造都与机械工程密切相关。笔者就生物机械工程的研究现状、意义、发展趋势、存在问题及对策等做了论述,旨在推动生物机械工程学科的研究及其重要地位的确立,推动生物医学工程学的进步并取得更多的推广应用成果,实现经济和社会效益最大化。

1 生物机械工程的研究现状及其意义

国外在生物机械工程方面的研究起步较早,许多研究成果已进入实用化阶段。目前,美国、日本及欧洲一些国家在该领域的研究处于领先地位,许多发达国家在高等院校、科研机构建立了有关生物医学工程学的教学系、科和研究机构。日本政府从

2002年度实施“纳米医疗器械开发计划”;同年秋,日本冈山大学医学系的科研人员宣布,他们已经研制出一种可以置入人体内部的小型人工肺,开发毫米级的内窥镜等各种微型医疗器械,力争5~10年后达到实用化水平。在美国有近百所高校设立了生物医学工程专业。近年来,美国一改传统冠心病手术方案,在植入心脏的金属动脉包裹一层特殊的药膜,以预防心脏冠状动脉阻塞的复发。许多国家成立了各种有关的学术团体,组织学术交流、创办科技刊物。国际上组建了多国联合的学术组织,如国际生物医学工程联合会(IFMBE),有100多个成员国。世界生物机械委员会(WCB)从1990年开始每4年举办一次国际学术会议,迄今已举办3届^[1]。1980年以来,日本出版了《バイオメカニクス概説》(生物机械概论)、《生體機械工学》等著作^[2],并有大量的研究成果发表。

由于这些国家重视生物机械工程方面的研究,给他们的国家带来了巨大的经济效益。比如20世纪90年代,全球经济衰退,但医疗器械产品却被广泛看好。该时期美国整个经济增长率基本上为零,而医疗器械工业却增长6%~7%,销售增长率为5%;西欧经济增长也举步维艰,而医疗器械工业增长率却在3%以上,销售增长率为6.1%;日本医疗器械工业增长率达8%,销售增长率为

8.3%。目前,我国医疗器械市场主要依赖进口,年销售额已达 550 亿元。生物机械工程学的诞生和发展有力地推动了医学科学的进步,加速了医学科学的现代化,显著提高了医疗和诊断水平,因此,机械科学与生物学、医学的结合,是符合现代科学技术的发展规律和发展方向的^[3]。

我国于 1980 年建立中国生物医学工程学会,相继成立了有关专业分会。2001 年,中国残联开展“长江新里程”计划,使肢体残疾者像正常人一样行走。目前,我国已有相当一批高校、科研单位建立了有关生物医学工程的所、系、科室,从事该领域的科学研究和教学工作,有些高校专门成立了生物工程学或生命科学学院,可见在我国也已经引起重视。但由于多方面因素的限制,我国生物医学工程在大多数领域仍落后于国际先进水平,尤其是在生物机械工程方面。以心脏起搏器为例,由于受经济发展水平的制约,现在国内每百万人年植入仅 8 台,而美国为 300~400 台。目前尚未发现全面介绍这方面内容的文献。国内多数先进的医疗设备、仪器、器械均需要进口,花大量外汇,严重制约了我国医疗事业的发展,影响医疗水平和人民健康水平的提高。

国际上很早就非常重视生活质量。随着我国人民生活水平的提高,人们也开始关注自身的健康问题,对医疗水平和生活质量提出了更高的要求。先进的治疗手段、人工器官的移植、运动与康复机械和医用与仿生机器人的使用将会愈来愈普遍。因此,大力推动生物机械工程的研究与开发,将大大促进生物工程、生物医学工程学科的建设与发展,对提高我国医疗保健水平、保障人民健康、提高生活质量等将产生深远的影响,具有重大的社会和经济效益。

2 生物机械工程主要研究领域与发展趋势^[3,4]

中国有句古话:工欲善其事,必先利其器。现代医学科学的发展也不例外。公元前 500 年,当时人们只能用肉眼观察研究人体的解剖结构。17 世纪发明了光学显微镜,推动了解剖学向微观层次发展,出现了细胞学研究。这时人们不但可以了解人体解剖的变化,而且可以进一步观察细胞形态结构的变化,随之诞生了组织学。光学显微镜的出现使医学的研究提高到细胞形态学水平。由于普通光学

显微镜的分辨率只有数个微米,只能观察细胞的形态变化,而像病毒以及细胞的各种显微结构,如核结构、DNA 等大分子结构,光学显微镜就不能分辨了。20 世纪 60 年代出现了电子显微镜,使人们的视力达到能看到千分之一微米的微小个体,可以观察研究细胞的超微结构。由此可见,光学显微镜、电子显微镜都是光学、精密机械、电子学等研究的成果,它们对推动医学的发展起了重要作用。

在影像学诊断方面,20 世纪 50 年代 X 光透视和摄片是临床常用的诊断方法。今天,由于 CT、核磁共振等现代化医学工程技术的出现和应用,使影像学诊断水平出现了飞跃,极大地提高了临床诊断水平。这些都说明影像学诊断水平的不断提高与生物机械、临床医学工程学的发展密切相关。

在心脏外科,20 世纪 50 年代风湿心瓣膜病愈后不良;医生治疗风湿心瓣膜病,除了应用抗风湿药物、强心药物对症治疗以外,对瓣膜的病损很难改善。而今天有了人工心肺机和体外循环技术,医生可在心脏停止跳动的情况下切开心脏,进行瓣膜、房室间隔破损的修补和人工心脏瓣膜置换。心外科所以能达到今天的水平,主要是由于人工心肺机的问世和体外循环技术的应用,这同样与生物机械工程有密切关系。

肾功能衰竭、尿毒症病人愈后不良,如今有了人工肾血液透析,能在很长时间里维持肾病终期病人的生命。人工肾实际上是一个模拟肾功能的医疗仪器,有了它,临床挽救了不少肾病终期病人的生命,使肾病治疗学有了很大的进步。

现代生物医学工程中人工器官的发展非常迅速。到目前为止,人体各种器官,除了大脑不能用人工器官代替之外,其余的各个器官都存在着用人工器官替代的可能;人工肺、人工肝及人造子宫等的问世,使科学家对人工器官的研制更加充满信心。

在其他方面,如超声医学、激光医学、核医学、医用机器人与远程诊疗系统、康复医学等先进的医疗技术和仪器都是医学与工程学,其中包括生物机械工程相结合研究发展的成果。

由此可见,先进的医疗仪器、技术都与生物机械工程的研究成果有关,由于临床工程的发展,显著提高了临床医学诊断和治疗水平,有力地促进了医学科学的发展。可以说,现代医学的发展史就是用生物医学工程武装的医学发展史。因此,生物机

械工程在现代医学发展中占有重要地位。

科学发展到现在,学科与学科之间的综合、交叉在不断扩展和深化,新兴边缘学科不断涌现,研究领域已经突破了传统的学科界线,任何一个学科都已不能孤立存在和发展。对学科领域之间相互作用关系的认识和协调关系的建立,把握住影响和带动学科发展的重要领域,对于生物机械工程学的发展具有重大的意义。

生物机械工程学涉及面广,信息量大,发展迅速,但是,按其最终研究目标,可将其分为生物医学材料、人工器官与人工肢体、远程诊疗系统、运动与康复机械、医疗器械、医用机器人等几个主要方面。

2.1 生物医学材料 (biomaterial)

生物医学材料是指用来制作各种人工器官和与人体生理环境相接触的医疗用具和制品的材料,它为医学的发展提供了丰富的物质基础。对生物材料的要求包括:优越的生物相容性、亲水性、润滑性、防组织粘附性、抗炎性、抗凝性,可使细胞在材料表面生长,恢复病变组织的功能、免疫识别能力、生物催化活性、化学稳定性与天然组织相适应的物理机械性能等等。主要类型有:天然高分子材料,金属与合金材料,无机非金属材料,杂化材料与复合材料等。

国内外生物材料开发研究的主要趋势是提高生物材料的生物相容性,研究开发出生物相容性更好、更能适应人体生理需要的新材料。利用分子设计学方法和仿生学,根据需要设计、研制具有特定功能的材料,发展仿生高性能工程材料,最终达到材料本身具有生命性质而与生命体产生生物性结合的目的。

2.2 人工器官与人工肢体 (artificial organ and limb)

人工器官和人工肢体的实质是一种能模拟自然器官功能的机械装置。当人体自然器官和肢体因为病伤不能用常规的方法救治时,现代医疗技术有可能给病人置换上一个人工制造的器官和肢体,取代(或部分取代)病损器官和肢体的功能,恢复病人的健康,挽救病人的生命。人体除大脑外,其他大多数器官都在进行人工制造的研究,而且不同程度地取得了进展,有的已成功地用于临床,如人工心脏瓣膜、人工血管、人工心肺机、人工血液、人工肾、人工肝、人工胰、人工关节、人工心脏及辅助

循环(见封面图)、人工耳蜗、人工皮肤、人工肢体以及人造子宫,等等。据报载,经过20多年的努力,我国人工肝基础研究和临床研究取得多项进展,人工肝已成为我国肝病治疗中发展最为迅速的领域之一,有望成为重型肝炎和肝衰竭的最有效和最常用的治疗方法。2002年《科学时报》报道了俄罗斯已经开发出可辨别仪器质量的电子舌头。

人工器官和人工肢体发展的总趋势是,由体外型向体内型过渡,由大型向小型化、微型化发展,由暂时应用向永久替代置换、长期应用发展,功能逐步完善,可靠性不断提高。

从分子水平上获得的人工器官与生物体相互作用机理较全面的认识,从分子水平上实现人工器官表面结构的设计、控制,使之逐步生物化,并逐步实现较高度的功能性生物相容性,研制具有优良表面和整体性能的人工器官。

2.3 远程诊疗系统 (telemedicine)

远程诊疗系统始于20世纪50年代,是计算机硬件技术、网络通信技术和现代医疗技术的有机融合,它通过摄像机、显微镜、计算机等硬件设备、网络系统和信息接受设备,使异地之间进行有关医学诊断、治疗、护理、咨询以及教育等方面的信息和数据传递,使医疗资源共享,既可以为偏远地区的患者提供医疗服务,降低医疗成本,也可以作为医生之间进行交流及培训的工具,逐步改变人们的生活、工作方式和传统的医疗模式,已成为国际上广泛关注的跨学科高科技,如医用机器人计算机辅助外科手术的研究;如图像处理、信号传递、精密机械和外科手术的相结合。外科医生利用成像设备提供信息和辅助,医用机器人在外科手术中进行立体定位和手术干预,这一技术将为人类的生命健康提供又一强有力的保障。

远程诊疗系统的研究热点是:远程放射学和图像归档与通信系统、远程会诊和远程诊断(远程病理系统、远程皮肤科诊断系统、远程牙科诊断系统、远程放射学系统)、远程治疗、远程监护和家庭护理技术、远程教育、医学咨询、网上公共卫生和医学数据库建立、国际医疗联网技术,应用人机工程学发展多媒体医学信息管理数据库,为远程医疗研究服务等。

2.4 运动与康复机械 (sport and rehabilitation device)

康复工程旨在通过物理疗法、体育疗法、作业

疗法、生活训练、技能训练、语言训练和心理咨询等手段，克服人类由于意外事故、先天缺陷、疾病、战争和机体老化等因素产生的功能障碍或残疾，使其尽可能最大程度地恢复或替代原有功能，实现最大限度的生活自理、劳动和工作等能力，提高人们特别是伤残者和老年人的生活质量。为实现这个目标，需要众多学科相互支持与配合，涉及的学科包括生物学、医学、材料学、生物力学、机械学、电子学、控制论与信息科学，等等。

随着体育训练的科学化、系统化，体育运动训练器械的发展很快，用机械来代替人工完成高强度、大运动量的重复性训练器械日益增多，如在球类项目中模拟人的发球机，运动员身体素质训练用的健康器械等。

运动与康复机械中有待研究的课题有：研究一种用于康复训练的，集功能测试、运动疗法（或作业疗法）和心理疗法为一体的康复器械是康复事业的需要，目前这类产品国内外尚属空白。虚拟现实技术应用于康复器械中，使对患者进行心理治疗成为可能，将会有广泛的应用前景。另外还有智能型多功能肢体残疾康复治疗仪，肌电控制前臂假手，肌电控制全臂假手，具有知觉的轻型能动假手，可步行上下台阶的动力假腿、电动轮椅；配装于麻痹肢体上的外骨髓型动力辅助器，肌力训练设备，步行训练设备，步行分析与训练机，声音分析及发音训练机等研制。

2.5 医疗器械 (medical instrument)

医疗器械是用于人体疾病和伤残诊断、预防、监护、治疗、缓解、补偿人体结构或生理过程的研究、替代或修复，计划生育等方面的仪器、设备、器具、材料或其他物品，其品种、规格、功能多种多样。如 2002 年初我国医学家首次运用“水刀”为一名 30 岁男性患者切除了巨大的肝血管瘤。

为了确保临床安全性，在完成物理性能、化学性能、加工性能及外形等设计后，必须进行医疗器械的生物学评价试验。

医疗器械方面的研究课题有：新型医学仪器、设备的研究，医学影像设备，医学电子设备，医学物理化学分析装置，诊断装置，治疗装置，监护装置，检测装置，诊断治疗联合装置，医学生物信号遥测、遥感装置，医学影像显示、识别装置，医学数据处理装置，家庭个人保健装置，康复器材等方面的研究。

2.6 医用机器人 (biorobot)

随着机器人高科技的发展，机器人的应用领域已不再局限于传统的制造业，其在服务领域的应用正日益受到关注。近年来，先进的机器人技术、计算机图像技术、计算机控制技术和微创伤外科技术的结合，国内外已研究和开发了多种医学机器人系统，大致可分为 3 类：医疗机器人（对诊断、治疗和检查等医疗作业进行辅助用的机器人）；社会福利机器人（对残疾人、病人、老年人和护理人员进行帮助的机器人）；医学教育机器人（对临床教育和研究工作进行辅助的机器人）。有的已应用于临床，具有巨大的潜在经济和社会效益。如医疗外科手术机器人对于提高手术质量、减少手术创伤、缩短病人的恢复周期、降低开支等方面带来一系列技术变革，对新一代手术设备的开发和研制，对人工假体的设计，对医学教学与研究，对临床和家庭护理及康复工程等方面也将产生深远的影响，并对机器人技术、计算机虚拟现实技术、机械电子技术等相关学科的理论与技术发展产生了积极的推动作用。

目前，医疗机器人系统的研究主要集中在以下几个方面：临床应用、微驱动机器人技术（医疗用微型电子机械系统在医疗工程中的应用研究）、“智能药丸”式机器人、仿真、图形导航、虚拟临床、多媒体通信、遥控操作，抱起机器人，背运机器人、人工眼及视觉替代装置、障碍物认识装置、导盲犬机器人、点字翻译机器人、护理机器人、会话用机器人等。

3 生物机械工程研究存在的主要问题及对策^[4]

国内生物机械工程方面的研究和应用，虽然从 1980 年以来在引进、消化及推广应用上已有一些成果，但与发达国家相比差距太大。具体表现在：政府部门未能把人民群众的生活质量、医疗水平和生命保障问题放在足够重视的地位；对生物机械工程技术研究开发的重大意义认识不足；企业对研发生物机械产品和开拓市场显得信心不足和缺乏热情；生物机械学科没有真正建立，学术地位没有真正确立；生物机械工程研究人员很少，研究经费严重不足，对基础理论、材料及工艺的研究不够，设计制造水平不高，等等。因此，笔者建议采取如下对策：

1) 大力宣传生物机械工程研究对提高人民生活质量和医疗保健水平、推动现代医学进步的重要意义,以引起政府决策部门的高度重视,加大对生物机械工程研究的支持和投入力度,提供优惠的政策和足够的经费保障。

2) 成立中国机械工程学会生物机械工程学科分会,确立生物机械工程学科的学术地位,推动生物机械工程学科的学术交流和推广应用;在机械制造及自动化专业开拓生物机械工程方向,在生物医学工程专业和医学影像等专业开设生物机械工程概论课程,大力培养生物机械工程研究和应用的专门人才。

3) 组织强有力的科研团队,大力开展生物机械工程的基础理论研究,强化生物机械工程与生物学、医学、信息学、多媒体通信技术、计算机技术、仿生学、人机工程学等学科交叉与综合的研

究,大力推动人体适用材料、人工器官、新型诊疗器械、医护机器人及远程诊疗系统等方面的研究和推广应用,切实提高生物机械的研究、设计、生产工艺和制造水平。

4) 建立我国生物机械的生物学评价标准和产品标准;开发生物机械应用软件;培育生物机械市场,扩大生物机械的应用领域。

参考文献

- [1] Abstracts of the Third World Congress of Biomechanics [M]. Hokkaido University, Sapporo, Japan, 1998
- [2] (日)林紘三郎. 生體機械工學[M]. 東京:日本機械學會,1997
- [3] 杨子彬主编. 生物医学工程学[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2000
- [4] 王裕清主编,生物机械工程导论[M]. 北京:机械工业出版社,2005

The Survey of Biomechanical Engineering Research

Wang Yuqing

(Henan Polytechnic University, Jiaozuo, Henan 454000, Chian)

[Abstract] Biomechanical engineering is the important part of the biomedical engineering. It is not only the emerging synthetic subject that makes medicine progress greatly, but also a kind of interdisciplinary subject, which aims to realize treatment, recovery and health care, and then to ensure the health of the people and improve the treating level by using theories and methods of modern biology, medicine, engineering and information science and technology, etc., to develop new materials, new technologies and new instruments. The contents of this subject include biology, medicine, biomechanics and biorheology, material science, mechanical science, bionics, electronics, computer and information science and control theory, etc.. Based on the above subject, the study, design and manufacture of the relative subjects such as the material for body, artificial internal organ, medical instrument, remote treating system, motion and recovery machine, medical and bionic robot, etc., are closely related to mechanical engineering. In this paper, viewpoints on research situation, significance, developing tendency and existing problems of biomechanical engineering are presented in order to promote the study of the subject and then put premium on it. On the other hand, with the development of the subject, more applied achievements worthy of popularization can be obtained, which will definitely make maximum economic and social benefits.

[Key words] biomechanical; biomechanical engineering; developing condition