

文章编号: 1004-0374(2009)02-0212-04

生物医学工程的研究范围

江渊声

(麻省理工大学, 哈佛大学)

摘要: “生物医学工程”这个词蕴含了三个专业领域的相互影响: 生物学(最广义的范围讲是基于物理学和化学的一门基础科学)、医学(治疗疾病的科学)和工程学(设计及建造对人类有用的物品的科学)。在20世纪50年代中期, 我被任命组建一个实验室, 这个实验室需要结合这三大学科, 并致力于听觉研究。在过去的50年中, 我们的实验室(由麻省理工大学、哈佛大学、麻省总医院及麻省眼耳医院共同管理)树立了一个优秀的范例, 证明虽然有一些实际的困难, 科学家、临床医师和工程师们仍然可以很好地合作。我们的经验之一是, 往往一些最成功的发现是基于对基本科学知识的发展, 而不是来源于对特定临床需要的靶向性研究。然而, “研究与发展”常常需要有技术创新教育背景, 并能与数个领域的专家充分交流的特殊工作人员。因此, 在目前这个环境与社会问题需要传统意义上非生物医学工程领域的技术专家的时代, 生物医学工程师的培养问题及资源应如何在发达国家与发展中国家之间分配的问题的探讨, 都具有十分重要的现实意义。

关键词: 生物医学工程; 电子耳蜗; 耳聋

中图分类号: R318; R764.43 **文献标识码:** A

The scope of biomedical engineering

KIANG Nelson

(Massachusetts Institute of Technology, Harvard University, USA)

Abstract: The term “biomedical engineering” implies the interaction of three professions: biology (a basic science that in its broadest sense draws upon physics and chemistry), medicine (the care of the sick), and engineering (the design and construction of things useful to humans). In the mid-1950s I was asked to start a laboratory that would combine these three disciplines, focused on the study of hearing. Over the past five decades, this laboratory (jointly operated by the Massachusetts Institute of Technology, Harvard University, the Massachusetts General Hospital, and the Massachusetts Eye and Ear Infirmary) can provide some specific examples of how scientists, clinicians, and engineers can work together despite certain practical difficulties. One of the lessons is that some of the most successful applications developed out of esoteric basic knowledge rather than research targeting identified clinical needs. Nevertheless, “R and D” (Research and Development) often requires a special kind of person with training in the art of technical innovation, who can communicate easily with specialists in a number of fields. Thus, issues concerning the education of biomedical engineers and how to allocate resources in developed and developing countries are most relevant in an era when environmental and social problems require technical expertise in areas not traditionally regarded as within the province of biomedical engineering.

Key words: biomedical engineering; cochlear implant; deafness

收稿日期: 2008-12-15

通讯作者: bnk@ep1.meei.harvard.edu

1 生物医学工程学

什么是生物医学工程？我1955年开始攻读博士，几年之后才出现了生物医学工程的概念。这是将非常不同的两种人才结合在一起的学科，第一种我称之为生物医学工程学(biomedical engineering, BME) I类人才。他们的特点是：(1) 致力于科学的新应用；(2) 从事跨学科领域的科学研究；(3) 由于需了解很多不同领域，需要广泛的教育背景；(4) 具有创新精神以发现新的事物；(5) 一般在大学院校、研究所和工业实验室工作；(6) 由于没有盈利，他们需要资金帮助。另外一种我称之为BME II类人才，他们的特点是：(1) 主要工作是设计、制造和检修仪器；(2) 致力于针对性较强的工作项目；(3) 培训范围相对较窄；(4) 具有手工业者职业精神，他们重复做相似的工作，并越来越熟练。这一特点与外科医生类似；(5) 一般在公司或研究所从事技术性工作，并需与用户交流；(6) 他们的工作可直接创造收入。

以波士顿为例，BME I类人才由综合性大学培养，BME II类人才由技术学校培养。有趣的是，目前的趋势是培养I类人员的II类工作能力，或培养II类人员的I类能力以得到同时具有这两种才能的BME 新型人才。

现代生物医学工程学中需解决的重要问题：(1) 长时程规划与短小时内解决问题；(2) 教育与培训；(3) 理论与应用；(4) 集中领导与局部管理；(5) 政府资助与私人投资；(6) 国际主义、地方主义与民族主义。

今天在座的各位多是一类人才，今天的会议是德国和中国科学家合作的国际主义的典型范例。但需要注意的是，事实上BME II类人才比I类人才要多出很多。

2 BME 具体工作方式

下面我将通过回顾电子耳蜗产生的过程以阐述我的观点。毫无疑问，电子耳蜗的产生是工程师、医生和科学家共同努力的结果。人工耳蜗是目前为数不多的生物医学工程成功范例。

我们知道，内耳是个很复杂的充分分化的器官，它由很多不同类别的细胞规律排列而组成，并通过神经纤维与大脑相联系。每一特定频率的声音信息通过相应的神经元传递到大脑的特定部位。这是一个非常复杂和精细的系统，毛细胞是将声音信息的机械信号转化为电化学信号的换能器。耳聋患者的这类细胞完全死亡，很多病例是由这一水平的

病变引起。病毒感染、老龄化、耳毒性药物等因素可导致这种病变的发生。出现这种情况后，听觉会完全消失。

3 电子耳蜗的产生过程

一个很重要的问题是，如果神经元细胞仍然存活，是否能通过刺激耳聋患者体内的这些神经元使他们重新获得听力？这就是电子耳蜗所需起到的作用。1953年，法国科学家将人造电极植入耳蜗，观察电流刺激能得到何种效果，发现在人类耳蜗中，电极刺激可产生声音，虽然这并非是有用听力。后来很多人将电极植入内耳，并以各种信号刺激耳蜗，但都没有得到有用的听觉。1956年，我们的实验室开始研究内耳神经纤维的正常作用，并以此为基础产生了现代电子耳蜗的雏形(图1)。截至目前，电子耳蜗的发明绝对是个巨大的成功。成千上万个耳聋患者由于使用了电子耳蜗而重新获得听力，可正常交流，甚至可正常使用电话。其中特别是婴儿期电子耳蜗的植入是个很大的成功。20世纪50年代，我们找到了新生儿耳聋的诊断方法。目前在很多发达国家，这种检查被纳入医保范围，新生儿出生后必须检查是否患有耳聋，因为如果出生时就患有耳聋，早期(如一岁)植入人工耳蜗，其可随着大脑的发育，将人工耳蜗的刺激信号与大脑整合。在发达国家，目前唯一的问题是发现耳聋患儿时，是应该单耳植入电子耳蜗还是双耳植入。

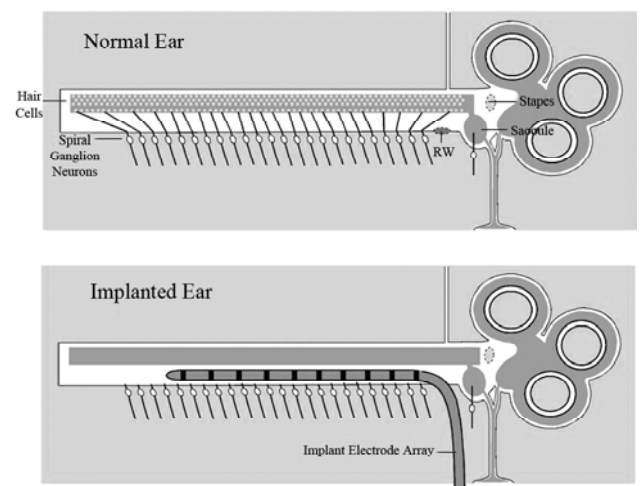


图1 正常耳与电子耳蜗植入耳的结构图

4 应用电子耳蜗所需的具体工作

目前对电子耳蜗使用者检查发现，这种治疗方法是完全成功的。要达到这种成功，需要很多不同方面工作人员的共同努力。这些工作包括以下方面：

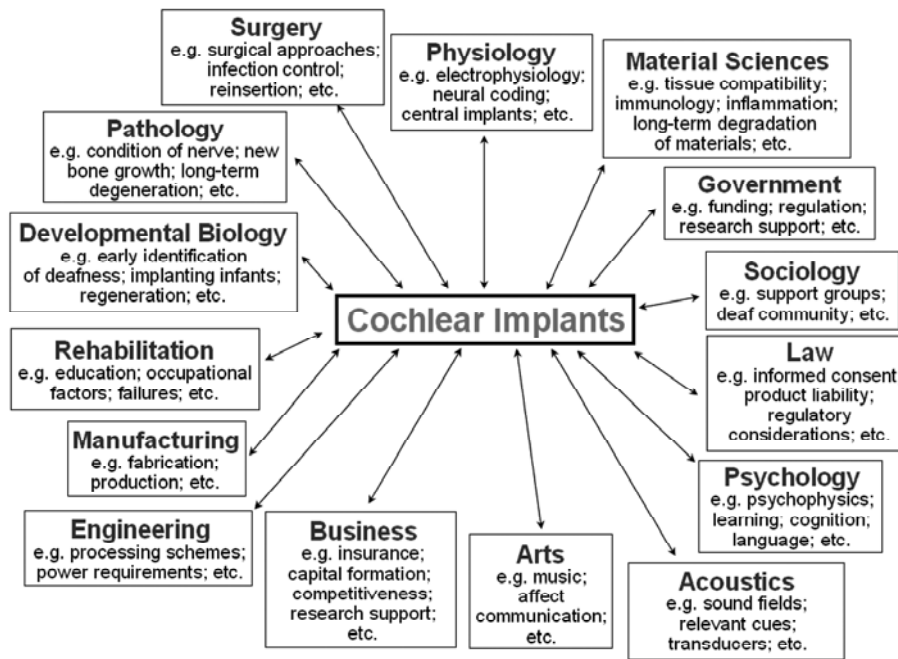


图2 应用电子耳蜗所需的具体工作

(1) 手术 (手术入路、控制感染、再植入等); (2) 生理学 (电生理、神经编码、中枢植入等); (3) 材料科学 (组织相容性、免疫学、感染、材料的长时程降解等); (4) 政府支持 (资金投入、政策调控、研究支持等); (5) 社会学 (社会支持团体、耳聋社团等); (6) 法律 (知情同意、质量控制、政策法规等); (7) 心理学 (心理物理学、学习、认知、语言的建立等); (8) 声学 (声场、相关信息 relevant cues、换能器等); (9) 艺术 (音乐、情感交流等); (10) 商业 (保险、capital formation、商业竞争、研究支持等); (11) 工程学 (信息处理方案、功能系统等); (12) 生产 (装配、制造等); (13) 康复 (教育、职业因素、故障等); (14) 发育生物学 (耳聋的早期诊断、婴幼儿电子耳蜗植入、再生等); (15) 病理学 (神经条件、新骨生长、长时程退化等) (图 2)。

需要强调的是, 这个整体工作由各方面工作人员共同完成, 每个岗位的人所需关心的只是他工作领域的范围, 很多工作人员, 甚至对其他部分的工作一无所知, 并且不需要了解。因此, BME 的成功并非是由政府计划所能做到的, 而是由不同领域的工作人员共同努力的结果。

1962 年, 我们对人工耳蜗的成功做了个总结, 认为之前人工耳蜗实验失败的原因是人们试图用一

种单一信号替代耳蜗的作用, 而这并非正常耳蜗的工作方式。而我们研究内耳单一神经纤维的作用的工作成果发现每个神经元和神经纤维有自己特定的作用, 对特定频率的声音起反应, 因此我们用不同的电子信号传递不同的声音信息。这就是人工耳蜗成功的基础。

综上所述, BME 的范围是极其广泛的, 它包括了我们所知道的几乎一切的知识, 但如何使 BME 真正起作用, 利用科学的发展给社会和大众造福是问题的关键所在。

[参 考 文 献]

- [1] Kiang NYS, Peake WT. Physics and physiology of hearing [M]// Atkinson RC, Herrnstein JJ, Lindzey G, et al (eds). Handbook of experimental psychology. New York: John Wiley, 1988
- [2] Kiang NYS, Guinan JJ Jr, Liberman MC, et al. Feedback control mechanisms of the auditory periphery: implications for cochlear implants [C]// Banfai P (ed.) Cochlear implant: current situation. Basel: International Cochlear Implant Symposium, 1987: 131-51
- [3] Kiang NYS, Liberman MC, Sewell WF, et al. Single unit clues to cochlear mechanisms. Hearing Res, 1986, 22: 171-82
- [4] Kiang NYS, Peripheral neural processing of auditory information [M]// Handbook of physiology, section 1: the nervous system. Bethesda: American Physiological Society, 1984: 639-74
- [5] Kiang NYS, Fullerton BC, Richter EA, et al. Artificial stimu-

- lation of the auditory system. *Adv Audiol*, 1984, 1: 6-17
- [6] Kiang NYS, Keithley EM, Liberman MC. The impact of auditory nerve experiments on cochlear implant design. *Ann NY Acad Sci*, 1984, 405: 114-21
- [7] Kiang NYS, Eddington DK, Delgutte B. Fundamental considerations in designing auditory implants. *Acta Otolaryngol*, 1979, 87: 204-18
- [8] Kiang NYS. Stimulus representation in the discharge patterns of auditory neurons [M]// Tower DB. *The nervous system* New York: Raven Press, 1975: 81-96
- [9] Kiang NYS, Moxon EC. Physiological considerations in artificial stimulation of the inner ear. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1972, 81: 714
- [10] Kiang NYS, Moxon EC, Levine RA. Auditory-nerve activity in cats with normal and abnormal cochleas [M]// Wolstenholme GEW, Knight J. *Ciba foundation symposium on sensorineural hearing loss*. London: J. & A. Churchill, 1970: 241-273
- [11] Kiang NYS. A survey of recent developments in the study of auditory physiology. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1968, 77: 656
- [12] Kiang NYS. Discharge patterns of single fibers in the Cat's auditory nerve, research monograph No. 35[M]. Cambridge: MIT Press, 1965
- [13] Kiang NYS, Watanabe T, Thomas EC, et al. Stimulus coding in the Cat's auditory nerve, preliminary report. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1962, 71: 1009

Â-ÄËÖùÀí