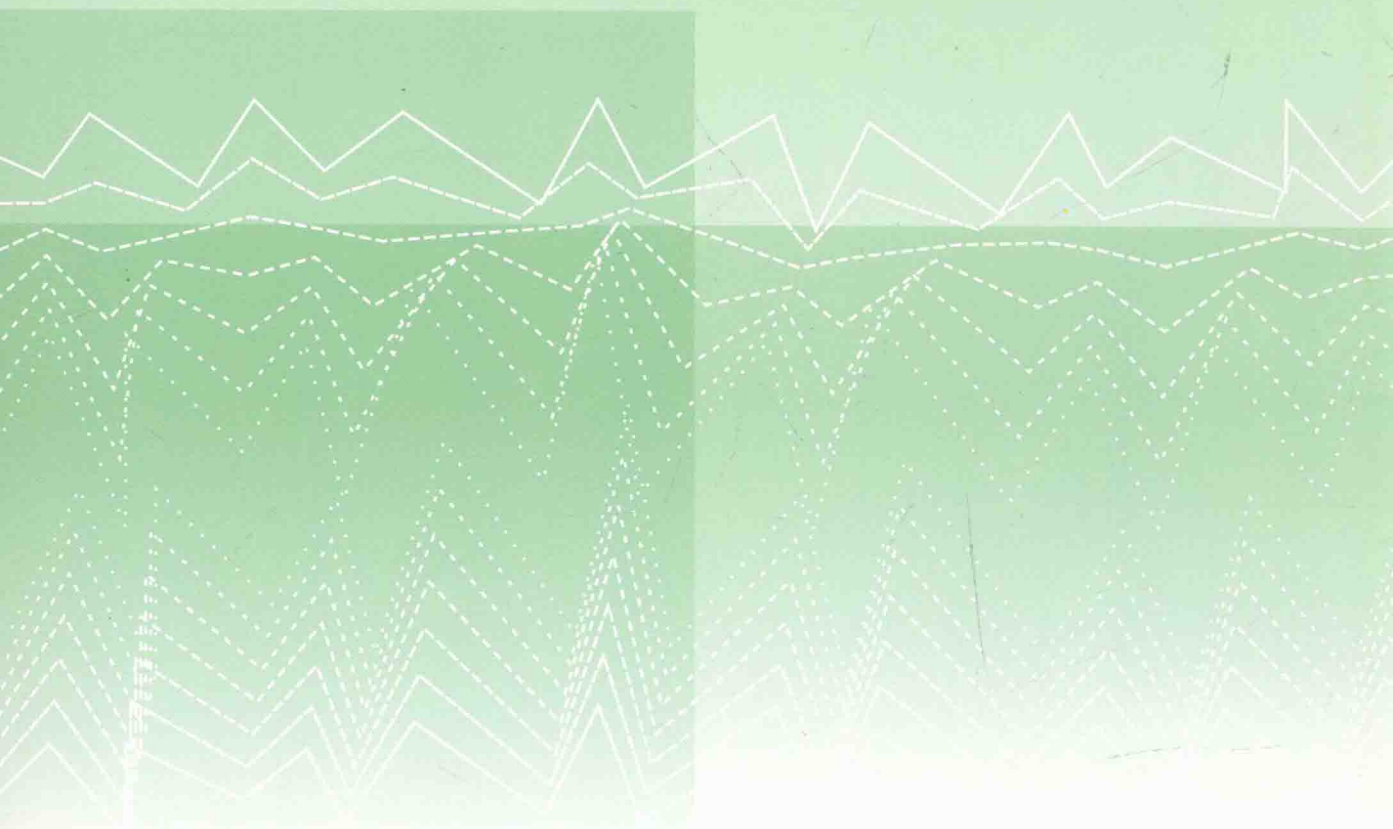


宫琴 编著

生物医学工程检测 和基础实验



清华大学出版社

宫琴 编著

生物医学工程检测 和基础实验

清华大学出版社
北京

内 容 提 要

本书内容分为两部分。第一部分以生物医学工程检测方法为主导,介绍与各生理系统相关的临床常用生物医学检测方法及仪器。将先进的检测技术与信号处理方法相结合,对每种检测仪器,介绍其基本原理、硬件组成框图、检测算法、研究进展及临床应用。第二部分以基础实验为主导,包括神经肌肉、心脏和血液循环、呼吸、感觉、中枢神经等几大系统的基础生理学实验,同时还包括一些与最新研究进展相关的生理实验及检测方法。

本书可作为生物医学工程专业本科生的教科书,也可供生理学及医学专业的本科生和研究生、医疗器械行业的工程技术人员、医院中的医技人员、生命科学研究领域中从事生物医学工程信息检测及基础实验的科研人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

生物医学工程检测和基础实验/宫琴编著.--北京:清华大学出版社,2013

ISBN 978-7-302-24253-6

I. ①生… II. ①宫… III. ①生物医学工程—教材 IV. ①R318

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 223195 号

责任编辑:张占奎

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.25

版 次:2013 年 10 月第 1 版

印 数:1~2000

定 价:49.00 元

邮 编:100084
邮 购:010-62786544

字 数:467 千字

印 次:2013 年 10 月第 1 次印刷

产品编号:029591-01

前 言

生物医学工程检测是以人体及其他生物体为对象,对各种生命现象的生理特征、状态、性质和成分进行检测的原理性和技术性的学科,是生物医学工程的重要分支,是一门涉及多个学科的综合学科。随着电子、信息、计算机、材料等学科的迅速发展,它们的应用不断渗入到生命科学领域中,同时生理学、生物化学和生物物理学等的发展也加强了生命科学的基础,于是逐渐形成了生物医学工程信息检测这门技术学科。生物医学工程信息检测是一个综合运用自然科学和工程技术的原理和方法研究人的生理、病理过程,揭示人体的生命现象,并从工程角度提出防病、治病问题的学科。

生物医学工程信息检测的对象是生命体,尤其是人体。生命体是包含着反映生命活动丰富信息的极其复杂的系统。生命信息存在于无数结构各异和进行各种不同活动的组织器官中,如脑、心脏、肺、肝、肾、胰、血管、胃、膀胱和各种感觉器官中;存在于各种器官组成的神经系统、循环系统、呼吸系统、消化系统和感觉系统等许多特殊功能的生命系统之中。人体正是依靠器官和系统等各层次上的生命活动和功能及其有机配合,才能实现生命体的新陈代谢和正常生理活动。生物医学工程检测就是对生命体各个系统的性质、状态和功能等信息进行检测与量化的科学。深入了解各系统的生理学基础是将生物医学工程信息准确检测出来的关键。

本书的编写初衷是给清华大学生物医学工程系学生作为“生物医学工程专业综合训练”的教材。生物医学工程专业综合训练是一门对生物医学工程各方面知识进行综合培训的实践性课程,其目标是:一方面要培养学生进行生物医学工程研究的基本实验技能、掌握医学检测设备的设计思想和对检测结果的分析计算能力;另一方面要培养学生进行综合科研活动的正确思维方式和解决实际问题的能力。因此本教材参考了国内外对生物医学工程专业本科生的综合训练项目 and 实践环节,包括了生物医学工程信息检测篇和基础实验篇两大部分。以生理学基础实验和生物医学工程信息检测设备的原理性知识为基础,以生物电子、医学仪器与传感器、生物医学信号处理为研究手段和方法,对生物医学工程专业的学生进行综合培训。其目的是通过实践与理论两方面的综合训练,使学生一方面掌握生命活动过程中各种生物医学工程信息检测的实验技能,学习掌握基础实验的原理、实验方法及所揭示的生命现象;另一方面通过对检测设备的原理知识的学习,了解常用的检测设备的基本原理、设计思想、基本组成、参数设计、研究进展和临床应用等。通过这样的综合训练过程,使学生对生命活动的检测方法和过程有深入的了解和认识,为今后的学习打下牢固基础。

本书从生理系统的角度出发,对几大系统主要器官的临床上常用的检测方法及检测仪器的设计原理进行了介绍;同时,也从生理系统的角度出发,编排了用现代检测仪器和方法进行的生理学实验内容。使本书具有鲜明的新时代的科学特征。

宫琴负责本教程的全部编写工作。感谢梁作清老师协助拍摄了大量照片并配合获取了很多原始实验数据。同时感谢在本书编辑整理过程中,给予大力协助的腾轶超老师以及我

实验室的几届同学,他们为本书做了许多文字编辑和整理工作,他们是:陈曦、陈志鹏、胡艳茹、金慧君、李爽、朱仁骏、孙文生、毛硕、董志华、刘京雷、杜悦之等。本书在编写过程中,得到了清华大学“985 工程”二期校级教材建设项目的资助,在此一并表示感谢。本教材涉及研究内容较广,由于编者水平有限、经验不足,不当之处,期盼各位老师、同学和读者指正。我们深信,经过多次修订之后,本书将逐渐完善,以满足广大读者的要求。

宫 琴

2013 年 5 月

目 录

检测篇——生物医学工程检测的基本原理与方法

第 1 章 绪论	3
1.1 内容概述及课程要求	3
1.2 生物医学工程检测系统的组成	7
1.2.1 刺激系统	8
1.2.2 探测系统	10
1.2.3 信号调理系统	18
1.3 生物医学工程检测中噪声、干扰的产生及控制方法	19
1.4 生物医学工程检测系统的安全性问题	23
第 2 章 心血管循环系统检测	26
2.1 心电检测	26
2.2 心电向量检测	34
2.3 心音检测	41
2.4 血压检测	46
2.4.1 有创血压检测	46
2.4.2 无创血压检测	49
2.5 电磁及阻抗式血流量检测	53
2.5.1 电磁式血流量检测	54
2.5.2 阻抗式血流量检测	57
2.6 血细胞分析仪	60
第 3 章 呼吸系统检测	67
3.1 呼吸频率检测	67
3.1.1 热敏电阻式呼吸率检测	67
3.1.2 阻抗式呼吸率检测	69
3.1.3 电容式呼吸率检测	71
3.1.4 压电式呼吸率测量	71
3.2 综合肺功能检测	72

第4章 消化系统	78
4.1 胃电检测	78
4.2 内窥镜检测	84
第5章 神经肌肉系统检测	89
5.1 肌电检测	89
5.2 体感诱发电位	94
第6章 感觉器官	98
6.1 耳声发射检测	98
6.2 听觉诱发电位检测	110
6.3 眼电生理检测	115
6.3.1 视觉眼电检测	115
6.3.2 视网膜电位检测	117
6.3.3 视觉诱发电位检测	121
第7章 中枢神经系统	124
7.1 脑电检测	124
7.2 脑磁检测	130
第8章 人体组织成分分析	134
8.1 基于生物电阻抗法的人体组织成分分析	134
8.2 双光人体成分分析仪	137
8.3 人体组织成分分析的检测方法及模型的建立	140
第9章 医学影像技术	147
9.1 医学超声诊断及治疗技术	147
9.2 X射线技术	152
9.3 计算机断层扫描技术	156
9.4 核磁共振成像技术	161
9.5 发射计算机断层扫描	165
9.5.1 单光子发射计算机断层成像技术	167
9.5.2 正电子发射断层扫描技术 (PET)	169

实验篇——基础实验

第10章 神经与肌肉	177
10.1 蛙类坐骨神经-腓肠肌标本的制作	177

10.2	刺激强度与骨骼肌收缩反应的关系	182
10.3	骨骼肌的单收缩和收缩总和	185
10.4	神经干、肌膜动作电位和骨骼肌收缩的时相关系	188
10.5	神经干复合动作电位的测定	190
10.6	神经冲动传导速度的测定	193
10.7	坐骨神经干不应期的测定	195
10.8	人体肌电测试及信号分析	197
第 11 章	血液及循环	202
11.1	血液凝固及其影响因素	202
11.2	蛙类微循环的观察	204
11.3	在体蛙类心搏起点及传导阻滞	206
11.4	蛙类心室肌的期前收缩与代偿间歇	209
11.5	蛙类心脏容积导体的导电性	211
11.6	蛙类离体心脏灌流	212
11.7	人体心电的测量	214
11.8	人体心音的测量	218
11.9	人体动脉血压的测定	222
11.10	人体指脉的测量	225
第 12 章	呼吸系统	228
12.1	家兔膈肌放电与呼吸运动的调节	228
12.2	人体呼吸周期的测定	230
12.3	人体肺功能测定	234
第 13 章	感觉器官	241
13.1	豚鼠耳蜗电位的测定	241
13.2	声音的传导途径	246
13.3	人体耳声发射的测试	248
13.4	人体盲点的测定	250
13.5	人体眼动电图的测试	252
13.6	人体运动时眼球震颤的观察和测定	258
第 14 章	中枢神经系统	260
14.1	反射时的测定及反射弧的分析	260
14.2	家兔大脑皮层事件诱发电位的记录	261
14.3	豚鼠听觉脑干诱发电位测定	264
14.4	人体脑电的测量及信号分析	265

第 15 章 综合实验	270
15.1 有氧运动生理	270
15.2 刺激-反应时间的测定	274
附录 A RM6240B 生理信号采集处理系统使用简介	279
附录 B Biopac 生理实验记录系统使用简介	285
附录 C 常用手术器械及其用途	288
附录 D 常用实验动物简介	292
参考文献	295

检测篇

——生物医学工程检测的基本原理与方法

第1章 绪 论

生物医学工程检测是以人体及其他生物体为对象,对各种生命现象的生理特征、状态、性质和成分进行检测的原理性和技术性的学科,是生物医学工程的重要组成部分。生物医学工程检测的任务在于提供认识生命的奥秘,提供了解生物体的生理结构、生理功能和疾病状态的方法和检测仪器,以促进生理学、诊断学及医学各领域学科的共同进步,并带动各种医疗器械的研究与开发。现代生物医学工程的进步是与其信息检测技术的发展分不开的,而生物医学工程信息的检测又是物理学、化学、信息科学和以电子技术为代表的各种现代工程技术与生物学和医学相结合的产物。生物医学工程检测所包含的研究内容非常广泛,涉及生理学、病理学、临床医学工程、医学仪器与传感器、生物医学信号处理、医学成像、生物电磁学、生理系统的仿真、建模与控制、医学专家系统与模式识别、生物力学等多个方面,而生物医学工程检测正是综合运用这些知识对人及各种生物体进行信息提取的一门重要课程。

生物医学工程检测的理论基础是人体或其他生物体的生理及病理知识,因此,理解生理学和病理学的基本理论和机制,掌握生理信息检测技术的设计思想和技术理论是更好地进行生物医学工程信息检测的前提和根本。

生理学的基础实验科学与生物医学工程信息检测提取的技术手段紧密结合将能更好地服务于人类的疾病预防、诊断、监护、治疗和康复。

1.1 内容概述及课程要求

生物医学工程检测是为了提取或采集生物体(主要是人体)的生理、病理信息的一门学科。它是以生理学为基本内容,以生物电子、医学仪器与传感器、生物医学信号处理为研究手段和方法,对学生进行专业综合训练的一门实践性科学。为了将体现人和生物体生命活动规律的信息提取出来,需要结合生物医学信息检测的工程方法。通过各种工程技术的手段和方法,检测到体现生物体生命特征的定性、定量的信息,再结合生命活动规律,给出科学合理的解释。本教程根据清华大学《生物医学工程专业综合训练(一)》的课程设置和内容安排,包括生物医学工程检测篇和基础实验篇两大部分,目的是通过理论与实践两方面的综合训练,使学生一方面通过对医学检测设备的学习和掌握,了解常用的检测设备的设计原理、设计方法、基本组成、研究进展和临床应用等;另一方面通过基础实验,掌握生命检测过程中基础实验环节的实验思想,理解基础实验的原理、方法及所揭示的生命现象。通过这两部分的综合训练过程,使学生对生命活动的检测方法有一定的认识。从基础实验设计、实验方法采用、参数分析和结果分析,到医学检测设备的设计原理、基本组成和参数设计等过程有一个完整的训练过程,为今后的学习打下牢固的基础。

为满足上述目标,本教材在编写过程中,在教材内容、教材难度和工程技术方法的融入等方面突出强调了为实现这一目标而安排的教学内容和教学步骤。

在教材内容上：为了满足学生和读者对生物医学工程检测设备的广度、深度的要求，在生物医学工程检测篇中，介绍了临床上常用的医学检测设备，其内容涵盖了临床上常用的检测设备的基本原理、设计方法、参数检测的技术手段等内容。在内容安排上，从系统和分类的角度出发，生物医学工程检测篇包括：心血管循环系统、呼吸系统、消化系统、神经肌肉系统、感觉器官、中枢神经系统和医学影像等几部分 30 多种典型生物医学工程检测设备。其中对生物医学工程检测设备的基本原理、组成框图、各部分功能及作用、研究进展和临床应用等几方面进行了详细的介绍。在基础实验篇中，实验编排顺序从动物实验到人体测试，从微观到宏观，包括了神经肌肉系统、血液循环系统、呼吸系统、感觉系统、中枢神经系统等几大系统的基础和综合性实验。这些实验涉及目前生理信息检测教学及科研领域中的 30 多个基础及前沿性实验。在教程使用过程中，可按照教学目的和难度的需要，选择必要的内容进行课堂讲解或必要的基础实验、综合实验或科研性实验进行课程的训练。

在教材难度上：生物医学工程检测篇的内容，除了包括基本原理、仪器组成框图、各部分功能、研究进展和临床应用外，有些章节中，还包括一些信号的特点和检测设备所采用的独特的检测算法、信号处理算法和技术难点，以加深学生对检测设备的理解并激发学生进行创新性研究的思维。基础实验篇的内容涵盖了几大系统的典型实验，其难度包括基础性实验、综合性实验和科研探索性实验，以满足不同程度的读者的要求。其中，基础性实验强调基本知识的掌握与基本技能的训练，从验证性目的出发，要求学生掌握生命检测过程中最基本、最重要的内容，掌握基本的实验原理和实验方法，理解各个测试参数的生理意义等。综合性实验主要是进行较复杂的、实验项目较多的、难度较大的、实验过程和处理较复杂的实验。科研探索性实验主要是让学生利用所提供的仪器、动物和药品，根据提供的题目，查阅文献资料，设计实验方案，系统地完成科研性实验的设计、操作、论证、结果分析、讨论和总结，使学生对生物医学工程的科研过程有一个全面的训练过程。在实验教学环节中培养学生的科研探索能力和综合解决问题的能力，激发学生开拓创新精神，培养学生独立进行科研的分析问题、解决问题的综合能力。同时，每章实验的安排，从动物实验到人体测试，从微观到宏观地逐步给出各个现象之间的内在联系和外在表现，因此，要求学生和读者不仅仅是对生理实验的基本概念、基础知识和发生现象的理解掌握，而且要求学生从内到外、从微观到宏观地去理解一个现象的内在联系和体现形式，从而更深层次地理解发生现象的本质和根源。

在工程分析处理上：本书的编写目的之一是作为“生物医学工程专业综合训练”课程的教材，生物医学工程专业综合训练所起的作用，要从生物、医学、工程几个角度同时突破。因此，要求学生通过这门课程的学习，不仅要掌握检测设备和基础实验的设计原理和设计方法，而且作为工程专业的基础训练课程，要求学生学会定量的分析和计算方法，理解现象发生的量和质的变化，使测试结果定量化、科学化。因此在基础实验篇中，与通常的生理学实验教程相比，本教程加入了较多的需要通过科学计算、分析，从而得出结论的训练环节，使学生通过工程环节进一步深入理解结论的科学意义。另外，在生物医学工程信息检测篇的一些章节中，对检测设备的检测参数及其提取、计算方法也给出了较详细的叙述，为生物医学工程专业的学生进一步进行医疗检测设备的软、硬件的设计、研究、开发打下了基础。通过这样系统的学习和训练，使学生同时具备工程师和科学家的头脑，最终培养学生综合的分析问题、设计实验、解决问题的能力。

如果将本书作为课程的教材,那么对书中所涉及的内容及课程安排上需要有相应的要求。

1. 生物医学工程检测基本理论课程的目的和要求

在进行本书第一部分的课堂讲解、讨论和学习总结过程中,最好能结合对医院相关科室的检测设备的实习课程,在学生对目前常用的医学检测设备的基本原理了解和掌握的基础上,提高他们对检测设备的重点、难点技术及原理性问题的深入和探索,了解生物医学工程检测设备在临床中的应用现状和局限性,激发学生的创新性思维,以推进生物医学工程检测设备的推陈出新和迅速发展。

1) 目的

(1) 通过基本内容的课堂讲解、讨论,使学生逐步掌握常用生物医学工程检测设备的基本原理、系统组成框图、各部分的功能和作用等。为系统地进行临床检测设备的开发、设计及系统特殊功能的设计打下良好的基础。

(2) 通过学习检测参数的提取方法和处理算法,使学生了解掌握各种先进的检测设备的技术特点、技术难点和目前国内外的研究现状,培养创新思维,为今后设计开发过程中突破目前存在的技术难点和解决疑难问题,推进生物医学工程检测设备的更新换代打下基础。

(3) 通过临床见习参观,使学生了解检测各种生命活动和生理现象所对应的生物医学工程检测设备及相应的检测参数的变化特征,同时了解临床需求,为设计新型的能及早诊断目前临床中存在的重大疑难病症的生物医学工程检测设备做准备。

2) 生物医学工程检测的基本理论及实习课程的要求

为提高对生物医学工程检测设备的基本理论和使用现状的了解和掌握,根据生物医学工程学科的特点,需要学生深入临床医院,参观实习与相应的检测设备相关的临床科室,了解本学科所研究、设计的医疗检测设备在临床医院中的应用现状及存在的问题,丰富知识,开拓眼界。由此不但强化学生对基本检测设备的理解和掌握,同时,培养学生了解实际、了解临床需求、解决临床实际问题的思想。学生在实习前、实习中、实习后需要做好相应的工作。

实习前:(1)认真学习生物医学工程检测设备的基本理论,从六个方面掌握生物医学工程检测设备的基本内容,其中包括:①基本原理;②检测设备组成框图;③框图中各部分的功能及作用;④生物医学工程检测设备的主要技术及技术难点;⑤研究进展,即发展历史、更新换代;⑥临床应用等。(2)结合检测设备的基本原理内容,复习有关理论知识,做到充分理解检测设备的设计、研制方法及提取出的各个参数的生理意义。在理论课学习过程中,可采用课堂讲解、分组讨论、讲座等多种形式。

实习中:①认真听实习指导教师的讲解并仔细观察示教操作,理解并掌握教师所指出的关键步骤及要领。②严格按照实习指导教师要求的步骤进行操作,有疑问要与指导教师及时沟通,交换意见,不可随意更改操作方法及步骤。不得擅自进行与实习无关的活动。要注意节省器材和药品。③要以严谨、实事求是的科学态度,仔细、耐心地观察实习过程中出现的现象,随时记录各种生理现象及反应所对应的检测参数的特征及范围,联系基本理论学习的内容进行思考。④实习小组成员在实习项目中,应轮流进行各项实习操作,力求每个人实习机会均等。

实习后:①认真搜集整理实习所得的记录资料和数据,结合实习前的基本理论学习,对

生物医学工程检测设备的基本原理、技术特点及临床参数进行分析和讨论,并进行总结、报告。②认真撰写实习报告,完成指导教师提出的各项问题。

2. 生物医学工程基础实验篇的目的和要求

1) 目的

(1) 通过基础实验课程使学生逐步掌握生理实验过程中的基本方法和基本技能,了解基础实验的基本原理和设计方法,培养学生自己动手实践的操作能力,进一步了解获得生理学知识的过程和科学方法,加深对生理学基本概念和基本理论的理解。培养学生在科学工作中的严肃的态度、严格的要求和严谨的作风。

(2) 通过基础实验,使学生了解掌握各种测试设备的基本原理和使用方法,学习、掌握应用工程的多种定量的分析、计算方法对实验结果进行科学的分析。从实验记录中提取出反映生命特征及实验目的的参数,进一步定量地分析数据所反映的科学现象。

(3) 通过基础实验,使学生逐步提高对实验中各种生理现象的观察、分析、独立思考和独立解决问题的能力。学会进行生命科学研究的定量、科学的工程分析计算方法。

2) 基础实验课的要求

为提高基础实验课的教学质量,需要学生在实验前、实验中和实验后做好相应的工作。

实验前:①仔细阅读基础实验教程,了解实验的目的、要求、方法和操作步骤。②结合实验内容,复习有关理论知识,做到充分理解实验原理和方法;充分了解掌握实验设备的基本测试原理和方法。③查阅有关文献和书籍,预测该实验各个步骤应得的结果,并运用已知的知识进行解释。④设计好实验原始记录项目和数据记录表格,便于实验时使用。

实验中:①认真听实验指导教师的讲解并仔细观察示教操作,理解并掌握教师所指出的关键步骤及要领。②按照实验教程的步骤进行操作,有疑问要与指导教师及时沟通,交换意见,不可随意更改实验步骤和方法。不得擅自进行与实验无关的活动。③要注意保护实验动物和标本,节省器材和药品。在以人作为对象的研究项目中,要注意人身安全。④要以严谨、实事求是的科学态度,仔细、耐心地观察实验过程中出现的现象,要随时记录出现反应的时间、反应的表现以及最后的结果,联系课堂讲授的内容进行思考。⑤在实验过程中若遇到疑难之处,要首先思考,设法解决,如果一时解决不了,需向指导教师汇报情况,在老师协助下解决。对贵重仪器,在尚未熟悉性能之前,不随意动用。⑥实验小组成员在不同实验项目中,应轮流进行各项实验操作,力求每个人实习机会均等。在做哺乳类动物大实验时,组内成员要明确分工、相互配合、并服从统一指挥。

实验后:①将实验用具整理就绪,所用器械擦洗干净,清点数目,如数归还。如缺少,应立即报告指导教师。做好实验室清洁工作,将存活动物和动物尸体分放到指定的地方。②认真搜集整理实验所得的记录和资料,对实验结果进行分析和讨论,并得出结论。③认真撰写实验报告,按时送交指导教师评阅。

注意事项:①实验指导教程所叙述的实验方法,并不一定是达到每项实验目的的最好方法,因此,希望大家在实验过程中细致观察,深入思考,在实验方法的改革方面充分发挥自己的独创性。②要尊重动物生命,禁止滥用动物。处死动物的时候,要避免给动物造成无谓的痛苦。做到心中有数,尽可能用一只动物多做一些实验,避免不必要的牺牲。

实验报告的撰写要求:实验报告是生理基础实验课的训练环节之一,要认真对待,为今后撰写科研论文打下良好的基础。实验报告不同于科学论文,但它们有相同的要素,是报告

科学实验结果的正式方式。报告应该有封面页和报告正文。封面页包括实验的题目、作者名、同组同学姓名、指导教师和日期。报告正文应该包括6个单独清晰的有标记的部分：实验目的,基本原理,实验材料,主要方法步骤,实验结果,对实验结果的计算、分析和讨论,参考文献等。①实验目的为本次实验需要达到的目标,要写与实验题目密切相关内容,不写空洞无关的内容。②基本原理为本实验所遵循的最基本的原理。③实验材料:按照实验中所用的器械、材料撰写,扼要地写清楚各项实验条件,其中包括实验所用的动物种类、性别及其状态(健康状况,是否经过预先处理等)。④主要方法步骤应按照正确的实验步骤进行叙述,包括实验时对实验对象进行了怎样的处理(如麻醉、手术操作、给予药物或刺激等)。⑤实验结果中应将实验中的真实现象、数据、结果进行简明扼要地记录、剪贴、记述或说明。实验结果可用简练的文字描述,也可加上表格及曲线图;使实验结果突出、清晰,便于相互比较,一目了然,达到最佳效果。在用描记图表示时,需要将原始结果图进行合理的剪贴、加工,并在图的下方写明图号、图名、图注及必要的文字说明。在用表格形式表示时,表名写在表的上方。大多数实验,需要根据初步的实验记录,采用工程的定量分析的方法,计算、分析和讨论中应作出科学的计算和统计,求出各种参数值,具体参数的计算需根据不同的工程方法及实验目的进行处理。给出计算结果后,需要根据所学的理论知识,对实验结果进行科学的分析和讨论:判断实验结果是否与理论相符合。如果出现矛盾,应分析讨论其中的原因。参考文献中应将实验报告撰写过程中所参考的文献按在报告中出现的先后顺序注明其出处。

1.2 生物医学工程检测系统的组成

生物医学工程检测系统主要用于检测生物体(尤其是人)的生命信息和体征。其检测系统除电源外,一般由四大部分组成,即刺激系统(或信号发射系统)、探测系统、信号调理系统和分析记录系统,如图1.1所示。每一部分分别完成不同的功能以实现生物医学工程信息的真实、准确的检测。

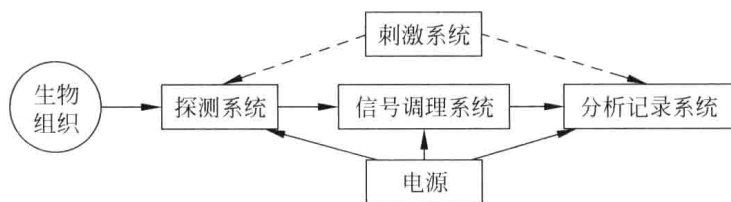


图 1.1 生物医学工程检测系统

为了检测人或动物的肌体性能,有时需要向生命体发射特定的信号;或为了使离体组织细胞兴奋,常需要给予特定的刺激。这些能发射特定的刺激信号的组成部分统称为刺激系统。探测系统用以获取生物体在检测状态下的生命体征和信息。当生命现象是电信号时,探测系统可以是引导电极,包括记录单细胞电活动的玻璃微电极以及记录群细胞电活动总和的表面金属电极;当生命现象为其他能量形式时,如机械收缩、压力和声音信号时,探测系统又可以是传感器。信号调理系统则用于对探测到的生命信息进行合适的处理,包括对微弱信号的前置放大、滤波和主放大等步骤。由于生物电信号较为微弱,因此从生物医学

工程直接检测到的信号一般都非常微弱,信号调理系统则是一种放大器或放大器的组合,它将微弱的信号进行放大和噪声的去除,再进入分析记录系统进行进一步的分析、参数提取、记录并加以显示输出。

1.2.1 刺激系统

光、声、电、温度、机械及化学等多种刺激因素都可使可兴奋组织产生生理反应。但实际检测系统中应用最广泛的是电刺激,因为这种刺激易于控制刺激参数,对组织没有损伤或损伤较小。常用的刺激系统包括电子刺激器、刺激隔离器和各种刺激电极。

1. 电子刺激器

电子刺激器是一种能产生一定波形的电脉冲仪。刺激器的刺激参数包括刺激强度、刺激时间和刺激频率等。由于方波具有波形简单、易于控制刺激参数等特点,常用作刺激波形。而且由于方波的上升时间快,从几微秒至几十微秒,这种陡峭的前缘刺激电流对生物组织是较为有效的刺激。典型的单刺激串波形如图 1.2 所示。

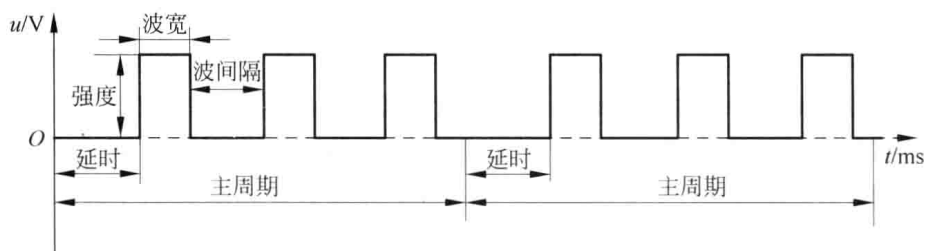


图 1.2 单刺激串波形图

刺激强度是指刺激波形的幅度,用电流强度或电压表示。电流强度一般从几微安至几十毫安,电压可在 200V 以内。在实验过程中,要避免过强或过弱的刺激。刺激强度过小,不能使细胞膜静息电位降低至阈电位而引起细胞兴奋;刺激强度过大,可引起组织内电解和热效应而使组织遭到损伤和破坏。

刺激时间是指刺激波形的持续时间,又叫波宽。一般方波刺激器的持续时间从几十微秒至数秒,通常使用的最佳刺激时间与刺激强度的大小密切相关。采用单向方波刺激时,为防止产生损伤效应,刺激时间不宜过长。应尽量缩短刺激时间或采用正负双向方波刺激来减少引起组织损伤的电解和热效应。

刺激频率是指在连续刺激时,刺激波的重复频率,一般少于 1000 次/s。刺激频率过高时,可能有一部分刺激会落在组织的不应期而无反应。刺激频率的选择随被刺激组织的不同而变化。一般认为,在生理实验中,刺激频率以 60~100 次/s 为佳。应用连续刺激时,还可根据实验需要调节串长。

主周期是两次同步脉冲之间的周期。同步脉冲是一次刺激的时间起点。刺激器把同步脉冲输送到整个实验系统中,使系统中各仪器有共同的时间起点,以保持时间上的同步。在检测系统中,刺激器的同步输出可将同步脉冲信号同时送到检测系统、记录系统和示波系统等各个系统中,使各个系统之间保持特定的时间关系。从同步脉冲到刺激方波的出现,这段时间称为延时。调节延时,可使方波或方波刺激所引起的生理反应出现在示波系统屏幕上合适的位置,以便观察和记录。