

高等院校医疗器械系列“十二五”规划教材

生物医学检测技术

刘 杨 张东衡 陈正龙 主编



高等院校医疗器械系列“十二五”规划教材

生物医学检测技术

主 编 刘 杨 张东衡 陈正龙



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书主要讨论生物医学检测系统的基本原理及组成;生物医学检测技术的基本概念和相关的新概念、名词及术语;医学仪器的发展特点、设计技巧和方法、基本生产制造技术和工艺。同时,本书结合人体基本生理参数展开,针对血压、呼吸、温度、心电信号等具体检测对象结合相关的传感器技术、信号放大技术、数据处理技术等展开应用性描述。本书较同类出版物具有内容应用性强、理论解释严谨、知识结构清晰等特点。

本书大量采用图文并茂的编写体例,在内容方面注重结合临床测量过程中的实际问题,借此提升本书的理论性和实践性。

本书适用于生物医学工程类、医疗器械工程类等相关学科各层次教学及实践工作,亦可作为相关领域研究参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

生物医学检测技术/刘杨,张东衡,陈正龙主编.

--上海:同济大学出版社,2014.9

高等院校医疗器械系列“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5608-5610-0

I. ①生… II. ①刘…②张…③陈… III. ①生物工程—医学工程—医学检验—高等学校—教材 IV. ①R318

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 199001 号

生物医学检测技术

主编 刘 杨 张东衡 陈正龙

责任编辑 张 睿 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店
印 刷 常熟市大宏印刷有限公司

开 本 787mm×1 092mm 1/16

印 张 20.75

字 数 518 000

版 次 2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-5610-0

定 价 48.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

生物医学检测技术在临床医学、生物医学工程、生理学以及生物医学基础理论研究等诸多领域均具有重要意义。随着时代的进步,医学领域的不断发展,对生物医学检测技术的要求也越来越高。编者结合现有资料及国内外相关文献,结合教学工作中的经验与体会编写此书,以便为该专业教学及研究提供参考。本书主要讨论生物医学检测系统的基本原理及组成;生物医学检测技术的基本概念和相关的新概念、名词及术语;医学仪器的发展特点、设计技巧和方法、基本生产制造技术和工艺。

本书从人体基本生理参数展开,针对血压、呼吸、温度、心电信号等具体检测对象,结合相关的传感器技术、信号放大技术、数据处理技术等展开应用性描述,与同类出版物相比,具有内容应用性强、理论解释严谨、知识结构清晰等特点。

本书根据人体常用生理参数检测项目划分章节。全书共分为九章,第1章至第4章从整体上介绍生物医学检测技术的基本概念,常用的生物电极、传感器、信号处理及放大的基本原理;第5章至第9章则根据人体生理基本参数展开,介绍人体血压测量、体温测量、呼吸测量、心血管系统参数测量以及生物电测量等。

由于本书理论性与应用性兼备的特点,因此可提供高等院校相关专业作为教学用书,同时可为医疗行业相关从业者,尤其是医疗器械从业人员提供必要的参考。

本书所涉及的生物医学属交叉学科,生物医学检测技术涵盖的知识面广,加之编者知识面及经验有限,编写过程中难免存在错误与不足,敬请广大读者、专家批评指教。

本书编写过程中得到了谢海明教授的大力支持与指导。谢海明教授多年从事医疗器械尤其是生物医学检测技术相关领域研究,成果卓著。本书结构框架以及大量文献资料均由谢海明教授提供,在此致以衷心的感谢。

本书第3章、第4章、第9章由张东衡编写,第5章、第6章由陈正龙编写,其余部分由刘杨编写。

编者
2014年6月

目 录

前言

第 1 章 生物医学检测系统的基本概念	1
1.1 生物医学检测系统的组成	1
1.2 生物医学检测系统的特殊性	3
1.2.1 被测值难以获得	4
1.2.2 数据的易变性	4
1.2.3 生理系统间的相互作用	4
1.2.4 传感器对测量状态的影响	4
1.2.5 能量的限制	4
1.2.6 伪迹和干扰	5
1.2.7 安全性	5
1.3 生物医学测量范围	5
1.4 生物医学检测系统的基本特征	7
1.4.1 静态特性	7
1.4.2 动态特性	12
第 2 章 生物电与生物电极	18
2.1 生物电现象	18
2.1.1 单一细胞的跨膜静息电位和动作电位	18
2.1.2 生物电现象的产生机制	20
2.1.3 动作电位的引起和它在同一细胞的传导	22
2.2 容积导体电场	24
2.3 生物医学电极的基本概念	25
2.3.1 半电池电位的形成	26
2.3.2 电极电位的确定	26
2.3.3 液体接界电位	28
2.4 体表电极	29
2.4.1 金属板电极	29
2.4.2 吸附电极	30
2.4.3 悬浮电极	31
2.4.4 柔性电极	32

2.4.5	干电极	33
2.4.6	胶原电极	34
2.5	体内电极	35
2.6	微电极	38
2.6.1	金属微电极	38
2.6.2	玻璃微电极	39
2.6.3	微电极的等效电路	40
2.7	医学检验用电极	41
2.7.1	活度与活度系数	42
2.7.2	氢电极	42
2.7.3	参比电极	43
2.7.4	玻璃膜电极	44
2.7.5	氯离子选择电极	45
2.7.6	氧分压电极	45
2.7.7	二氧化碳电极	47
第3章	医用传感器	49
3.1	概述	49
3.1.1	医用传感器的定义	49
3.1.2	医用传感器的组成和分类	50
3.1.3	医用传感器的发展	50
3.2	变电阻传感器	52
3.2.1	电阻应变式传感器	52
3.2.2	压阻传感器	56
3.3	电容式传感器	61
3.3.1	电容式传感器的工作原理	61
3.3.2	电容式传感器测量电路	68
3.4	变电感式传感器	71
3.4.1	工作原理	71
3.4.2	测量电路	76
3.5	电动式传感器	76
3.5.1	工作原理	77
3.5.2	电磁血流量计	77
3.6	压电传感器	78
3.6.1	压电效应	78
3.6.2	压电材料的形变模式	79
3.6.3	工作原理	79
3.6.4	等效电路和测量电路	81
3.6.5	压电元件的组合——压电双叠片	82

3.6.6 医学应用实例	83
3.7 热敏传感器	83
3.7.1 金属热电偶传感器	83
3.7.2 P-N 结二极管和集成电路温度计	85
3.7.3 热释电传感器	88
3.7.4 石英谐振器温度传感器	89
3.8 光敏传感器	90
3.8.1 光电倍增管	90
3.8.2 光电导元件(光敏电阻器)	90
3.8.3 光生伏特元件(光电池)	92
3.8.4 光敏管	95
3.8.5 光敏传感器的光谱特性	97
3.8.6 光导纤维传感器	98
第 4 章 生物电信号的放大和处理	100
4.1 测量电桥	100
4.1.1 直流电桥	100
4.1.2 交流电桥	102
4.1.3 应用平衡电桥测量电阻、电感和电容	105
4.1.4 应用不平衡电桥测量	107
4.2 生物电放大器的基本要求	112
4.3 生物电放大器的常用电路	113
4.3.1 理想运算放大器	113
4.3.2 反相输入放大器	114
4.3.3 同相输入放大器	115
4.3.4 差动输入放大器	115
4.3.5 电桥放大器	118
4.3.6 光耦合放大器	119
4.3.7 斩波放大器	119
4.3.8 微电极放大器	120
4.4 生物电信号处理的常用电路	121
4.4.1 信号运算电路	121
4.4.2 信号转换电路	125
第 5 章 血压的测量	127
5.1 血压的测量概述	127
5.1.1 心血管系统	129
5.1.2 血压测量技术发展简史	131
5.2 直接式血压测量法	133

5.2.1	充液导管式血压传感器系统	133
5.2.2	导管尖端式血压传感器系统	135
5.2.3	埋藏式血压传感器系统	138
5.2.4	血流动能和势能对血压测量结果的影响	139
5.3	间接式血压测量法	140
5.3.1	无创血压测量技术分析	140
5.3.2	国内外现状及最新进展	142
5.3.3	血管音法测量原理和系统的组成	143
5.3.4	基于示波法的无创血压测量	146
5.3.5	脉波法	150
5.3.6	超声法	151
5.3.7	无创连续测压法	152
第6章	温度测量	154
6.1	温度测量概述	154
6.1.1	体温的分类	154
6.1.2	体温的测量方法	155
6.2	液体膨胀式体温计	156
6.3	热电偶式温度变换器	157
6.3.1	热电效应	157
6.3.2	热电偶的电极材料	159
6.3.3	热电偶的制作及热电偶温度变换器结构	160
6.3.4	热电偶参考端的温度补偿	161
6.4	金属丝热电阻温度变换器	163
6.4.1	金属丝热电阻的基本特性	163
6.4.2	金属丝热电阻温度变换器的结构及基本测量线路	165
6.5	半导体热敏电阻温度变换器	166
6.5.1	半导体热敏电阻的基本参数及基本特性	167
6.5.2	半导体热敏电阻的结构	171
6.5.3	半导体热敏电阻测温的基本线路	172
6.6	液晶温度计	175
6.6.1	液晶概述	175
6.6.2	液晶测温的作用原理	176
6.6.3	液晶体温计	177
6.7	红外线热成像测温	180
6.7.1	红外热成像的基本原理	180
6.7.2	红外热成像仪的基本组成	181

第 7 章 呼吸测量	186
7.1 概述	186
7.2 呼吸运动过程	187
7.3 呼吸系统通气功能测量	188
7.3.1 呼吸测量的主要参数	188
7.3.2 呼吸测量的主要方法	192
7.4 呼吸频率测量	193
7.4.1 热敏电阻式呼吸率传感器.....	193
7.4.2 应变式呼吸传感器	194
7.4.3 阻抗式呼吸频率传感器	195
7.4.4 变压器式婴儿呼吸监视器.....	196
7.5 肺活量测量	197
7.5.1 湿式气量计	197
7.5.2 钟罩式呼吸代谢率测定器.....	198
7.6 肺顺应性测量	199
7.6.1 肺顺应性测量系统	199
7.6.2 肺顺应性的计算	199
7.7 应变计式呼吸传感器	200
7.7.1 应变计式呼吸传感器结构和工作原理	200
7.7.2 应变计式呼吸传感器测量线路	202
7.8 叶轮式和涡轮式呼吸传感器	203
7.8.1 叶轮式呼吸传感器	203
7.8.2 涡轮式呼吸传感器	204
7.8.3 便携式叶轮呼吸计	205
7.9 压差式呼吸传感器	206
7.9.1 层流元件式流量变换器	206
7.9.2 电容式和差动变压器式压差变换器	208
7.9.3 阻挡块式压差呼吸传感器.....	209
7.10 热式呼吸传感器.....	210
7.10.1 热管式呼吸流量传感器	211
7.10.2 热丝式呼吸流量传感器	212
7.10.3 热线式呼吸流量传感器	213
第 8 章 心血管系统参数的测量	215
8.1 心血管系统参数的测量概述	215
8.1.1 血管中的血流	217
8.1.2 组织中的血流	218
8.2 电磁法血流测量	219
8.2.1 电磁法血流测量的基本原理	220

8.2.2	电磁流量计的组成和工作原理	221
8.2.3	插入式电磁流量测量探头	224
8.3	超声多普勒法血流测量	225
8.3.1	超声波的发生及其主要特点	225
8.3.2	超声多普勒效应	226
8.3.3	超声多普勒法测定血流的基本原理	228
8.3.4	超声多普勒血流测试仪的基本组成和分类	230
8.3.5	脉冲波式超声多普勒流量测试仪的工作原理	231
8.3.6	超声多普勒换能器	238
8.3.7	激光多普勒流量计	241
8.4	费克氏法、指示剂稀释法和容积法测血流量	242
8.4.1	费克氏原理法	242
8.4.2	指示剂稀释法	245
8.4.3	容积法	252
8.5	脉搏波和心音概述	254
8.6	脉搏波传感器	255
8.6.1	液体传导式脉搏波传感器	255
8.6.2	接触式脉搏波传感器	257
8.6.3	光电式脉搏波传感器	259
8.7	血氧饱和度测量	260
8.7.1	血氧饱和度检测的意义	260
8.7.2	血氧饱和度检测方法	261
8.7.3	血氧饱和度检测技术的发展	261
8.8	心音的测量	262
8.8.1	心内心音的测量传感器	262
8.8.2	心外心音的测量传感器	264
第9章	生物电测量	274
9.1	电偶和容积导体中的电位	274
9.1.1	电偶的形成	274
9.1.2	电偶在容积导体中产生的电位	274
9.2	心电图(ECG)	275
9.2.1	心脏的结构及其特殊传导系统	275
9.2.2	心肌的电生理特性	276
9.2.3	心肌细胞的电现象	277
9.2.4	心电图的产生及其波形	278
9.3	心电图机	281
9.3.1	概述	281
9.3.2	心电图机的主要技术要求	281

9.3.3 心电图机的总体组成及各部分作用原理	282
9.3.4 心电图机的干扰因素及抑制方法	292
9.4 心电向量图机	298
9.4.1 心电向量环及其投影	298
9.4.2 心电向量图机的组成和各部分作用原理	299
9.5 胎儿心电图机	301
9.6 心率计	302
9.6.1 平均心率计	302
9.6.2 瞬时心率计	303
9.7 脑电图(EEG)	304
9.7.1 脑电图的产生	304
9.7.2 正常脑电图	305
9.7.3 异常脑电图	306
9.8 脑电图机	306
9.8.1 概述	306
9.8.2 脑电图的导联	307
9.8.3 脑电图机的组成及各部件的作用原理	308
9.9 肌电图(EMG)	310
9.9.1 肌电图的产生	310
9.9.2 肌电图的记录方式	311
9.10 肌电图机	311
9.10.1 概述	311
9.10.2 肌电图机的组成	312
9.11 视网膜电图(ERG)和眼电图(EOG)	313
9.11.1 眼睛的解剖	313
9.11.2 眼的电生理特性	314
9.11.3 视网膜电位的容积导体	315
9.11.4 眼电图	315
9.12 视网膜电图机	316
9.12.1 概述	316
9.12.2 视网膜电图机的组成	316
参考文献	318

第 1 章

生物医学检测系统的基本概念

生物医学检测在临床应用、运动医学、生理医学研究等诸多领域中起着十分重要的作用。随着科学技术的快速发展,涌现出大量、新颖的检测技术和检测设备(如生物医学信息、医学影像技术、基因芯片、纳米技术、新材料等)。

生物医学检测技术是运用工程的方法去测量生物体的形态、生理机能及其他状态变化的生理参数。人体的主要生理参数包括血压、体温、呼吸、心音和血流量等。在这些有生命的有机体内可以找到电、声、光、磁、热、水力、空气、化学、机械以及其他许多种系统,而这些系统之间又互相作用和制约。人体内还包含一台高效的“计算机”、若干交换系统和各种控制系统(如脑、中枢神经系统)。在用生物医学检测技术进行生命体测量时会遇到很多问题。由于生物信号种类繁多,信号的强弱不一(有些生物电信号非常微弱,比如神经放电,其信号强度为微伏级,如果不进行信号的前置放大,根本无法观察),频率混叠(由于在生物信号中夹杂有众多声、光、电等干扰信号),因此信号采集前往往需要进行放大和滤波处理。其次是,生命体之间存在高度的相关性(当测量两个变量时,往往无法确定哪个是自变量)。重复地将一组输入信号作用于生命系统,系统输出的并不是唯一的数值,而是一簇广范围的响应集,有时甚至是完全随机和互不相关的。有时所用的检测装置本身也会改变生命体的正常生理状态。再次是,有很多重要的生理参数对测量装置是不容易接近的。此外,对生命体进行检测必须确保人身安全。

由于检测系统与被检测生物体之间存在复杂的相互作用,因此为了从人体取得可靠数据,必须同时考虑人体的内部特性,把人和检测系统结合在一起考虑。

1.1 生物医学检测系统的组成

生物医学检测设备能帮助医生诊断疾病,也广泛用于常规体检中。可评定身体健康状况,还可以用于病人的手术监护或重病病人的监护。

1. 生物医学检测仪器的分类

1) 临床用检测仪器。用于疾病的诊断、监护。要求便于医务人员操作、使用,结构牢固可靠。

2) 医学研究用检测仪器。用于病理研究、医学实验等,要求较高的精度、分辨率。

有些仪器是介于二者之间,既可用于临床诊断及治疗,又可用于基础医学研究。

2. 生物医学检测系统的分类

1) 活体测量(in vivo)

活体测量是人体处于机能状态下的临床检查或对机体的结构与功能状态进行的测量,

如心电图测量、血压测试等。按照测量系统是否侵入机体内部,活体测量又可分为无创测量和有创测量两类,如有创血压测量和无创血压测量。

2) 离体测量(in vitro)

离体测量是对离体的体液、尿、血、活体组织和病理标本之类的生物样品进行的测量。

离体测量具有检测条件稳定性和准确度高的特点,已广泛用于病理检查和生化分析中。

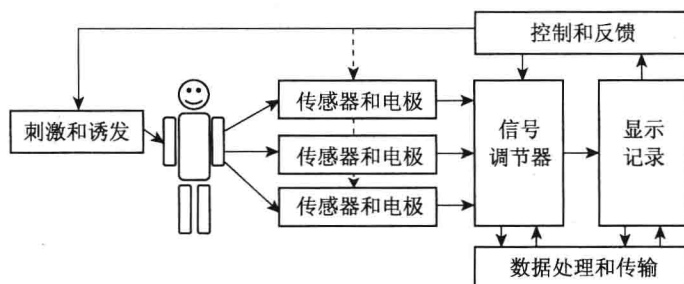


图 1-1 以人体为被测对象的方框图

3. 生物医学检测系统的内容

生物医学检测系统包括信息的检测(采集)、传播、存储、加工处理和监视读出。图1-1是以人体为被测对象的方框图,这个系统的基本部件和任何其他检测系统本质上是相同的,区别仅在于被测对象的不同。

1) 被测对象是人体的生理系统:它提供了检测系统要测量的各种生理的物理量。医学上主要测量的有生物电位、压力、流量、位移、速度、温度、化学浓度、阻抗等。

2) 刺激和诱发:在许多医学测量中要求外加某种形式的外部刺激,人体生理系统应做出反应。如可以敲打跟腱,可以刺激视觉(如闪光)、听觉(如声音)、触觉,也可以是神经系统某些部位的电刺激。

3) 传感器与电极:传感器把来自生物体的能或信息转换成电的形式。生物医学电极是直接感知人体生物电位的元件,这是系统信息采集部分。

4) 信号处理:采集到已转换成电信号的信息进行放大整理或做其他变换(如模数转化等),以满足系统的功能需要。

5) 生物信息的记录与显示设备:其作用是将处理后的生物信息变为可供人们直接观察的形式。医学仪器对记录显示设备的要求是记录显示的效果明显、清晰,便于观察和分析,正确反映输入信号的变化情况,故障少,寿命长,与其他部分有较好的匹配连接。

记录与显示设备按其工作原理不同,可以分为:

(1) 直接描记式记录器

它主要用来记录各种生理参数随时间变化的模拟量,可分为描笔偏转式和自动平衡式两种类型。

描笔偏转式记录器结构简单、成本低,在心电图机、脑电图机及心音图机中得到广泛使用。永久磁铁形成固定磁场,磁场内放置有上下轴支撑的线圈。当有信号电流流过线圈时,线圈受到电磁力矩作用而偏转,并带动与它同轴连接的描笔发生偏转,在记录纸上描出波形图。螺旋形弹簧亦称盘香弹簧,其作用是形成与使线圈偏转的电磁力矩相反的力矩,维持描

笔平稳地描记下各种波形。

自动平衡式记录器结构复杂,频响范围窄。其优点是记录幅度大、精度高,可与计算机连接。一般用于记录体温、血压、脉搏等监护仪器上。它可分为电桥式、电位差式和 X-Y 记录仪三种类型。其描笔的移动距离亦正比于记录信号的大小。

直接描记式记录器在记录时,都是记录纸在描笔下做匀速直线运动,因此都配有记录纸传动装置。另外,描记笔分为墨水笔和热笔两种。热笔是利用笔心发热,在热笔与记录纸接触处熔掉记录纸面膜,露出记录纸的黑底色,形成波形曲线图。

(2) 数字式显示器

显示器接收信号处理后的信息以操作人员所能感知到的形式显示结果。显示形式可以是数字的或图像的,可以是连续的或离散的。多数是依靠使用者的视觉,但也有采用听觉感知的办法。数字式显示器是一种将信号以数字形式显示供观察的器件,一般由计数器、译码器、驱动器和数码管(显示器)等组成。其中显示器分为荧光数码管和液晶显示器两种。

6) 数据处理和传输:从人体采得的信息具有信号很弱、各种干扰很大、信噪比低的特点。数据处理遵循统计规律,需要用各种统计分析方法,对信号进行叠加、频谱分析、直方图等相关处理。数据传输是实现异地诊断的前提,处理后的检测结果可通过医院的 HIS、RIS、LIS 等系统传输到门诊科室或病房,实现实时诊断,从而提升医院效率。也可通过互联网实现异地院际会诊,从而减少患者转院后的重复检查,节约医疗成本。

7) 控制和反馈:把部分输出信号反馈到输入部分,以使系统按某一方式工作。

典型生物医学检测系统的组成框图如图 1-2 所示。

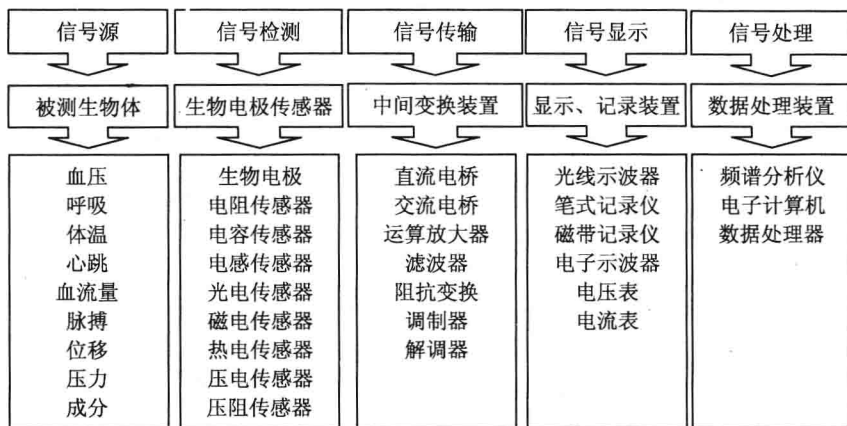


图 1-2 生物医学检测系统组成框图

1.2 生物医学检测系统的特殊性

生物医学测量的主要目的是获得与临床诊断和治疗有关的人体生理参数。医学测量与普通物理参数测量相比,在于测量对象不同。普通物理测量的被测对象是物(如设备、机器、化学物品、工程系统、环境等),而医学测量的对象是人体复杂的生理系统。人体的特殊性使医学测量遇到一些特殊问题,这些特殊性主要可归纳如下。

1.2.1 被测值难以获得

对生命系统测量时,遇到的最大困难是难以获得被测值。例如,要测量脑内神经化学动态活动,就不可能放置一个合适的传感器至待测部位,有时甚至对动物测量也无法做到。有些被测部位即使容许放置传感器,但由于传感器实际尺寸太大而无法安置。例如,一个体积较大的流量传感器放置在血管里测量血流,会部分地阻塞血管,引起被测量特性改变而影响结果。

为了解决被测量不可接近的困难,必须采用间接测量。其方法是直接测量在某些条件下与被测量相关的另一个量。例如,心输出量明显的是个不可接近的重要变量,它可用阻抗法或染料稀释法间接测出阻抗或染料浓度的变化,从而推算出心输出量大小。

采用间接测量方法须注意,在测量过程中应保持两个变量之间关系不变,并且应在两者关系失效时及时对测量结果加以修正。

1.2.2 数据的易变性

从人体测得的量是易变的,即使所有可控制的因素都固定,但大多数被测参数还是随时间变化的,每次测量会有不同结果。在完全相同的条件下,各次测量结果与正常值总会有偏差。这种内在变化性已经在分子、器官直至整个身体的测量中被证实。人体个体的差别相当大,除了外部形态不同外,他们的内部组织也存在着许多差异。因此,生理量不能认为是严格的定值,而应该用统计或概率分布的方式来处理。

1.2.3 生理系统间的相互作用

人体各生理系统之间存在复杂的相互作用和大量反馈环路。如对某系统中一部分进行刺激,结果该系统的其他部分乃至其他系统也会有反应。甚至当打开反馈回路时,会出现旁系环路,而原始反馈环路的某些性质依然存在,使因果关系很难分清。如果能了解一些生理系统之间的相互关系,则有利于做好生物医学测量系统和生理学系统之间的结合工作。

1.2.4 传感器对测量状态的影响

由于传感器的存在,使任何形式的测量几乎都受到不同程度的影响,很多情况下传感器的存在显著地改变了测量读数,例如,把流量传感器放在血流中局部堵塞血管并改变系统压力。传感器对活体测量的影响尤为明显,例如,在测量单细胞内的电化学电位时,需要微电极刺入细胞,这就很容易杀死细胞或使它损伤。此外,在一个系统中的传感器也会影响另外一个系统的测量,例如,在估计血液循环时,冷却局部皮肤引起的反馈会改变血液循环模式。因此在设计生物医学测量系统时,必须尽力做到使测量装置的影响减到最小。

1.2.5 能量的限制

生物医学测量,一种是依靠被测活体本身发出的能量,如生物电位测量;另一种是利用传感器工作时产生的能量作用于被测活体,例如,阻抗容积图测量,需要电流作用于被测组织和血液。X射线和超声成像技术以及电磁式和多普勒血流仪,都是利用外加能量与人体组织相互作用。当电流流过人体组织时会产生热量,而对组织加热是一种必须加以限制的现象,因为即使是一些可逆的生理变化也会影响测量值。多数情况下,这部分热量很小,不

产生显著的影响。但在处理活体细胞时,必须注意避免因长时间的能量集中引起细胞破坏。

此外,因为生理参数在人体内可用的能量有限,所以在设计时应尽量避免生物医学测量系统成为被测信号源的负载。

1.2.6 伪迹和干扰

在医学和生物学上,被测信号以外的任何信号成分称为伪迹。生物医学测量系统中引起伪迹的一个重要原因,是被测对象的移动而导致测量仪器移动。很多传感器对移动敏感,因此对象的移动往往产生输出信号变化。有时,这些因移动所产生的变化很难同被测信号区分开,并足以模糊被测信号。对活体施行麻醉可减轻移动,但麻醉却又会引起活体本身参数的改变。

此外,测量仪器本机噪声、人体感应的交流干扰等均需采取有效抑制措施。因为人体电信号十分微弱,信号频率又很低,所以对医学仪器漂移特性的要求也是很严格的。

1.2.7 安全性

在医学测量过程中,必须保证不危及人体生命和损害正常功能。特别是含有电源时,不容许轻易地试验尚不可靠的测量方法。对生物医学测量系统的设计要特别重视安全可靠,在即使测量系统失效时也应保证人体的安全。同时,在生物医学测量中,应不使被测者太疼痛、外伤或不舒服。随着医学工程技术日益发展,创伤性测量系统已逐渐被非创伤性系统代替。

除了电气安全以外,设计医学仪器时还要考虑辐射、化学腐蚀、毒物、有害气体、交叉感染等因素。

1.3 生物医学测量范围

为了正确地选择和使用医用检测仪器,使用前应该清楚了解待测参数的指标范围。表1-1列出了常用的生理参数的测量范围。需要说明的是这些指标在不同资料上的报道不尽一致。测量目的不同,或被测试者处于不同状态,则对同一生理指标所要求的范围也不相同,因此表中数据仅作参考。

表 1-1 常用的生理参数的测量范围

参 数		幅度范围	频率范围(Hz)
心电	皮肤电极	10 μ V ~ 5 mV(典型值 1 mV)	0.05~80
	心脏电极	(典型值 50 mV)	0.05~80
	胎儿心电电极	(典型值 10 μ V)	2~100
脑电	头皮电极	10~200 μ V(典型值 50 μ V)	0.5~100
	颅内电极	10~100 mV(典型值 50 μ V)	0.5~100
肌肉电位		20 μ V~1 mV	10~5 000(或 10~2 500)

续表

参 数		幅度范围	频率范围(Hz)
细胞内电位		$-100 \sim +200 \mu\text{V}$ (典型值 $100 \mu\text{V}$)	DC $\sim$ 2 000 (或 $1 \sim 2\,000$)
细胞外电位		(典型值 $50 \mu\text{V}$)	DC $\sim$ 1 000 (或 $1 \sim 1\,000$)
视网膜电位		$0 \sim 1 \text{ mV}$ (典型值 $100 \mu\text{V}$)	DC $\sim$ 25 (或 $0.05 \sim 20$)
眼电位		$0.05 \sim 5 \text{ mV}$ (典型值 $100 \mu\text{V}$)	DC $\sim$ 20
胃电位		(典型值 20 mV)	$0.05 \sim 20$
平滑肌电位		$0.5 \sim 100 \text{ mV}$	DC $\sim$ 1
血压	动脉(直接式)	$30 \sim 300 \text{ mmHg}$	DC $\sim$ 100 (或 DC $\sim$ 20)
	静脉(直接式)	$-10 \sim 20 \text{ mmHg}$	DC $\sim$ 20
	收缩压(间接式)	$50 \sim 30 \text{ mmHg}$	—
	舒张压(间接式)	$20 \sim 100 \text{ mmHg}$	—
脉搏波		可变	$0.1 \sim 20$ (或 $0.1 \sim 50$)
心音		可变	$2 \sim 300$ (或 $2 \sim 2\,000$)
容积		可变	DC $\sim$ 30
心脉动		可变	$0.05 \sim 30$ (或 DC $\sim$ 40)
心输出量		$3 \sim 10 \text{ L/min}$	$0.05 \sim 60$ (或 DC $\sim$ 60)
心率		$45 \sim 180 \text{ 次/min}$	$0.75 \sim 3$
主动脉血流速度		$18 \sim 22 \text{ cm/s}$	—
血流量		$0.05 \sim 200 \text{ mL/s}$	DC $\sim$ 300
毛细血管血流速度		$0.2 \sim 0.7 \text{ mm/s}$	—
呼吸流量		$250 \sim 300 \text{ mL/s}$ (峰值 300 mL/s)	—
呼吸频率		$0.2 \sim 0.4 \text{ 次/s}$	$0.2 \sim 0.4$
潮气容积		$400 \sim 600 \text{ mL/次}$	—
声音		可变	—
柯氏音		可变	—
皮肤电阻		$1 \sim 500 \text{ k}\Omega$	—
人体电阻		$100 \sim 2\,000 \Omega$	—
体温	体温测量范围	$35^\circ\text{C} \sim 42^\circ\text{C}$	—
	口腔	$36.7^\circ\text{C} \sim 37.4^\circ\text{C}$ (正常值)	—
	腋窝	$36^\circ\text{C} \sim 37.4^\circ\text{C}$ (正常值)	—
	直肠	$36.9^\circ\text{C} \sim 37.9^\circ\text{C}$ (正常值)	—