



生物反馈技术及应用

胡 斌 王锐当◎编著

TECHNOLOGY AND APPLICATION
OF BIOFEEDBACK



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

生物反馈技术及应用

胡 斌 王锐当 编著

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

生物反馈技术及应用/胡斌, 王锐当编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2020. 7

ISBN 978 - 7 - 5682 - 8656 - 5

I. ①生… II. ①胡… ②王… III. ①行为疗法 - 教材 IV. ①R749.055

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 116257 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 17.25

彩 插 / 4

字 数 / 384 千字

版 次 / 2020 年 7 月第 1 版 2020 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 92.00 元

责任编辑 / 王佳蕾

文案编辑 / 朱 言

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

序 言

神经精神疾病已成为威胁人类健康的首要因素，是严重的公共卫生和社会问题。最新全国流行病学调查显示，我国成年人群中精神疾病和物质成瘾的终生患病率约为 16.6%，占中国疾病总负担的第二位。加强脑功能研究，发现神经精神疾病和相关疾病的发病机制及新型诊疗手段是实现国家全民健康这一重大战略需求的重要途径。

近年来，随着脑成像等技术的应用，人们在脑工作机制研究和脑重大疾病防治等方面取得了长足进步。但是，神经精神疾病和相关脑科学研究仍面临严峻的挑战，亟须建立针对脑疾病预测和诊断的精准模型，开发脑科学研究的新工具，研制治疗脑疾病的新药，研发适合国人的生物医疗产品等。加强精神疾病的防治是多方位的，不仅需要关注新药研制，生物反馈治疗、认知行为治疗等被临床证明安全有效的辅助疗法也更加需要重视，建立相应的指南和规范，推动其发展。

生物反馈在一些神经精神疾病的治疗中已经取得了很好的效果，我们需要推动此类生物医疗产品的开发，开展相关临床研究，使其能推广应用，普惠更多民众。关于生物反馈行业的发展，我有如下建议：

- 加快生物反馈从业人员执业标准、培训和认证体系的建立，规范行业发展，保证服务质量。
- 建立中国人的脑电数据库。应在采集规范、数据共享和数据安全等方面统一规划和制定标准，实现多中心协作。数据库将为发现不同疾病的神经标志物和实现神经反馈提供科学依据。
- 用科技手段来改善目前生物反馈的服务模式。利用远程医疗技术，由专业医院和科室提供医疗方案、数据分析和技术培训，在基层医院开展使用和测试，推广生物反馈的应用，让它服务于更多民众。
- 未来要发展可穿戴式、智能化的生物反馈系统，实现远程的、随时随地的训练，降

低治疗成本。

2019年7月，中国医学救援协会神经生物反馈治疗与干预分会成立。作为国内第一个专门致力于生物反馈研究和应用的专业组织，希望它在相关人才的培养和认证，生物反馈治疗规范的建立、推广和应用，多学科人员的交流合作等方面发挥重要作用。胡斌教授作为该分会的首任会长，近年来在生物反馈系统的开发等方面进行了开创性的研究，并将心理生理推理应用于心理及精神障碍的诊断，为精神心理疾病的临床诊疗做出了积极贡献。

本书记录了国内外在生物反馈方面的最新进展，除了介绍生物反馈的基本理论，还对各类疾病的训练方案进行了汇总，并用治疗案例进行了详细的说明。这些将帮助医生，尤其是精神科医生、心理咨询师及其他相关人员理解生物反馈，参与到生物反馈治疗的推广实施工作中来。



中国科学院院士
北京大学第六医院院长
2019年10月

前 言

在我们进行抑郁症项目的研究中，亲身体会到精神病患者对于新疗法的渴望、医院对生物反馈系统的需要，以及生物反馈专业人员的缺乏。

生物反馈是传感器技术、计算机技术、医学、心理学、精神病学的交叉学科，生物反馈专业人员需要特殊的技能和培养方式。缺乏专业人员已经制约了生物反馈在中国的发展。

生物反馈在欧美已成为医疗体系的一部分，生物反馈治疗师的培训和认证已经正规化。在此背景下，我们发起和成立了中国医学救援协会神经生物反馈治疗与干预分会，此分会将成为培养中国生物反馈治疗师以及相关专业人士交流的平台。我们也需要一本书，将生物反馈的最新研究成果和实践介绍给未来的生物反馈治疗师和训练师们。

本书的目标读者是对生物反馈感兴趣的医生、精神科医生、心理及教育界的人士，以及生物反馈系统的研发人员等。我们的目标是：①让读者对生物反馈有整体了解，包括原理、系统、训练方法、流程等；②让读者具体了解生物反馈如何干预某一种疾病，包括原理、训练方案、效果、案例等。

在本书的编写上，我们遵循了下面的原则。

新：近 20 年来生物反馈在治疗精神疾病方面的发展迅速，包括多动症、抑郁、焦虑障碍、自闭症谱系障碍等。在书中我们介绍了国际和国内的新研究报告及实践。

实用：本书不仅介绍了生物反馈的理论，还介绍了国内外的生物反馈系统。对于生物反馈应用的领域，不仅包括各种疾病，还包括面向健康群体的训练。对于每一应用领域，不仅列出了理论基础、训练方法，还给出了具体的干预案例。

重点突出：本书侧重于生物反馈对情绪障碍方面的干预。在生物反馈方法方面，我们着重于神经反馈（脑电波生物反馈）、HRV 训练和肌电生物反馈，因为这几种反馈信号复杂且应用面广。

本书内容既包括作者近些年关于心理生理计算的研究成果，又融入了生物反馈治疗的实

践经验（锐脑中心）。由于我们研究和实践的局限性，并且生物反馈又内容庞杂，发展迅速，错误和不足之处敬请读者批评指正。

在本书的编写过程中，我们团队的研究人员和工作人员在最新研究报告的翻译和整理、插图绘制等方面进行了很多工作，在此表示感谢。北京理工大学出版社的编辑们在本书的排版、校对方面进行了大量工作。我们的研究和治疗工作繁重，本书的编写占用了很多的业余时间，在此感谢家人和朋友们的理解和支持。最后，感谢我国精神健康领域的唯一院士——陆林院士对本书出版的支持，并为本书作序。

编著者
2019年10月

目 录

第 1 章 生物反馈的历史和现状	1
1.1 生物反馈的发展历史	1
1.1.1 控制理论	1
1.1.2 操作性条件反射和经典条件反射	2
1.1.3 Biofeedback 一词的提出——生物信号的自主控制	2
1.1.4 生物反馈研究的初尝试	2
1.1.5 脑电生物反馈	3
1.1.6 生物反馈的应用	5
1.2 什么是生物反馈	5
1.3 生物反馈的应用发展	6
1.3.1 生物反馈发展的技术因素	6
1.3.2 生物反馈发展的文化因素	6
1.3.3 生物反馈的广泛应用	7
本章小结	11
参考文献	11
第 2 章 生物反馈系统	13
2.1 概述	13
2.2 人体生物信号的采集	14
2.3 从生物信号到反馈控制参数	18
2.4 反馈控制参数的可视化	19
2.5 流行的生物反馈系统	19

2.5.1 医用生物反馈系统	19
2.5.2 非医疗系统	22
2.6 如何选择生物反馈系统	22
2.6.1 要做基于哪些生物信号的反馈	23
2.6.2 是否需要医疗设备资质	23
2.6.3 医疗设备厂商的历史和信誉	23
2.6.4 医疗设备及系统是否被广泛使用	23
2.6.5 培训、及时的技术支持及备用医疗设备方案	24
2.6.6 反馈方式的多样性和可扩展性	24
本章小结	24
参考文献	24

第3章 人体生物信号和生理心理状态	25
3.1 表面肌电信号	25
3.1.1 生理机制	26
3.1.2 测量机制	26
3.1.3 SEMG 信号的分析	27
3.1.4 应用	28
3.2 皮肤导电性和皮肤电阻	29
3.2.1 生理机制	29
3.2.2 测量机制	29
3.2.3 信号处理	30
3.2.4 应用	30
3.3 皮肤温度	31
3.3.1 生理机制	31
3.3.2 测量机制	31
3.3.3 信号处理	32
3.3.4 应用	32
3.4 心电图	32
3.4.1 生理机制	32
3.4.2 测量机制	34
3.4.3 信号处理	34
3.4.4 应用	35
3.5 脑血管造影	35
3.5.1 被动红外脑血管造影	35
3.5.2 近红外脑血流造影	36
3.5.3 应用	36

3.6	呼吸带	36
3.7	光体积描记图	37
3.7.1	测量机制	37
3.7.2	应用	38
3.8	二氧化碳检测仪	38
3.9	脑流造影	39
	本章小结	39
	参考文献	39
第4章	脑电波及脑电波分析	41
4.1	脑和大脑皮层	41
4.1.1	大脑皮层的分区	42
4.1.2	布罗德曼脑分区	42
4.2	脑电波的生理基础	44
4.3	脑电波的测量	45
4.3.1	10-20系统	46
4.3.2	操作步骤	46
4.3.3	操作规范	51
4.4	脑电波的分析	53
4.4.1	波形模式识别和分析	53
4.4.2	量化脑电波分析的一般方法	54
4.4.3	ERP分析	62
4.4.4	量化脑电波分析	63
4.4.5	量化脑电波数据库	63
4.5	脑电波和生理心理状态	65
4.5.1	频率和生理心理状态	65
4.5.2	脑电波的人为影响	66
4.5.3	ERP和脑功能系统	68
4.5.4	慢皮质电位	69
	本章小结	70
	参考文献	71
第5章	神经反馈的方法和流派	73
5.1	神经反馈的演变	73
5.2	神经反馈的理论基础	74
5.3	神经反馈的训练方法	75
5.3.1	基于不同频段的训练	75

5.3.2	深度放松状态或催眠训练	76
5.3.3	基于相位的训练 (交叉频率耦合)	76
5.3.4	慢皮质电位	77
5.3.5	基于规范数据的训练	78
5.3.6	IFL Othmer 方法	79
5.3.7	NeurOptimal 方法	79
5.4	神经反馈的广义定义	80
5.4.1	实时 fMRI (rtfMRI) 反馈	80
5.4.2	结合 EEG 和实时 fMRI 的反馈训练	83
5.4.3	HEG 反馈	83
5.4.4	MEG 反馈训练	85
	本章小结	85
	参考文献	86
第 6 章	心率变异性	87
6.1	概述	87
6.2	HRV 的测量	88
6.3	HRV 的分析和参数	88
6.3.1	时域分析	88
6.3.2	频域分析	89
6.4	HRV 和生理心理状态	89
6.4.1	自主神经系统	90
6.4.2	压力	90
6.5	心率变异性的应用	90
6.5.1	HRV 频谱分析辅助诊断和预测健康状态	91
6.5.2	HRV 反馈训练	92
6.5.3	HRV 共振呼吸反馈	92
6.6	HRV 训练的广泛应用	93
	本章小结	95
	参考文献	95
第 7 章	肌电生物反馈、皮肤导电性反馈和呼吸反馈	97
7.1	SEMG 的测量	97
7.1.1	测量系统	97
7.1.2	皮肤的准备	98
7.1.3	电极的放置	98
7.1.4	测量的位置	99

7.1.5 阻抗检测	99
7.2 SEMG 的信号	101
7.2.1 原始信号、时域信息和频域信息	101
7.2.2 SEMG 信号分析	102
7.3 SEMG 生物反馈	103
7.3.1 SEMG 分析	103
7.3.2 SEMG 反馈训练	103
7.3.3 各 SEMG 信号的独立反馈	105
7.3.4 SEMG 的组合反馈	105
7.3.5 在游戏中康复运动机能	105
7.3.6 SEMG 反馈用于健身	106
7.3.7 SEMG 和等速测力计等的结合	106
7.4 皮肤导电性（皮肤电阻）反馈	107
7.5 呼吸反馈	110
本章小结	112
参考文献	112
第 8 章 压力管理和放松训练	113
8.1 慢性压力是很多疾病的根源	113
8.1.1 压力的类型	113
8.1.2 身体对压力的反应	114
8.1.3 长期慢性压力对身体的影响	115
8.2 管理压力	116
8.2.1 自我压力应对理论	117
8.2.2 放松的技术	117
8.2.3 放松、冥想和正念	118
8.3 压力曲线/心理生理压力评估	121
8.3.1 心理生理压力评估的过程	121
8.3.2 压力评估的注意事项	123
8.4 生物反馈的广泛应用——放松训练	125
8.4.1 用于放松训练的生理指标	125
8.4.2 生物反馈放松训练	125
8.4.3 生物反馈暴露疗法	125
8.4.4 $\alpha - \theta$ 训练	126
8.4.5 Flow（流的状态）的训练	126
8.5 案例：生物反馈减少焦虑和不受控制的哭泣	127
8.5.1 病例	127

8.5.2	第一次会议	127
8.5.3	第二次会议	131
8.5.4	6周后的随访	133
8.5.5	总结	133
	本章小结	133
	参考文献	134
第9章	生物反馈的流程及规范	135
9.1	相关术语	135
9.2	生物反馈的流程	136
9.2.1	初次访谈（了解病历和背景信息）	136
9.2.2	测评分析并制定训练方案	137
9.2.3	执行训练	140
9.2.4	评估训练	142
9.2.5	结束训练	143
9.3	案例：用生物反馈来缓解癌症相关的疼痛	143
9.3.1	病例	144
9.3.2	测评	144
9.3.3	治疗过程	144
9.3.4	案例结论	145
	本章小结	146
	参考文献	146
第10章	ADHD	147
10.1	ADHD的特征	147
10.1.1	临床表现	148
10.1.2	ADHD的共病和发展	148
10.1.3	儿童ADHD的并症	149
10.1.4	ADHD治疗	151
10.2	ADHD的qEEG	153
10.2.1	类型I和类型II	153
10.2.2	类型III：在脑前区中间位置增加的 θ 波	154
10.2.3	类型IV：大脑皮层有过多的高频 β 波	154
10.2.4	类型V：大脑皮层有过多的 α 波（8~12Hz）	155
10.3	生物反馈治疗ADHD	156
10.3.1	基于频段的神经反馈训练	156
10.3.2	基于规范数据的训练	156

10.3.3	SCP 神经反馈训练	157
10.3.4	针对类型 IV 的生物反馈治疗	157
10.3.5	用 HEG 来增强前庭的执行力	157
10.3.6	SCP 神经反馈和 θ/β 训练的对比	158
10.3.7	组合训练	158
10.4	案例	158
10.4.1	背景信息	158
10.4.2	治疗目标	158
10.4.3	训练前的主客观评测	158
10.4.4	神经反馈训练	159
10.4.5	结论	161
	本章小结	162
	参考文献	162
第 11 章	抑郁症	163
11.1	抑郁症的特征	163
11.1.1	临床表现	163
11.1.2	治疗	165
11.2	抑郁症的 EEG 模式	166
11.2.1	闭眼的静息态脑电波对抑郁症的研究更有意义	166
11.2.2	抑郁症的 EEG 频率异质性	166
11.2.3	抑郁症的 EEG 空间异质性	166
11.2.4	抑郁症及其并症的异质性	168
11.3	生物反馈对抑郁症的干预	168
11.3.1	神经反馈训练减弱 α 波的百分比	168
11.3.2	神经反馈训练减弱 α 波的不对称性	168
11.3.3	神经反馈激活特定脑皮质层	169
11.3.4	HRV 训练	169
11.4	案例	169
11.4.1	病例	169
11.4.2	治疗过程及方法	169
11.4.3	结果	170
11.4.4	讨论	170
	本章小结	171
	参考文献	171

第 12 章 焦虑障碍	173
12.1 概述	173
12.1.1 焦虑障碍的特征	173
12.1.2 焦虑障碍的类型	174
12.1.3 焦虑障碍的治疗	176
12.2 焦虑障碍的生理特征	176
12.2.1 β 波活动较高	176
12.2.2 α 波不对称性	177
12.2.3 OCD 患者在左颞叶存在过多的 δ 波	177
12.2.4 焦虑障碍的其他生理指标	178
12.3 生物反馈治疗焦虑障碍	178
12.3.1 生物反馈放松疗法	178
12.3.2 α 、 α/θ 训练	178
12.3.3 α 波不对称性训练	179
12.3.4 神经反馈和外围生物反馈结合	179
12.3.5 生物反馈暴露疗法	179
12.4 案例	180
12.4.1 EMS 反馈治疗焦虑	180
12.4.2 神经反馈治疗焦虑	181
本章小结	183
参考文献	183
第 13 章 头痛和慢性疼痛	185
13.1 头痛	185
13.1.1 偏头痛	186
13.1.2 紧张性头痛	187
13.2 慢性疼痛	188
13.2.1 慢性疼痛的分类	188
13.2.2 治疗	188
13.3 生物反馈干预偏头痛、紧张性头痛和慢性疼痛	189
13.3.1 相关的脑电特征	189
13.3.2 脑波频率和慢性疼痛	190
13.3.3 人脑疼痛和感觉图谱	190
13.3.4 神经反馈治疗偏头痛	191
13.3.5 生物反馈放松治疗	191
13.4 案例	192
13.4.1 生物反馈治疗三叉神经痛	192

13.4.2 神经反馈和理疗结合治疗慢性疼痛	195
本章小结	198
参考文献	198
第 14 章 自闭症谱系障碍	201
14.1 概述	201
14.1.1 阿斯伯格综合征	202
14.1.2 自闭症的干预手段	203
14.2 自闭症的脑电特征及干预	203
14.3 支持神经反馈干预症状的理论	204
14.3.1 镜像神经元系统——Mu 节律	204
14.3.2 他人心理理论	205
14.3.3 较弱的中央连通性	205
14.3.4 执行功能弱化	206
14.3.5 多层迷走神经理论	206
14.4 文献和训练方案汇总	207
14.5 案例	208
14.5.1 背景	208
14.5.2 训练目标	208
14.5.3 训练前的评测	208
14.5.4 神经反馈训练前的适应期	209
14.5.5 神经反馈训练	209
14.5.6 训练后的评估	210
14.5.7 结论和讨论	210
本章小结	211
参考文献	211
第 15 章 认知障碍	213
15.1 学习障碍症	213
15.1.1 学习障碍的分类	214
15.1.2 改善学习困难的方法	215
15.2 认知障碍症	215
15.2.1 认知障碍的表现形式	215
15.2.2 认知功能的康复	216
15.3 认知障碍的生物反馈训练	217
15.3.1 θ/α 比率训练	217
15.3.2 增强 β 波和抑制 θ 波	218

15.3.3	增强 SMR 训练	218
15.3.4	生物反馈提供好的学习状态	218
15.3.5	神经反馈改善因癌症引起的疲惫和认知损害	218
15.3.6	神经反馈提高遗忘型轻度认知障碍和健康老年人的认知能力	219
15.3.7	神经反馈提高认知功能, 改善认知障碍	219
15.4	案例	221
15.4.1	症状	221
15.4.2	脑电波评测	221
15.4.3	训练	221
15.4.4	结果	221
	本章小结	222
	参考文献	222
第 16 章	卓越性能	225
16.1	生物反馈广泛应用于竞技体育	225
16.2	训练方法	226
16.2.1	辅助训练	226
16.2.2	快速恢复	226
16.2.3	降低竞争焦虑/压力	227
16.3	其他专业人士的生物反馈训练	228
16.4	案例	228
16.4.1	客户和目标	228
16.4.2	测评	228
16.4.3	训练	229
16.4.4	结果	229
	本章小结	229
	参考文献	229
第 17 章	生物反馈的其他应用	231
17.1	原发性高血压	231
17.1.1	生物反馈技术治疗高血压的机制	231
17.1.2	治疗方法	232
17.1.3	生物反馈治疗高血压疗效研究	233
17.1.4	经验和注意事项	233
17.2	泌尿外科疾病	234
17.2.1	生物反馈治疗急迫型和压力型尿失禁	234
17.2.2	生物反馈对前列腺术后尿失禁患者的治疗	235