

微动敏感床垫睡眠监测系统 检测睡眠呼吸事件的原理与判断规则

睡眠呼吸障碍检测技术研究与应用课题组
空军航空医学研究所



人民軍醫出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

國際社會對中國人權問題之關注 與國際人權標準在中國之實踐

國際社會對中國人權問題之關注
與國際人權標準在中國之實踐



微动敏感床垫睡眠监测系统

检测睡眠呼吸事件的原理与判断规则

睡眠呼吸障碍检测技术研究与应用课题组

空军航空医学研究所



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

微动敏感床垫睡眠监测系统检测睡眠呼吸事件的原理与判断规则/睡眠呼吸障碍检测技术研究与应用课题组编.

—北京:人民军医出版社, 2011.6

ISBN 978-7-5091-4639-2

I. ①微… II. ①睡… III. ①睡眠障碍—监测—研究 IV. ①R749.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 075152 号

策划编辑: 黄春霞 文字编辑: 郁 静 责任审读: 余满松

出版人: 石 虹

出版发行: 人民军医出版社

经 销: 新华书店

通信地址: 北京市 100036 信箱 188 分箱

邮 编: 100036

质量反馈电话: (010) 51927290; (010) 51927283

邮购电话: (010) 51927252

策划编辑电话: (010) 51927300-8718

网址: www.pmmp.com.cn

印、装: 三河市春园印刷有限公司

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 4 字数: 52 千字

版、印次: 2011 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 0001~3000

定价: 45.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书, 凡有缺、倒、脱页者, 本社负责调换

作者简介



睡眠呼吸障碍检测技术研究与应用课题组为空军航空医学研究所航空医学工程研究中心的科研团队，在俞梦孙院士的指导下，从 1996 年开始，从事低负荷睡眠监测的研究。特别是近 10 年来，课题组在需求的牵引下，一直致力于睡眠呼吸障碍检测技术的基础理论研究、设备的软硬件研发以及临床应用研究。

课题组成员有：指导老师俞梦孙院士（左四），组长杨军博士（右二），副组长张宏金研究员（左三）和曹征涛博士（右一），组员成奇明博士（右三）、吴锋博士（左二）、周玉彬博士（左一）和俞立工程师。

谨以此书献给为新医学模式的发展和壮大默默奋斗着的人们！

序

睡眠呼吸障碍疾病是临床上常见的多发病。作为一种严重危害人体健康的源头性疾病,可引发或加重高血压、冠心病、脑卒中、糖尿病等心血管疾病或多种慢性代谢性疾病。睡眠呼吸障碍疾病的诊断治疗研究已成为临床医学关注的热点领域。

诊断睡眠呼吸障碍疾病,除临床客观及专科相关检查外,确定诊断目前主要依靠睡眠监测实验室的多导监测技术检查。检查需要给患者连接多个导联电极,线路纵横,操作复杂,容易影响患者的自然睡眠,以致影响监测结果,其推广也受到一定影响。

面对众多的发病人群,临床上迫切需要一种简便易于操作、检测结果可靠、容易被患者接受的检测方法。针对临床迫切需求,我国生物医学工程创始人之一、中国工程院俞梦孙院士领导的课题组,在低负荷睡眠呼吸障碍检测领域进行了十多年的研究探索,发明并成功制造了可以临床实际应用的“床垫式睡眠呼吸障碍检测技术”,这是一种崭新的、具有独立知识产权的创新技术。

为更好的推广普及这项具有广泛应用前景的新技术,在俞梦孙院士组织下,《微动敏感床垫睡眠监测系统检测睡眠呼吸事件的原理与判断规则》手册即将面世。全册重点阐述了“床垫式睡眠呼吸障碍检测技术”的应用原理、基本操作方法以及检测结果分析等。作者以简洁的写作风格,配合数量可观的实图,详细说明了如何判断不同类型的睡眠呼吸事件,

并结合国内外流行诊断方法，提出了具有我国临床特点的睡眠呼吸障碍疾病临床诊断条例。“床垫式睡眠呼吸障碍检测技术”作为新的技术，广泛应用于推广将有利于推动我国睡眠呼吸障碍疾病诊断工作的健康发展。

虽然本人有些睡眠呼吸障碍临床诊断的经历，但在众多经验丰富及资深的专业同道面前，斗胆提笔作“序”，实有惶恐之感。具有自主知识产权的新技术问世，如若春风拂面，新颖清新，令人欣慰。本人责无旁贷，愿以此微薄之力尽推动睡眠医学研究蓬勃发展之意，迎来春暖花开，百花吐艳。

韩沐臣

庚寅年夏

前 言

睡眠呼吸障碍 (sleep-related breathing disorders, SBD) 患者睡眠中反复发生呼吸暂停 (apnea) 或呼吸低通气 (hypopnea), 或呼吸用力性短觉醒 (respiratory effort-related arousals, RERA), 并常伴有反复性低氧血症、高碳酸血症、交感活性增强、血压升高和短觉醒 (arousals) 等。它加重动脉硬化的形成, 对全身多器官、多系统的功能产生影响, 是高血压、心肌梗死、心脏猝死和脑卒中的重要独立危险因素。睡眠中频发的短觉醒使睡眠片断化, 导致患者白天嗜睡、认知功能降低、作业能力下降、作业中事故增多等。我国的阻塞性睡眠呼吸暂停-低通气综合征 (obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome, OSAHS) 数量惊人! 首都医科大学附属北京同仁医院耳鼻咽喉头颈外科主任叶京英教授报告, 北京地区社区 40 岁以上女性以呼吸暂停-低通气指数 (apnea-hypopnea index, AHI) 等于 / 大于 5 次 /h 为标准, OSAHS 的患病率是 41.4%。国内以 AHI 等于 / 大于 5 次 /h 且伴有白天嗜睡为诊断标准, 则患病率为 2% ~ 4%。按上述患病率推算, 在我国, 有世界上最大的 OSAHS 患者群, 其中有症状的患者就有数千万例, 而无症状的呼吸暂停患者则多达数亿人, 这些患者如得不到及时的检测诊断及预防治疗, 将严重损害健康, 并发大量的高血压病、中风、心肌梗死和猝死等严重并发症, 威胁患者的生命。OSAHS 在普通人群和我军指战员中的患病率都较高, 是我军指战员常见的病症之一, 飞行人员亦不例外。实际上, 这些患者的检测诊断率很低, 国外报道, 仅中、重度 OSAHS 患者中, 就

有 93% 的男性和 82% 的女性没得到诊断，因而没有得到及时的预防和治疗。形成此种局面的重要原因之一是目前的检测方法过于复杂繁琐。因此，研究开发准确、可靠、操作简便和易于推广的检测方法是使更多患者获得预防、诊断和治疗的重要途径之一。

目前，检测 OSAHS 的传统方法是多导睡眠图 (polysomnograph, PSG)，这类方法有以下几方面的问题：

(1) PSG 技术复杂，操作繁琐，仅传统的标准 PSG 检测，就需要同时给病人连接 2 路脑电、2 路眼动电、2 路呼吸，以及颞肌电、呼吸气流、心电和血氧等，检测时，需要给病人连接多达十几个电极，特别是在头面部安放的多个电极和连接多条导联线，对受检者的睡眠构成干扰，并且影响测量的准确性。

(2) PSG 对呼吸事件的检测普遍依靠温度传感器对气流的检测。但是，美国睡眠医学会 (American Academy of Sleep Medicine, AASM) 对温度传感器检测呼吸事件的可靠性评价不高。AASM 专题报道对温度传感器检测呼吸气流的评价是：“在实验室模型中已经显示热电偶和热敏电阻的信号与实际气流不成线性，普遍高估通气量，因此用温度传感器检测气流只能提供与呼吸振幅相关性不佳的定性信息，所以其信号的相对降低不能可靠地提示低通气的有无”^[1]，“由于信号的性质如此，任何对温度传感器的进一步研究都不太可能在准确性或精确性上得出可接受的数据^[1]。”因而，AASM 专题报道在对睡眠呼吸障碍推荐的呼吸测量方法进行分级时，把温度传感器列为“4 级，即应用此种方法没有确实根据^[1]。”可见，对 OSAHS 的检测技术方法仍须进一步研究。

(3) 传统 PSG 的另一个不足是它不能直接显示呼吸用力。传统 PSG 对呼吸事件的鉴定条件是：阻塞型睡眠呼吸暂停指口鼻气流信号暂停，同时胸腹的呼吸运动仍存在；中枢型睡眠呼吸暂停指口鼻气流及胸腹的呼吸运动同时均暂停。专家们认为：传统 PSG 监测通常无法检测上气道的阻力。为了克服以上不足，于是，又在传统的 PSG 上增加呼吸感应容积方法 (RIP)，或食道压测量技术等。这样，就使本来已经十分复杂的检测变得更加复杂，这样复杂的检测方式必然

妨碍它的广泛普及。

在我国,及时把数亿例无症状和有症状的 OSAHS 患者识别出来是防治 OSAHS 的当务之急。没有简便而又易于推广的准确检测诊断方法就不可能使数亿患者获得及时的防治。俞梦孙院士领导的科研团队经过多年研究发明的微动敏感床垫睡眠监测系统 (micro-movement sensitive mattress sleep monitoring system, MSMSMS) 为检测 SBD 提供了一种新技术、新方法^[2]。MSMSMS 的创新技术是:把呼吸变化检测技术、自主神经活动性检测技术及脉搏波检测技术有机结合,制定出识别呼吸事件的判断规则,实现对睡眠呼吸事件的综合判定,提高了对呼吸事件检测的准确性。建立此种新方法的基础是,我们在推广应用 MSMSMS 检测飞行员睡眠的过程中,发现 MSMSMS 能够准确检测呼吸事件,继而又通过比较研究发现,在 MSMSMS 的检测信号中含有呼吸用力 (respiratory effort) 信息,并通过与食管压力同步检测证明,这种呼吸用力信息与食管压力测量值显著相关^[3-6];同时我们还在研究中发现,在呼吸事件结束时都出现皮质下短(暂)觉醒 (subcortical arousal),而 MSMSMS 能够提供丰富的皮质下短(暂)觉醒信息,并用脉搏波传导时间 (PTT) 对这种短(暂)觉醒进行了验证。同时,建立了用 MSMSMS 检测呼吸事件的系统规则与诊断标准^[7-8]。经广泛应用证明,根据此规则与标准,MSMSMS 能够更可靠地检测与鉴别呼吸事件,并提供皮质下短(暂)觉醒和睡眠片断化的定量信息。此外,还由于 MSMSMS 检测操作简便,不影响受检者的自然睡眠,受到用户的广泛欢迎。目前,在北京的一些三级甲等医院中,已有 2000 多患者接受了 MSMSMS 的检测,为 OSAHS 的诊断、治疗提供重要依据^[11-12]。

目 录

第一篇 MSMSMS 检测睡眠呼吸事件的原理与判断规则 /1

- 一、MSMSMS 的结构及原理 /1
- 二、专业术语 /5
- 三、MSMSMS 检测睡眠呼吸事件的判断规则 /10
- 四、“规则”的主要依据 /16
- 五、结语 /22

第二篇 “规则”中有关问题的回答 /23

- 一、什么是呼吸用力 (respiratory effort) 金标准, 评价呼吸用力有何重要意义 /23
- 二、有专家已把 “respiratory effort” 译为 “呼吸努力”, 而 “规则” 中却译为 “呼吸用力”, 依据何在 /24
- 三、用 MSMSMS 检测呼吸用力有何理论依据 /24
- 四、用脉搏波幅度变化检测皮质下短觉醒的依据是什么 /27

- 五、为什么说用 MSMSMS 鉴别阻塞型和中枢型呼吸暂停事件的依据更充分 /27
- 六、PTT 如何测量，有何意义 /30
- 七、如何理解短觉醒、皮质下短觉醒及呼吸性短觉醒 /31
- 八、专业术语 subcortical arousal 中文通常译为皮质下微觉醒或皮质下觉醒，在“规则”中为何译为“皮质下短觉醒” /34
- 九、MSMSMS 中不包括 EEG，如何检测呼吸用力相关性短觉醒（RERA） /34
- 十、“规则”中用皮质下短觉醒代替 EEG 短觉醒，有何理论根据 /35

第三篇 MSMSMS 的应用简述 /37

- 一、基本情况 /37
- 二、具体病例分析 /40
- 三、MSMSMS 分析与 PSG 分析对比举例 /45

第一篇 MSMSMS 检测睡眠呼吸事件的原理与判断规则

一、MSMSMS 的结构及原理

MSMSMS 由特制床垫（发明专利）、床旁盒、传输线和计算机主机（包括专用软件）组成，如多个床垫联网使用，还需转接盒和中央盒（图 1）。

每个床垫选配血氧指套 1 只。床垫由棕和乳胶等复合材料组成，内置微动敏感压力传感器，通过电缆与床旁盒连接。床旁盒的数据通过交换机传入计算机主机，计算机主机进行数据转换、分析、显示。

特制床垫内的微动敏感压力传感器感受受检者心搏、呼吸和其他身体运动所产生的压力变化（图 2）。经信号处理可分离出胸部心冲击波（简称胸冲击波）、腿部心冲击波（简称腿冲击波）、呼吸波和体动信号（图 3），分析计算获得心率、呼吸率、体动等生理参数信息。依据上述信息与食管压力、脉搏波传导时间(PTT)以及多导睡眠图(PSG) 参数之间的关系，课题组建立了 MSMSMS 检测睡眠呼吸事件的判断规则，并实现了睡眠呼吸事件的软件自动分析。

2 微动敏感床垫睡眠监测系统检测睡眠呼吸事件的原理与判断规则

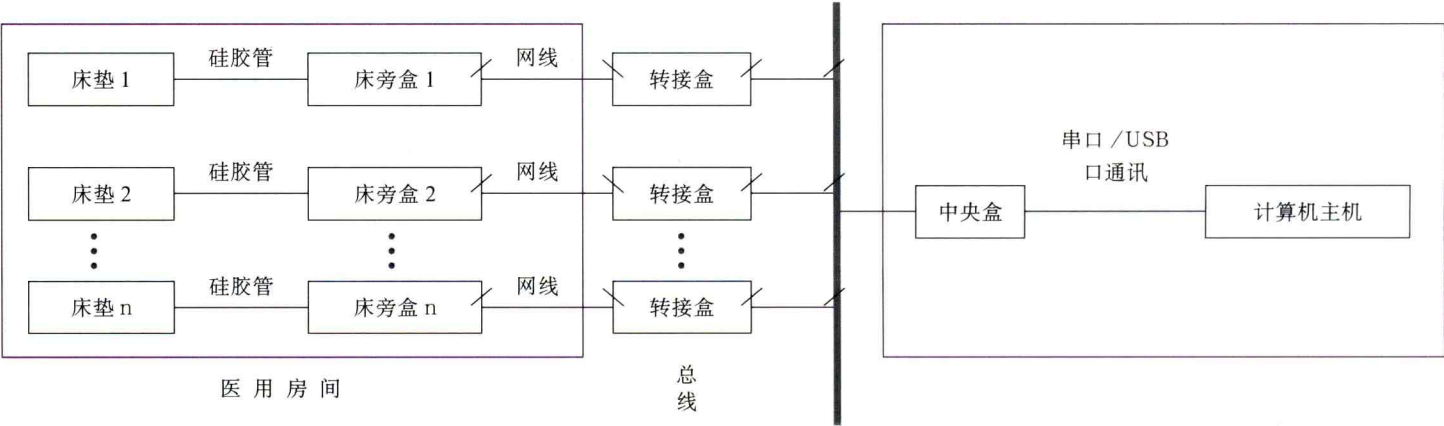


图 1 MSMSMS 的系统结构图
Fig 1 System chart of MSMSMS

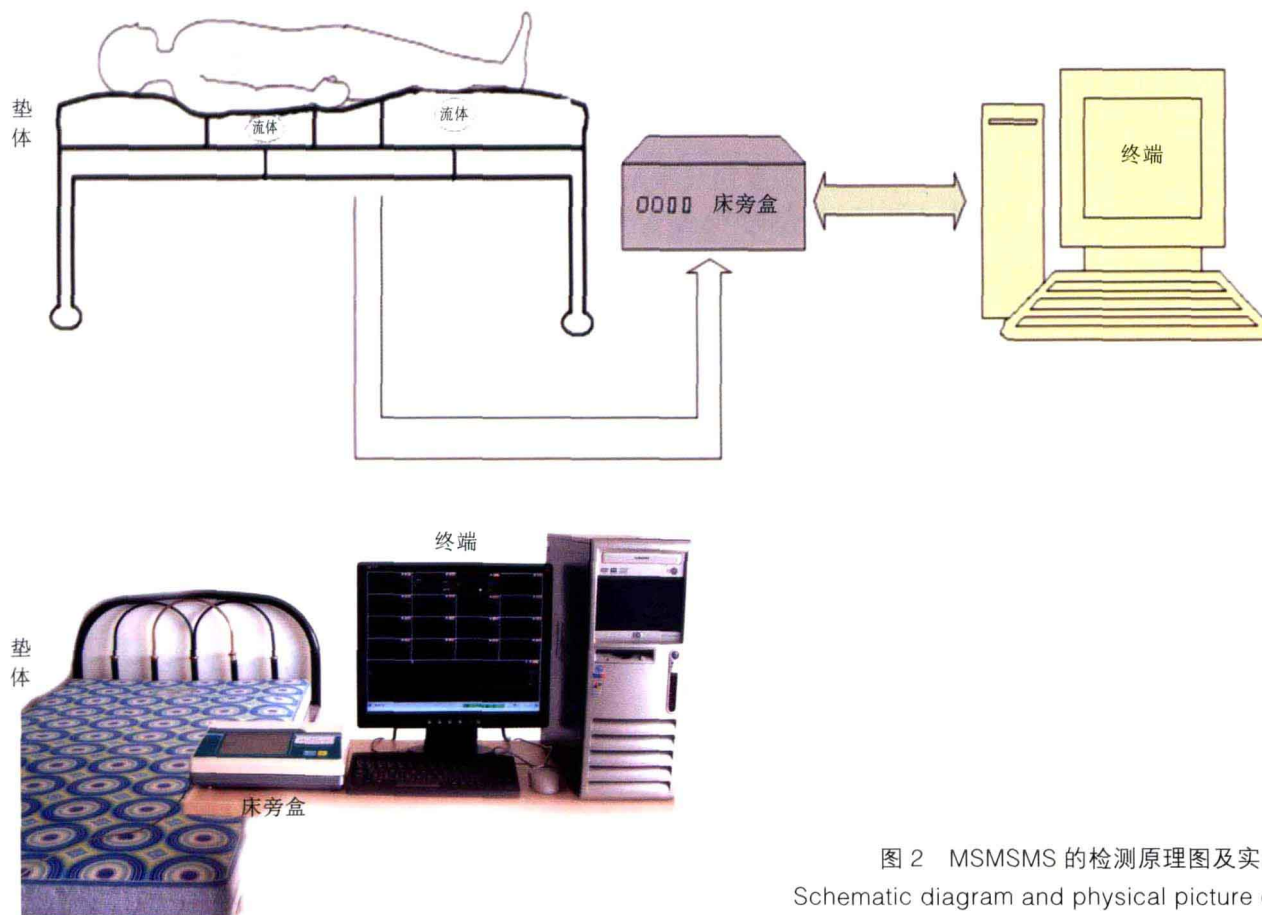


图2 MSMSMS 的检测原理图及实物图
Schematic diagram and physical picture of MSMSMS

4 微动敏感床垫睡眠监测系统检测睡眠呼吸事件的原理与判断规则

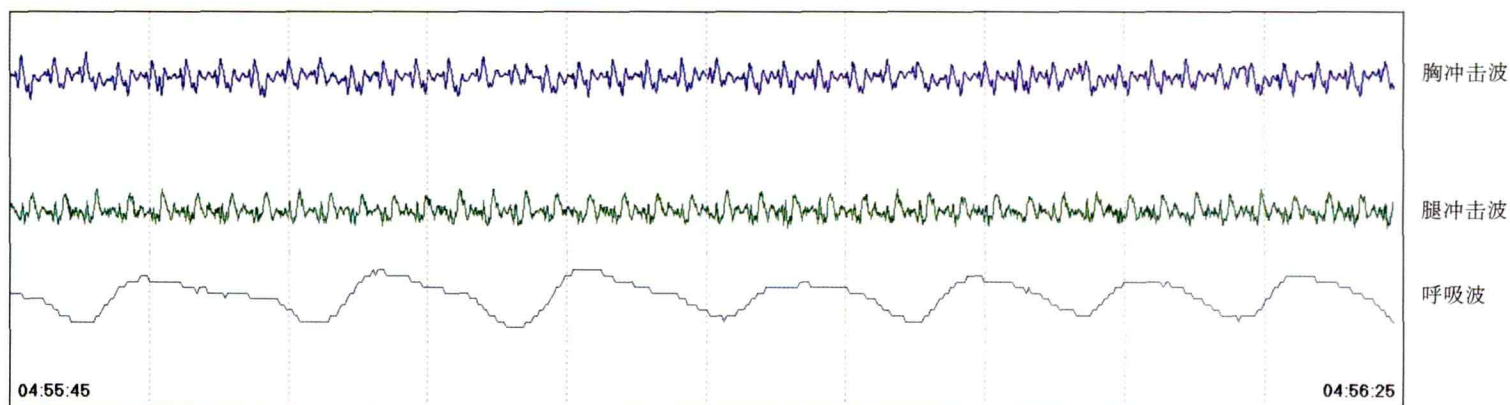


图 3. MSMSMS 检测的正常心冲击波与呼吸波

Fig 3. Normal BCG and respiratory flow

注：图中第 1 与第 2 通道分别为胸部与腿部检测到的心冲击波，第 3 通道显示的是呼吸波。正常心冲击波的特点是波形稳定、无畸变，正常呼吸对心冲击波无明显影响