

脑电仪检测数据分析在老年人卧室照明环境设计中的应用

原林

(北方工业大学, 北京 100144)

摘要: **目的** 研究医学信号检测与处理技术在老年人卧室设计中的应用。**方法** 利用便携式脑电仪对老年人进行夜间睡眠连续检测, 以及模拟二次起夜活动检测, 利用脑电信号处理技术进行分析。**结论** 在老年人居室设计中, 应当对灯光进行合理的设计和选择, 如厕路线的间接照明有利于老人再次入睡。此外在老年人居室的设计中应该对如厕路线进行合理设计, 以避免过多的转弯和有可能存在的障碍物。这不仅可以使老人的起夜过程变得顺畅、避免发生磕碰摔伤等危险, 也有利于老人起夜之后的复睡, 改善复睡的睡眠状况进而提高老人的居住质量。

关键词: 脑电波; 再次入睡; 光环境; 如厕路线

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)18-0141-05

Medical Signal Detection and Processing Technology in the Bedroom Design for the Elderly

YUAN lin

(North China University of Technology, Beijing 100144, China)

ABSTRACT: It aims to analyze the application of medical signal detection and processing technology in the elderly bedroom design. It makes use of portable electroencephalograph continuously measure the nighttime sleep and simulated second night activity detection of the elderly, to obtain the corresponding data. It uses the electroencephalograph signal processing technology to analyze the relevant conclusions. The design of the bedroom for the elderly should make reasonable design and choice for the lights, the indirect lighting of the toilet route is advantageous to secondary sleep for the elders. In addition, the design of the bedroom for the elderly should design reasonable route to the toilet, in order to avoid excessive turning and of possible obstacles. Not only will this make the elder becomes smooth during urinate in night, avoid knock against fall risk, also has advantageous to the elderly to fell asleep after urinate at night, improve re-sleep condition and living quality for the elderly.

KEY WORDS: brain waves; secondary to sleep; lighting environment; route to the toilet

随着老年人的年龄增长, 各项生理指标有所下降。夜间起夜情况在老年人中较为普遍。从表面上看是其身体衰退的正常表现, 但其对老年人睡眠质量的影响则不容忽视。研究表明, 老年人很多生理上的病变都直接或间接地与睡眠相关。如何通过卧室环境设计来缓解老人起夜后再次入睡困难是本文研究的重点。现代医学信号检测与处理技术发展迅速, 其在心理、生理学上的应用也更为广泛, 用一些信号可以检测人的多种生理指标, 这为本文的研究提供了可靠的信息和数据, 对于研究老年人在起夜到再次入睡过程中大脑的兴奋程度提供科学方法, 为评价老年人再

次入睡困难程度提供可用于比较的数据。

1 脑电仪检测机器数据分析

医学信号检测是对生物体中包含生命现象、状态、性质、变量和成份等信息的信号进行检测和量化的技术。医学信号处理的研究, 是根据生物医学信号的特点, 对所采集到的生物医学信号进行分析、解释、分类、显示、存贮和传输。比如日常生活中常见的B超、CT、心电图、脑电图等。由于研究条件所限, 本文仅采用便携式脑电仪检测以及数据分析。

收稿日期: 2017-06-30

作者简介: 原林(1980—), 男, 山东人, 北京理工大学博士生, 主要研究方向为机械工程。

1.1 便携式脑电仪检测

脑电仪是用于研究精神疲劳所使用的生理参数信号的检测仪器。人体脑电信号的主要频率范围为0.05~100 Hz,幅度约为10~200 μV ,同时脑电信号中通常混杂有其它生物电信号,再加上50 Hz的工频干扰,使得脑电信号的测量条件非常复杂。EEG信号采集采用模块化的设计方式,主要通过前端的导联传感器(测试者佩戴)得到基本信号,然后信号滤波放大电路进行过滤与放大,最后数据采集系统对信号数据进行分析采集。传统脑电仪不便于长时间佩戴,同时在佩戴过程中检测对象活动受限,无法测量运动条件下的数据变化。便携式脑电仪是采用无线信号传输技术,将电极采集的信息传递到计算主机,省去了大量导线的连接,便于对检测对象进行长时间的数据采集、便佩戴、运动受限程度较低。减轻病人的心理压力,使得能够采集到更精确的数据本文测试采用E-POC无线便携式脑电仪。传统脑电仪与便携式脑电仪对比见图1。

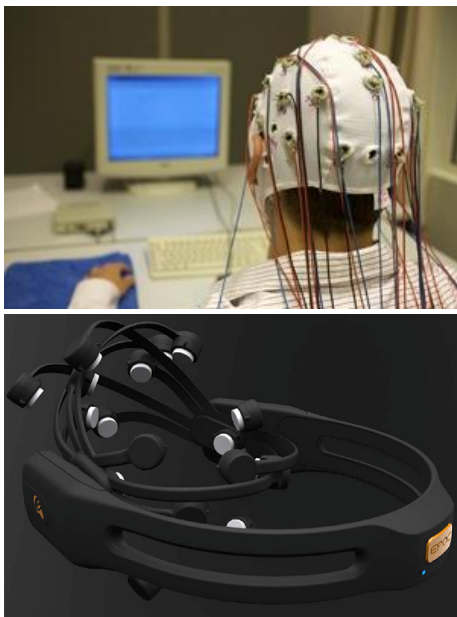


图1 传统脑电仪与便携式脑电仪

Fig.1 Traditional EEG instrument & portable EEG instrument

1.2 便携式脑电仪数据分析与处理

脑电图数据分析与处理主要通过脑电图的节律(EEG)反映人体的疲劳程度。脑电图的波形很不规则,根据其频率、振幅和生理特征分为下列4种基本波形见图2。

α 波在正常安静、清醒闭目时出现。睁开眼睛或接受其他刺激时,立即消失而呈现快波,称为 α 波阻断。 β 波在睁眼视物、突然听到音响或思考问题时可出现。一般认为 β 波是大脑皮层兴奋的表现。 θ 波在困倦、缺氧或深度麻醉时出现。 δ 波在睡眠时可出现,清醒时无此波;在深度麻醉和缺氧时可出现。

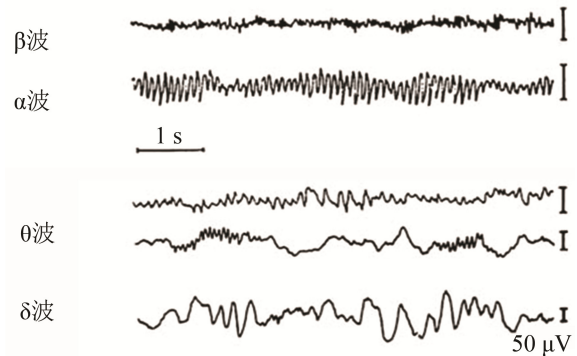


图2 脑电波4种基本波形

Fig.2 Four basic brain waves

脑电图的节律(EEG)随大脑皮层活动状态的不同而变化。当大脑皮层许多神经元的电活动步调趋于一致,就出现频率较低而振幅较高的节律,称为同步化,如 α 波即是同步化节律;当神经元的电活动不大一致时,就表现为高频率低振幅的节律,称为去同步化,如 α 波阻断而出现 β 波时即是去同步化节律。

开始作静态施力活动时, α 波减少或消失, β 波加强。随着时间的延长,疲劳度发展出现 θ 波和 δ 波,表明大脑皮层受到抑制。施力活动结束后,随疲劳的消除,慢波渐渐消失, β 波也逐渐减少, α 波随之恢复。因此,如果脑电图 θ 波、 δ 波增加, δ 波减少,则表示机体处于疲劳思睡状态。

2 卧室照明环境对老年人起夜后再次入睡影响的测试与分析

在老年人起夜过程中主要包括运动和识别两个方面,运动主要指起床、行走、如厕这个过程中的动作;识别这是在运动过程中对行走路径、方向以及操作的视觉探触。由此本文将影响老年人起夜的卧室环境,主要归类为卧室光环境和如厕路径两方面。

脑电图节律分析测试选择了年龄在65~80岁之间的10位老人为研究对象,男性和女性各占一半。测试中,需要为每位老人佩戴电极帽。电极帽电极以序号代替,序号通常是用奇数代表左侧,偶数代表右侧,整个头皮及双耳上所安放的电极数为21个,见图3。

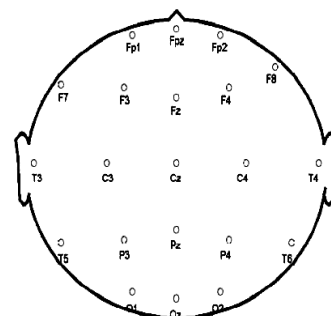


图3 脑电导电极分布

Fig.3 EEG instrument electrode distribution

实验场所（卧室）面积为 12 m²，见图 4。在实验场所中床上方的房间顶部布置有 3 盏功率为 21 W，色温分别为 2700 K、4000 K 和 6000 K 的 LED 泛光灯，色温为 2700 K 的 LED 灯带作为间接照明。在床头两侧还分别布置有功率为 7 W、色温为 4000 K 的 LED 台灯作为局部照明。上述灯光均可通过 WIFI 遥控开关进行控制，且每盏灯均分别设置遥控开关。

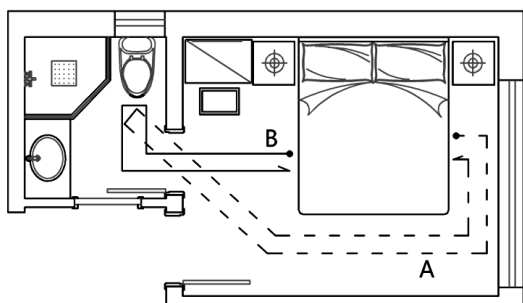


图 4 测试场所（卧室）平面布局
Fig.4 Place of test (bedroom) layout plane

该测试的主要目的是研究室内环境中的灯光和如厕路线的设置，是否会对老人起夜后再次入睡造成影响，以及判断这些影响因素对老人心理的影响程度。由于是模拟老人睡前状态的测试，受测老人并没有真正入睡，故代表深度睡眠的 δ 波在本研究中均不予评价。

因该测试模拟了老人晚上睡前的状态，因此需要一定的时间使老人能够进入实验状态；实验中老人佩戴好电极帽，电极帽的信号输出端始终连接便携式脑电仪。

2.1 卧室光环境对老年人起夜的影响

先请老人平躺在床上闭目养神数分钟，告知受测老人在灯光开启后可以睁开双眼，此时实验者会记录受测者 4 种脑电波的变化数据。测试中通过遥控开关，控制床下灯带发光 2 min 后关闭床下灯带；5 min 后，遥控开启台灯 2 min，再关闭台灯；5 min 后，遥控开启顶灯 2 min，关闭顶灯，结束测试。测试结果见图 5。

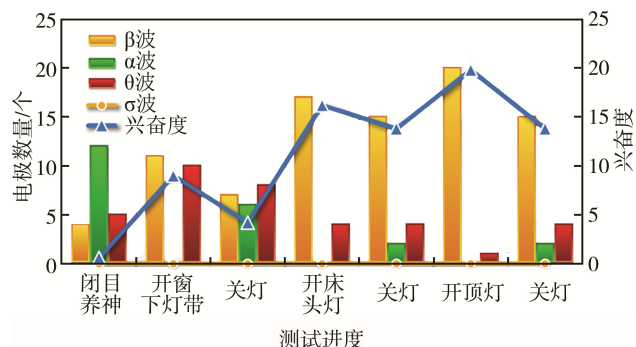


图 5 灯光切换测试的脑电波节律分析
Fig.5 EEG rhythm analysis diagram of light switch test

由测试获得的 EEG 分析可以看出，房间顶部功率为 21 W 色温为 6000 K 的泛光灯照明最不利于老人的再次入睡，床下功率为 20 W (4 W/M) 色温为 2700 K 的 LED 灯带所带来的间接照明有利于老人恢复睡眠，而用于局部照明的台灯对老人脑电波节律的影响介于二者之间。此外，较强照度的泛光照明会使 β 波一直维持在较高水平，长时间的兴奋会使老年人感觉疲倦；而低照度间接照明环境下 β 波和 θ 波相伴出现，直接导致老年人的困倦感。

由于上述测试是通过实验者遥控灯光的变化实现的，排除了老人自行控制开关的情形，与老人的实际生活存在出入。那么，老人主动控制灯光开关的状况下，老人的心理状况会发生什么样的变化呢。为了对这一问题进行验证，通过改进测试方法，并进行了新的测试。

新测试的具体测试过程基本相当于重复上一测试，但测试进行过程中灯光不通过遥控开关进行干预，而由受测老人自行控制，灯光开关被分别设置于床侧、床头柜、和床头的上部。测试结果见图 6。

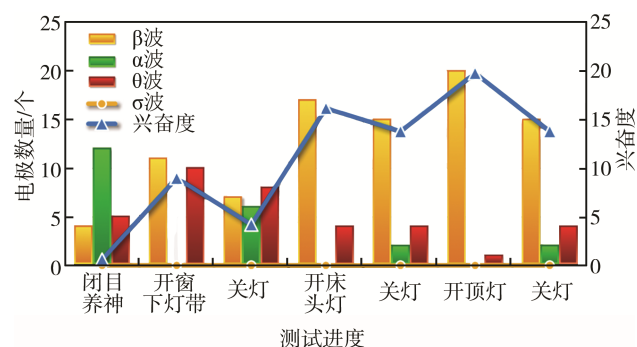


图 6 受测者主动控制灯光的脑电波节律分析
Fig.6 EEG rhythm analysis diagram of light actively control

对比图 5 和图 6 可以发现，两次的结果总体规律基本一致，证明灯光的强度确实对老年人的心理状况造成影响。同时，还发现在新的测试中老人的兴奋度有所提高，这就进一步证明一定程度上翻转、侧身、拿取、躲避、开关灯等动作会造成大脑兴奋度的提高，会对老人的再次入睡造成一些影响。

2.2 卧室中灯光色温对老年人起夜的影响

光色也是老年人室内环境设计中需要考虑的重要问题，为了验证居室灯光的光色是否会对老人的心理带来影响，本文在前两项测试的基础上又进行了第 3 项测试。首先，依旧请老人平躺在床上闭目养神，然后，使用遥控开关分别控制房间顶部的 3 盏光色不同的光源，间断性的依次切换光色为 6000 K、4000 K 和 2700 K 的 LED 光源，并测量记录老人脑电波的变化。测试结果见图 7。

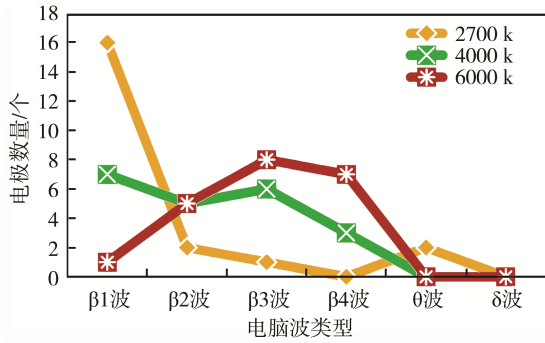


图7 不同光色情况下的脑电波节律分析

Fig.7 EEG rhythms analysis diagram under different light conditions

结果中表明,在同样照度条件下,低色温暖光源的照明条件下β波频率和振幅都比高温冷光源条件下低,而且会出现θ波;而高温冷光源下β波的频率和振幅都比较高。从而得出,在同样照度条件下,随光源色温的升高,灯光颜色逐渐由偏黄向蓝白过度,大脑兴奋度会随之增加。

2.3 卧室中如厕行走路线对老年人起夜的影响

仅模拟灯光的切换还不能完全模拟好老人的起夜过程。还需要对老人在居室内的行走路线进行模拟测试。在行走路线进行测试的过程中,先请老人平躺在床上闭目养神数分钟,告知受测老人在灯亮后起床并按照预设的行走路线A模拟起夜如厕的过程,这一行走过程走到房间门口即可,旋即从原路返回继续休息并静卧10 min。结果见图8。

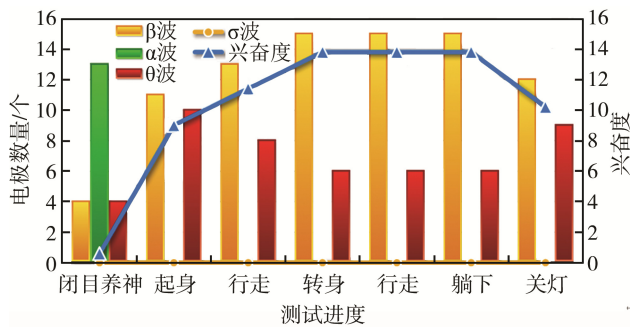


图8 老人如厕行走路线A脑电波节律分析

Fig.8 EEG rhythms analysis diagram of toilet walking routes A

结果表明,在模拟如厕过程结束后老人回复到躺下关灯状态,受测老人的兴奋度开始回落。兴奋度的峰值约在16左右,躺下之后可回落到12左右。起身之前到关灯复睡,受测者的兴奋度提高了10左右。

随后进行老人如厕行走路线B的测试。具体操作过程基本与之前相同。先请老人平躺在床上闭目养神数分钟,告知受测老人在灯亮后起床并按照预设的行走路线B模拟起夜如厕的过程,老人起身走到门口再原路返回,老人回到床上后继续休息10 min结束测

试。结果见图9。

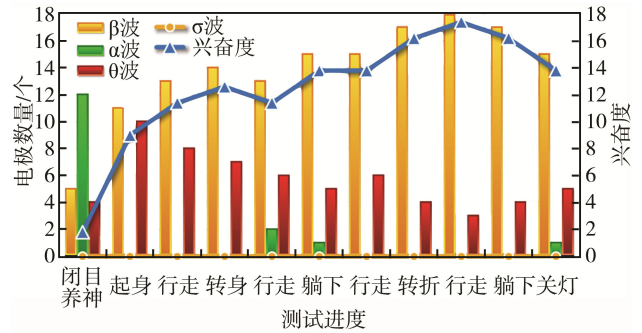


图9 老人如厕行走路线B脑电波节律分析

Fig.9 EEG rhythms analysis diagram of toilet walking routes B

结果可以看出,在测试过程中兴奋度的峰值约在18左右,结束后回复到躺下关灯状态兴奋度可回落到15左右。对比路线A和路线B的两项测试可以发现,转折、避让等施力动作会增加大脑的兴奋度,路线B中重新躺下后的兴奋度高于路线A。这也证明了,行为越复杂、路线越曲折大脑需要进行更多的思维,带来了更高的兴奋度。

3 结语

通过模拟老人起夜过程中对受测老人的脑电节律(EEG)进行监测,可以直观感受到老年人在灯光的强弱、色温的高低、开关灯的复杂程度以及行走动线的复杂程度的影响下,其心理状况会发生相应的变化。

通过测试得出以下结论。

1) 高照度的泛光照明会使老年人长时间保持兴奋状态,低照度间接照明环境下可以有效保持老年人的困倦感。因此,在老人居室设计中,应当对灯光进行合理的设计和选择,既要使老人能够根据需要使用灯光,又要避免灯光对老人复睡带来的不利影响。

2) 在老年人卧室的设计中应该对如厕路线进行合理设计,以避免过多的转弯和有可能存在的障碍物。这不仅可以使老人的起夜过程变得顺畅、避免发生磕碰摔伤等危险,也有利于老人起夜之后的复睡,改善复睡的睡眠状况进而提高老人的居住质量。同时,在室内设计中应当对这些影响老人寻找开关、开灯、关灯等具体因素予以考虑,以避免不合理的开关位置设计、室内布局等对老人恢复睡眠造成不利影响。

3) 在同样照度条件下,随光源色温的升高,灯光颜色逐渐由偏黄向蓝白过度,大脑兴奋度会随之增加,不利于老人起夜后的睡眠恢复,起夜灯光应尽量选用低色温的暖光源照明。

以上结论对于合理的进行老年人卧室设计,缓解

老年人起夜对睡眠质量的影响,具有一定的启发作用和借鉴意义。

参考文献:

- [1] DEMIRBILEK O. Universal Product Design Involving Elderly Users: a Participatory Design Model[J]. *Applied Ergonomics*, 2004, 35(4): 361—370.
- [2] 张连毅. 生理性精神疲倦 EEG 信号分析技术[J]. *上海机电学院学报*, 2010(2): 15—17.
ZHANG Lian-yi. Technology on Physiological Mental Fatigue Analysis Based on EEG Signal[J]. *Journal of Shanghai Danji University*, 2010(2): 15—17.
- [3] 肖洁红. 空巢老人问题探析[J]. *巢湖学院学报*, 2006(4): 15—16.
XIAO Jie-hong. Analysis of Empty Nest Elderly[J]. *Journal of Chaohu College*, 2006(4): 15—16.
- [4] ALBRITTON M A. Aging in Place: Design Guidelines for New Construction in Residential Design[D]. Auburn University, 2014.
- [5] STORY M F. Principles of Universal Design[J]. *Universal Design Handbook*, 2001(1): 10—13.
- [6] AFACAN Y, DEMIRKAN H. A Priority-based Approach for Satisfying the Diverse Users' Needs, Capabilities and Expectations: a Universal Kitchen Design Case[J]. *Journal of Engineering Design*, 2010, 21(2/3): 315—343.
- [7] 李亚品. 基于谐波小波变换的脑电信号分析与特征提取研究[D]. 南宁: 广西师范大学, 2006.
LI Ya-pin. Based on Harmonic Wavelet Transform Analysis and Feature Extraction of EEG Signals Research[D]. Nanning: Guangxi Normal University, 2006.
- [8] 于兰兰. 脑电信号实用处理技术的研究[D]. 济南: 山东大学, 2006.
YU Lan-lan. EEG Signals Processing Technology Research[D]. Jinan: Shandong University, 2006
- [9] 熊伟. 住区规划中的适老化设计对策[J]. *规划师*, 2012(1): 89—92.
XIONG Wei. Residential Planning in the Optimal Design Countermeasures[J]. *Journal of Aging Planner*, 2012(1): 89—92.
- [10] 马朝珉. 色彩疗法在室内设计中的应用探析[J]. *中国住宅设施*, 2012(12): 33—35.
MA Chao-min. Application Analysis of Color Therapy in the Interior Design[J]. *China Residential Facilities*, 2012(12): 33—35.
- [11] 周燕珉. 老年住宅套内空间设计——卧室篇[J]. *住区*, 2011(3): 124—131.
ZHOU Yan-min. Elderly Residential Set within the Design Space: Bedroom[J]. *Journal of Settlements*, 2011(3): 124—131.
- [12] MEYERS A R. Enabling Our Instruments: Accommodation, Universal Design, and access to Participation in Research[J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2000,81: 5—9.
- [13] CARR K, WEIR P L, AZAR D. Universal Design: a Step Toward Successful Aging[J]. *Journal of Aging Research*, 2013.
- [14] SCHAIE K W. Intellectual Development in Adulthood: the Seattle Longitudinal Study[M]. Cambridge University Press, 1996.
- [15] CRAIK F I, BYRD M. Aging and Cognitive Deficits [M]. *Aging and Cognitive Processes*, 1982.