

# 动态电动起立床训练对健康人脑干听觉诱发电位的影响

徐奕鹏 侯甜 赵文君 刘慧华 燕铁斌

**【摘要】 目的** 观察和比较动态电动起立床训练和普通电动起立床训练对健康人脑干听觉诱发电位(BAEP)的影响。**方法** 符合入选标准的健康青年受试者 20 例,按照随机数字法分为普通组和动态组,每组 10 例。普通组接受常规电动起立床训练;动态组接受动态自动调节的电动起立床训练,其训练过程通过编程自动控制的装置,使起立床在设定角度之间来回缓慢摆动。分别于训练前和训练后,对 2 组受试者进行 BAEP 测量;并采用重复测量的方差分析比较 2 组受试者起立床训练前后 BAEP 的变化。**结果** 站立床训练后,普通组 I、Ⅲ和 V 波波峰潜伏期分别为  $(1.59 \pm 0.14)$ 、 $(3.83 \pm 0.13)$  和  $(5.34 \pm 0.24)$  ms,动态组 I 波和Ⅲ波波峰潜伏期分别为  $(1.59 \pm 0.08)$  和  $(3.78 \pm 0.31)$  ms,且与组内训练前比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ );动态组训练后的 V 波波峰潜伏期  $[(5.13 \pm 0.17) \text{ ms}]$  较组内训练前  $[(5.44 \pm 0.19) \text{ ms}]$  明显缩短( $P < 0.05$ ),且明显短于普通组训练后( $P < 0.05$ )。训练后,普通组 I ~ Ⅲ、I ~ V、Ⅲ ~ V 波各峰间潜伏期  $[(2.18 \pm 0.17)$ 、 $(3.81 \pm 0.40)$ 、 $(1.51 \pm 0.34) \text{ ms}]$  及动态组 I ~ Ⅲ波峰间潜伏期  $[(2.19 \pm 0.09) \text{ ms}]$  分别与组内训练前比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ );动态组训练后的 I ~ V、Ⅲ ~ V 波峰间潜伏期分别是  $(3.54 \pm 0.20)$  和  $(1.35 \pm 0.24) \text{ ms}$ ,较组内训练前  $[(3.78 \pm 0.24)$  和  $(1.64 \pm 0.23) \text{ ms}]$  明显缩短( $P < 0.05$ ),但动态组训练后的 I ~ Ⅲ、I ~ V、Ⅲ ~ V 各峰间潜伏期与普通组训练后各峰间潜伏期比较,差异并无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论** 健康人经动态起立床训练后的 BAEP 波峰潜伏期及各波峰间潜伏期均较普通电动起立床训练后有一定改善。

**【关键词】** 脑干; 听觉; 诱发电位; 起立床

**Effects of an electric standing bed and a dynamic electric standing bed on auditory evoked potential in healthy people** Xu Yipeng\*, Hou Tian, Zhao Wenjun, Liu Yuhua, Yan Tiebin. \*Department of Rehabilitation Medicine, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830000, China

Corresponding author: Yan Tiebin, Email: dr.yan@126.com

**【Abstract】 Objective** To observe and compare the effect of training using an electric standing bed or a dynamic electric standing bed on the auditory evoked potentials (BAEPs) in the brainstems of healthy people. **Methods** Twenty healthy people were divided into a common group ( $n=10$ ) and a dynamic group ( $n=10$ ). The common group accepted training using an electric standing bed, while the dynamic group accepted training using a dynamic electric standing bed. Before and after the training, BAEPs were measured and compared using variance analysis. **Results** The latencies of the I, III and V waves among the common group were not significantly different from those of the dynamic group before the training. After the training, however, the average wave V latency was significantly shorter than that in the common group. After the training there were, however, no significant differences in the I-III, I-V or III-V interpeak latencies in the common group, nor in the I-III interpeak latency in the dynamic group compared with before the training. In the dynamic group the average I-V and III-V interpeak latencies after the training were significantly shorter than those beforehand. However, there were no significant differences between the two groups in terms of the I-III, I-V or II-V interpeak latency after the training. **Conclusion** Compared with training using an electric standing bed, a dynamic electric standing bed gives significantly greater improvement in the latency and interpeak latency of BAEP waves.

**【Key words】** Brainstem; Audition; Evoked potentials; Standing beds

电动起立床是康复科的基本设备之一,广泛应用于临床康复治疗。普通电动起立床的活动平板只能单

方向从水平方向升到垂直方向,并根据患者的承受能力选择并固定在不同的倾斜角度,使患者逐渐适应由卧位到直立体位变化<sup>[1]</sup>。突然的体位改变或长时间的站立会造成头晕目眩、站立不稳、视物模糊脑供血不足等脑供血不足表现,严重时会发生晕厥。脑干听觉诱发电位对于脑干缺血十分敏感,即使在短暂性脑缺血发作发作间歇期也存在临床阈值下的潜在缺血性表

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2018.12.013

作者单位:830000 乌鲁木齐,新疆维吾尔自治区人民医院康复医学科(徐奕鹏、侯甜、赵文君);510120 广东,广州中山大学孙逸仙纪念医院康复医学科(刘慧华、燕铁斌)

通信作者:燕铁斌,Email: dr.yan@126.com

现,因此可以作为一种早期有效且简便的客观检查。由中山大学孙逸仙纪念医院康复医学科燕铁斌教授团队研发的动态自动调节电动起立床通过加入可编程的动态自动调节控制装置(ZL201510053421.5),可以实时动态地调节活动平板的训练角度,并可以实现往返运动,在直立床动态变换角度的过程中体位也得到相应的转换。本研究旨在观察和比较动态电动起立床和常规电动起立床对健康人的脑干听觉诱发电位(brain-stem auditory evoked potential,BAEP)的影响。

## 资料与方法

### 一、研究对象及分组

选取 2015 年 10 月中山大学孙逸仙纪念医院康复医学科健康本科实习生 20 例作为研究对象。纳入标准:①年龄 20~22 岁;②血压在 90~130/60~80 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa);③听力正常;④国际标准视力表检查双眼视力(或矫正后)≥1.0;⑤无精神心理疾病。排除标准:①血压<90/60 mmHg 或>130/80 mmHg;②听力>25 dB;③国际标准视力表检查双眼视力(或矫正后)<1.0;④患有精神心理疾病<sup>[2]</sup>。

将符合入选标准的受试者 20 例按电脑确定的随机数字表法分成普通组和动态组,每组 10 例。2 组受试者的年龄、身高、体重等一般资料经统计学分析比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),详见表 1。所有入组受试者均签署知情同意书。本研究获中山大学孙逸仙纪念医院医学伦理委员会批准。

表 1 2 组受试者一般资料比较

| 组别  | 例数 | 性别(例) |   | 平均年龄<br>(岁, $\bar{x}\pm s$ ) | 平均身高<br>(cm, $\bar{x}\pm s$ ) | 平均体重<br>(kg, $\bar{x}\pm s$ ) |
|-----|----|-------|---|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|     |    | 男     | 女 |                              |                               |                               |
| 普通组 | 10 | 6     | 4 | 21.32±1.08                   | 164.55±5.53                   | 56.32±6.32                    |
| 动态组 | 10 | 7     | 3 | 21.15±0.83                   | 166.42±4.89                   | 60.85±5.34                    |

### 二、实验方法

实验前,首先向受试者讲解床的性能及结构,告诉受试者站立时有保险带固定及倾斜台支撑,实验安全可靠等注意事项及原理,并有医护人员在旁看护。2 组受试者的实验过程均由同一人执行完成,训练时间均为 30 min。实验前先检测受试者的 BAEP。

普通组:采用广州科安贸易有限公司生产的 LA268-5 电动起立床,起立床规格为 200 cm×80 cm×55 cm,床侧有可视角度盘,倾斜角度 0°~90°。使用时受试者平卧床上,双足踏于踏板与肩同宽,脚踏板可调节至合适的高度,用 10~15 cm 宽的固定带固定腋下、骨盆及膝关节处。检测血压在正常范围后,按照起立床的常规流程,逐渐将床升高倾斜角度至 75°。单次训练 30 min 后立即在平卧位下检测受试者 BAEP。

动态组:采用与普通组相同的起立床,但床体升降

由自主设计的电动起立床可编程动态控制装置和控制方法(ZL201510053421.5)来完成。该装置包括软件主页、菜单栏、患者信息、治疗方案、运动控制功能等模块,其运动控制部分主要提供床运动控制的开始、暂停、继续、结束、床复位等功能,可根据治疗需要来设定不同的倾斜度;使用时受试者平卧于床上,双足踏于脚踏板上与肩同宽,脚踏板可调节至合适的高度;用 10~15 cm 宽的固定带固定腋下、骨盆及膝关节处。根据临床起立床的使用常规及预实验结果,将起立床的最高倾斜角度设定在 75°,并通过编程动态控制装置使起立床在 30°~75°缓慢匀速往返,摆动速度为 3.2°/s。单次训练 30 min 后立即检测受试者 BAEP。

### 三、BAEP 检测的方法

根据标准 BAEP 测量程序,受试者平卧于安静电屏蔽室内,采用丹麦 Keypoint 肌电/诱发电位仪进行检测,记录并分析受试者的在 2 组不同电动起立床训练前和训练 30 min 后(训练后)的 BAEP 各指标。用 75%的酒精对受试者安放电极的部位进行脱脂,涂抹导电膏降低阻抗,使阻抗保持在至少 5 kΩ 以下;根据国际脑电图 10-20 系统,将记录电极安放在头顶中央(Cz 点),参考电极置于双耳垂处,接地电极安放在前额处。采用短声刺激,刺激强度为主观听阈 60 dB,对侧耳给予 40~50 dB 的白噪声掩盖,刺激叠加 1000 次,至少重复 2 次,分析时间 10 ms<sup>[3]</sup>。主要测定 BAEP 的 I~V 波各波波峰潜伏期及 I~Ⅲ、I~V、Ⅲ~V 各峰间潜伏期。左右耳分别刺激并检测 BAEP 的 I~V 波各波波峰潜伏期及 I~Ⅲ、I~V、Ⅲ~V 各峰间潜伏期,并取平均值做记录。

### 四、统计学方法

采用 Excel 软件输入数据,使用 SPSS 16.0 版统计软件对数据进行统计学分析处理。计量资料以( $\bar{x}\pm s$ )表示,组内比较采用重复测量的方差分析,组间比较采用两独立样本  $t$  检验, $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、2 组受试者训练前后各波峰潜伏期变化

训练前,2 组受试者 BAEP 的 I~V 波各波的波峰潜伏期组间比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。训练后,普通组 I~V 波各波波峰潜伏期及动态组 I 波和Ⅲ波的波峰潜伏期与组内训练前比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ );动态组训练后的 V 波波峰潜伏期较组内训练前明显缩短( $P<0.05$ ),且明显短于普通组训练后( $P<0.05$ )。详见表 2。

### 二、2 组受试者训练前后峰间潜伏期的变化

训练前,2 组受试者 BAEP 的 I~Ⅲ、I~V、Ⅲ~V 各峰间潜伏期组间比较,差异均无统计学意义( $P>$

0.05)。训练后,普通组 I ~ III、I ~ V、III ~ V 各峰间潜伏期及动态组 I ~ III 峰间潜伏期分别与组内训练前比较,差异无统计学意义 ( $P>0.05$ );动态组训练后的 I ~ V、III ~ V 峰间潜伏期均较组内训练前明显缩短,且差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ),但动态组训练后的 I ~ III、I ~ V、III ~ V 各峰间潜伏期与普通组训练后各峰间潜伏期比较,差异并无统计学意义 ( $P>0.05$ )。详见表 3。

表 2 2 组受试者训练前、后的各波峰潜伏期比较  
(ms,  $\bar{x} \pm s$ )

| 组别  | 例数 | I 波峰潜伏期   | III 波峰潜伏期 | V 波峰潜伏期                 |
|-----|----|-----------|-----------|-------------------------|
| 普通组 |    |           |           |                         |
| 训练前 | 10 | 1.67±0.22 | 3.80±0.14 | 5.42±0.26               |
| 训练后 | 10 | 1.59±0.14 | 3.83±0.13 | 5.34±0.24               |
| 动态组 |    |           |           |                         |
| 训练前 | 10 | 1.67±0.15 | 3.80±0.16 | 5.44±0.19               |
| 训练后 | 10 | 1.59±0.08 | 3.78±0.31 | 5.13±0.17 <sup>ab</sup> |

注:与组内训练前比较,<sup>a</sup> $P<0.05$ ;与普通组训练后比较,<sup>b</sup> $P<0.05$

表 3 2 组受试者训练前、后的各峰间潜伏期比较  
(ms,  $\bar{x} \pm s$ )

| 组别  | 例数 | I ~ III 波峰间潜伏期 | I ~ V 波峰间潜伏期           | III ~ V 波峰间潜伏期         |
|-----|----|----------------|------------------------|------------------------|
| 普通组 |    |                |                        |                        |
| 训练前 | 10 | 2.17±0.19      | 3.79±0.31              | 1.63±0.35              |
| 训练后 | 10 | 2.18±0.17      | 3.81±0.40              | 1.51±0.34              |
| 动态组 |    |                |                        |                        |
| 训练前 | 10 | 2.13±0.22      | 3.78±0.24              | 1.64±0.23              |
| 训练后 | 10 | 2.19±0.09      | 3.54±0.20 <sup>a</sup> | 1.35±0.24 <sup>a</sup> |

注:与组内训练前比较,<sup>a</sup> $P<0.05$

## 讨 论

电动起立床训练是康复医学科常用的康复治疗方法,其活动平板可从水平位旋转到垂直位置,并依据康复治疗需要停留在任何角度,使受试者逐渐适应由平卧位到直立位的体位变化。本实验动态组采用的动态电动起立床与传统的电动起立床相比,在配置上增加了可编程动态控制装置,可根据训练需要通过控制装置来设定不同的起始倾斜度、终末倾斜度、治疗时间,并能使治疗床在  $0^\circ \sim 90^\circ$  设定任意倾斜角度区间范围内匀速往返。传统电动起立床训练前后始终保持固定角度,而动态电动起立床通过控制装置在训练过程中在一定角度范围内一直保持匀速的角度变化。

本研究将 BAEP 作为检测手段是因为椎动脉及基底动脉走行解剖变异较大,传统颅多普勒由于是盲探,且受超声对颅骨穿透性的影响,对脑血流速影响较大,从而影响实验结果<sup>[4]</sup>。BAEP 是指给予耳以适当的声刺激后,在头顶部及耳垂(耳乳突)表面记录电极所

记录到的从听神经进入脑干的入口处到下丘之间特定区域的电活动,反映了声信号在听觉通路中的传输过程。BAEP 是在刺激后 10 ms 内出现的一种波形,代表着接受刺激的感受器官发出的神经冲动,沿听觉通路传导的过程,根据每种成分出现的时间不同,对 BAEP 用罗马数字标定,分别命名为 I、III、V 波等,目前关于各个波的起源假说为 I 波起源于耳蜗内的听神经,III 波起源于上橄榄核, V 波起源于下丘<sup>[5]</sup>。I ~ III 波峰间潜伏期和 III ~ V 波峰间潜伏期分别为低位和高位脑干的传导时间<sup>[6]</sup>。

本研究中,动态组 I ~ V 波各波波峰潜伏期和 I ~ III、I ~ V、III ~ V 各峰间潜伏期治疗后较训练前相比,除 I ~ III 峰间潜伏期略有增加外,其余各波波峰潜伏期及峰间潜伏期均有缩短,其中 V 波波峰潜伏期及 I ~ V、III ~ V 峰间潜伏期与组内训练前相比,差异均有统计学意义 ( $P<0.05$ );普通组 I 波、V 波峰潜伏期及 III ~ V 峰间潜伏期较训练前缩短,而 III 波波峰潜伏期及 I ~ III、I ~ V 峰间潜伏期较训练前略有增加,但与训练前相比,差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ );训练后 2 组间相比,动态组较普通组在 I ~ V 波波峰潜伏期及 I ~ V、III ~ V 峰间潜伏期均有缩短,仅 V 波波峰潜伏期缩短与普通组相比,差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ),而 I ~ III 峰间潜伏期动态组较普通组略微增加,但差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

目前脑血管病的发病人数越来越多,其中绝大多数患者合并主动脉-颅脑动脉的粥样硬化。硬化斑块的内容物及其发生溃疡时的附壁血栓凝块的碎屑,可散落在血流中成为微栓子。这种由纤维素、血小板、白细胞、胆固醇结晶所组成的微栓子,循血液进入视网膜或脑部小动脉,可造成微栓塞,引起局部缺血症状<sup>[7]</sup>。作为传统的直立床因为角度固定,较长时间维持直立体位很容易造成椎基底动脉短暂缺血性发作造成前庭神经核、耳蜗核等脑干结构短暂的血液灌注不足,神经元代谢受损,突触效能降低<sup>[8]</sup>。BAEP 为突触电位,突触传递效能因对脑干缺血极为敏感,故波峰潜伏期及峰间潜伏期会随之改变<sup>[9]</sup>。经动态起立床训练后,BAEP 的波峰潜伏期及峰间潜伏期都有明显缩短,提示在通过体位的变化丰富了脑干、小脑的血流供应。波峰潜伏期及峰间潜伏期明显缩短也预示听觉和平衡的前庭蜗神经的功能改善。由于位听神经有着共同传导路,因此其功能也会随着司平衡觉的前庭神经功能的提高而提高<sup>[10]</sup>。

李天印等<sup>[11]</sup>研究发现,人体经过适当的体位旋转训练能使前庭自主神经功能反应明显减低。同样,动态电动起立床在矢量方向运动过程中受试者半规管和后半规管及水平半规管也受到刺激,通过改变旋转中

的各个半规管中内淋巴的流动方向,使前庭系统受的刺激加大,前庭神经功能得到提高,从而使得训练后 BAEP 的波峰潜伏期及峰间潜伏期都有明显缩短。训练过程中,姿势的摇摆使受试者身体的重心不断发生改变,神经系统通过不断接受视觉中枢、前庭以及肌肉、肌腱、韧带、关节囊、皮肤中的本体感受器传来的信息,经过中枢神经系统的整合,激活和控制相关肌肉的活动而实现维持身体平衡。受试者在进行动态起立床训练时,也需要受试者及时的判断、决策、行动以维持身体在动态起立床上的平衡,受试者的平衡能力理应提高。因此随着平衡能力的提高,司听觉和平衡的前庭蜗神经功能理应会提高,因此训练后 BAEP 的波峰潜伏期及峰间潜伏期都有明显缩短<sup>[12]</sup>;而且在训练过程中,动态电动起立床能够改善脑血流供应从而可大大降低体位性低血压的发生率。前期实验<sup>[13]</sup>也发现,动态组在训练过程中血压、脉搏的变化率更小,训练安全性得到保证。因此本研究为今后动态起立床应用于临床,尤其对于脑血管病的康复提供了积极的理论依据。

本研究尚存在一定缺陷:因相关因素限制,本研究样本量较小,可能影响有关结果检测出 2 组的差别;而此次试验数据仅为单次训练后的结果,通过常规反复多次训练是否会有更好的训练效果有待于进一步研究。

**致谢** 本课题是第一作者在中山大学孙逸仙纪念医院康复医学科进修期间完成,对参与课题研究的对象特此致谢

### 参 考 文 献

- [1] 蔡亦强,郑兢,吴赛珍,等.早期起立床站立训练治疗脑梗死偏瘫患者的疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志,2012,34(12):924-925. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2012.012.012.

- [2] 马风杰,崔华勤,李雪梅,等.椎-基底动脉缺血发作耳鸣患者的脑干听觉诱发电位表现[J].中国临床康复,2002,6(21):3194. DOI:10.3321/j.issn:1673-8225.2002.21.033.
- [3] 谢静,刘晓林,路屹,等.脑干听觉诱发电位在椎基底动脉短暂性脑缺血发作中的应用价值[J].蚌埠医学院学报.2015,(6):719-720,721. DOI:10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2015.06.006.
- [4] 范秀玉,范博,吴铁丽,等.经颅多普勒联合脑干听觉诱发电位对后循环缺血的诊断价值[J].中国全科医学,2011,14(30):3516-3517. DOI:10.3969/j.issn.1007-9572.2011.30.032.
- [5] 潘映辐.临床诱发电位学[M].2版.北京:人民卫生出版社,2000:356.
- [6] 李欣,杨长东,付志强.ABR 对金纳多治疗椎基底动脉缺血性眩晕的评估和动态监测[J].中国中西医结合耳鼻喉科杂志,2007,15(2):100-103. DOI:10.3969/j.issn.1007-4856.2007.02.007.
- [7] 李仓霞,马文涛,魏润莉,等.良性阵发性位置性眩晕患者脑干听觉诱发电位分析[J].卒中与神经疾病,2011,18(6):371-372. DOI:10.3969/j.issn.1007-0478.2011.06.014.
- [8] Kumral E, Kisabay A, Atac C, et al. The mechanism of ischemic stroke in patients with dolicho ectatic basilar artery[J]. Eur J Neurol, 2005, 12(6):437-444. DOI:10.1111/j.1468-1331.2005.00993.x.
- [9] 霍姿含,冉春风.诱发电位在脑卒中康复评定中的应用及研究进展[J].中国医师进修杂志,2010,33(24):75-78. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4904.2010.24.037.
- [10] 王林杰,孙洪义,裴静琛,等.某些体训项目对人体前庭功能的影响[J].航天医学与医学工程,2000,13(6):405-409. DOI:10.3969/j.issn.1002-0837.2000.06.004.
- [11] 李天印,赵锦荣,路贵友,等.适当体位旋转训练对人体前庭功能的影响[J].中华航空航天医学杂志,2004,15(2):83-85. DOI:10.3760/cma.j.issn.1007-6239.2004.02.005.
- [12] Watanuki K, Takahashi M, Ikeda T. Perception of surrounding space controls posture, gaze and sensation during coriolis stimulation[J]. Aviat Space Environ Med, 2000, 71(4):381-387.
- [13] 徐奕鹏,侯甜,刘慧华,等.两种不同工作模式的电动起立床对正常人血压脉搏的影响[J].中国康复医学杂志,2017,32(9):1066-1067. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2017.09.022.

(修回日期:2018-09-27)

(本文编辑:汪 玲)