

文章编号:1004-7220(2010)04-0249-04

## 倒视条件下定位和定向训练对视觉-运动协调能力的影 响

蒲 放, 杨 阳, 李德玉, 李淑宇, 牛海军, 樊瑜波

(北京航空航天大学生物与医学工程学院 生物力学与力生物学教育部重点实验室,北京 100191)

**摘要:**目的 比较上下倒视条件下定位和定向训练对受试者视觉-运动协调能力提高的影响,为空间运动病的防护和感觉冲突适应训练方法的设计提供参考。**方法** 选取16名受试者在上下倒视条件下进行迷宫测试,并分别进行30 min的定位和定向训练后再次接受迷宫测试,分析和比较完成迷宫测试的时间和出错概率。**结果** 两种训练后完成时间和错误率都显著下降,并且不同训练方式的结果也有显著性差异,定向训练的效果明显优于定位训练。**结论** 在由视觉改变引发的感觉冲突环境下,经过相应的任务训练后对于未训练任务的适应性提高也同样有效,从而使得人视觉-运动协调能力提高进而适应感觉冲突的环境,并且不同的训练方式对于适应性的提高也有显著的差异性。

**关键词:** 航天学;空间运动病;太空飞行;感觉冲突;倒视;视觉-运动协调能力

**中图分类号:** R852.33 **文献标志码:** A

## Effects of location training and orientation training on the visual-motor coordination under up-down reversed vision

PU Fang, YANG Yang, LI De-yu, LI Shu-yu, NIU Hai-jun, FAN Yu-bo (*Key Laboratory for Biomechanics and Mechanobiology of Ministry of Education, School of Biological Science and Medical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China*)

**Abstract: Objective** To compare the effects of location and orientation training on the improvement of visual-motor coordination under up-down reversed vision, provide reference for the prevention of space motion sickness and the design of adaptation training for sensory conflict. **Method** Sixteen subjects were instructed to complete the maze task wearing the up-down reversing prism spectacle before and after the location training and the orientation training. Both trainings lasted 30 minutes respectively. The error rate and the executing time during the maze test were analyzed and compared. **Results** Both trainings significantly decreased the error rate and the executing time. In addition, the results of different training methods had significant difference, and the effects of the orientation training was better than that of the location training under up-down reversed vision. **Conclusions** Under the sensory conflict environment arising from the visual change, the adaptation induced by some task training could also be of benefit to some other task training so as to improve the ability of visual-motor coordination and the adaption to the sensory conflict. However, different trainings could have various degrees of improvement.

**Key words:** Astronautics; Space motion sickness; Space flight; Sensory conflict; Reversed vision; Visual-motor coordination

收稿日期:2010-06-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(10925208),国家重点实验室开放基金,中央高校基本科研业务费专项。

作者简介:蒲放(1973-),男,研究方向:生物力学。

通讯作者:樊瑜波,教授,博士研究生导师,Tel:(010)82339428;E-Mail:yubofan@buaa.edu.cn。

空间运动病是航天员极易出现的一种特殊病症<sup>[1-2]</sup>。在进入太空和返回地面的前2~3天,60%~80%航天员会出现空间运动病,其主要症状与晕车、晕船、晕机类似,包括脸色苍白、主观发热感、出冷汗、身体不适、无食欲、恶心、反胃、呕吐、疲劳、嗜睡、手的动作不准确等。空间运动病的发生不仅影响航天员的健康,而且会严重降低航天员的工作能力,影响航天任务的完成。

关于运动病发病机制的研究存在多种假说,感觉冲突学说是目前被最为广泛接受的<sup>[2]</sup>。该学说认为,航天员在太空飞行时,由于失去重力,前庭系统响应将发生变化,从而导致人体运动、平衡所需的来自本体、前庭系统和视觉3个感知系统的信息不匹配而引发感觉冲突。因此,在地面对航天员进行感觉冲突适应性训练,将有助于防止空间运动病<sup>[2]</sup>。

一些研究已经发现倒视条件下,人会产生与空间运动病类似的症状<sup>[3]</sup>;也就是说,由视觉信号导致的感觉得冲突与由前庭系统导致的感觉得冲突有一定的类似。由于模拟失重条件下前庭系统响应比较困难,故一些航天员训练中心将倒训练作为预防空间运动病的训练科目,并取得了一定的效果<sup>[4-5]</sup>。另外,由于航天员在太空飞行时所需进行的大量操作都是在视觉引导下通过手的运动来完成的,故进行倒视条件下的手运动训练对于在空间感觉得冲突条件下准确完成各项操作也有积极的作用。

现有的关于倒视条件下适应性的研究、训练和测试大多采用了相同的任务,只是训练和测试所处的视觉环境不同。Rine等<sup>[6]</sup>的一个病例报告表明,随着训练任务的难度和训练量提高,患者出现运动病的机率大幅降低。Marotta等<sup>[7]</sup>的研究发现,训练时是否可见手对于在左右倒视下完成测试任务有明显影响。所以,为了加强对感觉得冲突环境的适应,有必要研究不同训练方式对感觉得冲突下提高视觉-运动协调能力的影响。

手的运动控制过程中,定位和定向是两个基本的要素,本文将以上下倒视为感觉得冲突条件,以迷宫任务为测试任务,研究定位和定向两种不同训练方式对视觉-运动协调能力的影响。

## 1 实验方法

### 1.1 实验对象及仪器

16名18~22岁的受试者参与了本次实验,其

中男性和女性各8名。所有受试者健康状况良好,全部用右手,无神经疾病,也无视觉和运动障碍。

本实验利用自制的上下倒视镜(视野为 $100^{\circ} \times 40^{\circ}$ )来改变受试者的视觉信息,从而引起视觉和本体感觉之间的冲突。

### 1.2 实验方法

本实验中,迷宫任务被用于评价视觉-运动协调能力,其具体过程如下:受试者在佩戴上下倒视镜的情况下,先保持闭眼,由实验人员将其手所持的笔尖调整到迷宫的入口位置;当听到“开始”时,受试者睁眼执笔完成迷宫测试任务,即以最快的速度画出从迷宫(见图1a)入口到出口的路径。当受试者在迷宫拐弯处所画迷宫路径和标准路径不一致时记为一次出错。每次测试有6个不同的迷宫,测试前要求受试者闭眼可以防止由于受试者提前看到迷宫提前规划路线,并给予上下颠倒的暗示对实验结果产生的影响。根据预实验,每个迷宫都由9个拐弯组成。在此难度下,受试者可以顺利完成任务,也会出现一定的错误。

实验人员利用秒表记录完成每个迷宫所需的时间,以及统计受试者画路径时在9个拐弯处的出错次数。一名受试者完成6个迷宫的平均时间作为该受试者完成任务的时间,平均出错次数除上迷宫的拐弯数目9作为该受试者完成任务的平均出错率。

本文选用的在上下倒视的环境下的定位训练和定向训练如图1所示。定向训练时,目标点在起始点的正下方任意位置随机出现,均在受试者视野内,受试者控制食指从起始点向下运动到目标点。定向训练时,8个方向中随机一个方向变亮作为目标方向,受试者控制食指从起始点开始快速沿目标方向移动。训练过程中,实验人员会帮助受试者正确地完成相应的训练任务,通过反复练习,让受试者寻找并建立正确的方向感觉。两种训练的时间均为30min。任意一项训练任务结束后,受试者立即完成与训练前相同的6个迷宫测试,实验人员记录同样的数据。不同的训练任务间隔3~4d进行,其目的是减少不同训练间的相互影响。

### 1.3 数据分析

所有数据均以平均值 $\pm$ 标准误( $\bar{x} \pm sd$ )表示。采用SPSS 13.0统计软件进行配对 $t$ 检验来分析训练前后和两种训练间的差异性,显著性水平定为0.05。

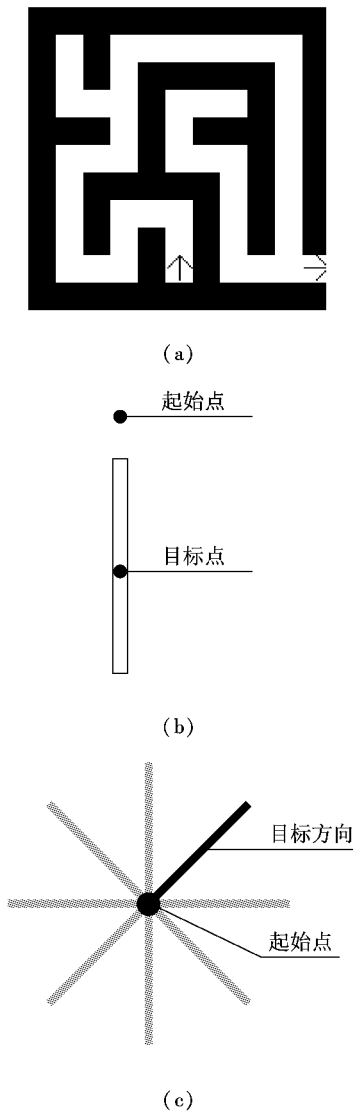


图1 迷宫测试任务和两种训练任务示意图 (a) 迷宫测试任务, 拐弯数为9;(b) 定位训练,目标点在起始点正下方的矩形框内随机位置出现;(c) 定向训练,8个方向中随机一个变亮作为目标方向,黑色线代表此次训练时的目标方向

Fig.1 Schematic diagram of the maze test and the two training tasks (a) The maze task. Its path contains nine turns. (b) The location training. The target randomly appears under the starting point. (c) The orientation training. One of the eight orientations is lit as the target in one training process. The black line indicates the target

## 2 结果

如图2所示,训练前16名受试者完成迷宫测试的时间是 $(15.4 \pm 1.9)$ s, 出错率是 $(14.1 \pm 2.5)\%$ 。

训练后完成时间和错误率都大幅下降,由配对  $t$  检验的  $P < 0.05$  说明通过相应的训练可以提高手的视觉-运动协调能力,从而加快对上下倒视所引发的感觉冲突环境的适应。定位训练后受试者完成迷宫测试的时间是 $(7.8 \pm 0.4)$ s, 出错率是 $(2.8 \pm 0.6)\%$ ;定向训练后分别为 $(6.5 \pm 0.4)$ s和 $(1.4 \pm 0.4)\%$ 。同样由配对  $t$  检验得定位训练和定向训练后完成迷宫任务的时间( $P < 0.05$ )和出错率( $P < 0.05$ )有显著性差异,表明经过不同的训练,受试者视觉-运动协调能力提高和对感觉冲突环境的适应还是有明显差异的。定向训练相对于定位训练有更好的效果,表现为接受迷宫任务测试时无论是完成时间还是出错率都较小。

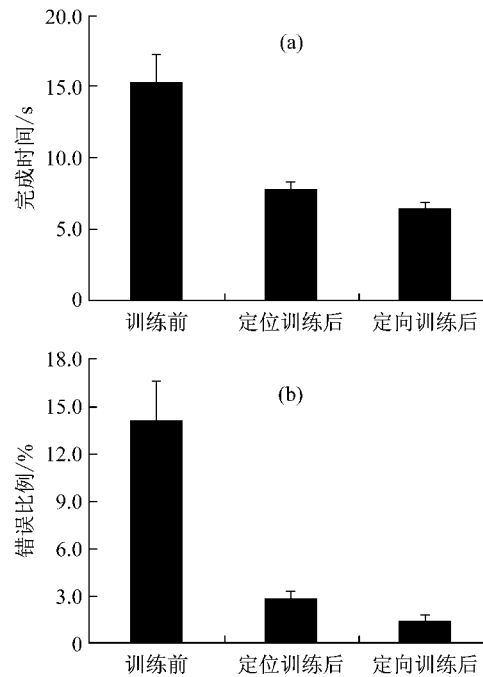


图2 迷宫测试的结果 (a) 完成时间;(b) 错误比例  
Fig.2 The results of the maze test (a) The executing time; (b) The error rate

## 3 讨论

倒视镜作为一种简单实用的引发感觉冲突的手段,广泛运用于针对感觉冲突的各种研究中。常用的倒视镜分为上下倒视和左右倒视两种类型。本文实验中选用了上下倒视镜而不是左右倒视镜作为产生感觉冲突的工具,是因为有报道表明,航天员在太空中主要产生上下方向的倒置错觉。同时,相对于

左右倒视,受试者能更快适应的是上下倒视的环境,因此训练时间可以比较短。此外,前人研究发现,对于左右倒视的适应分为 hand-type 和 neck-type 两种类型,有可能对实验结果产生影响<sup>[8]</sup>。

在前人的实验中,倒视条件下的测试任务包括目标物指示<sup>[9]</sup>、抓取物体<sup>[7]</sup>以及一些行为学和心理学测试<sup>[10]</sup>等。在本实验中,选择了迷宫任务进行测试,这是因为相比于其他测试方法,它能对受试者在感觉冲突环境下,定向和定位能力进行综合检测。抓握实验虽然也是一种综合测试,但是其相对独立,并且在一次测试过程中只有一次判断;而在迷宫测试中定向和定位的判断是时刻紧密联系在一起的。

通过本实验发现,在倒视条件下,受试者进行迷宫测试耗时会明显增加,同时在拐弯处还会出现一定的方向错误。这些错误主要是上下方向的错误,有时候还会出现左右方向颠倒的错误,甚至是上下左右同时颠倒的错误。这主要是因为倒视会给受试者产生的感觉冲突,从而影响受试者的视觉-手运动。

分别经过定位或定向训练后,完成迷宫测试任务的耗时和错误次数都同样会明显减少。这与 Bock 和 Burghoff 的研究结果是一致的<sup>[11-12]</sup>。他们发现,在改变视觉所导致感觉冲突的条件下,经过相应的训练后,受试者不仅对训练过的任务能适应,对于未经过训练的任务也能有很好的适应性。此外,笔者还发现不同的训练任务对于适应性的提高有明显的差异性;定向任务的训练效果优于定位训练,表现为完成迷宫测试任务时完成时间和错误率都明显较低。这是因为在本实验中通过上下倒视镜会主要改变佩戴者关于方向的视觉信息,从而造成视觉信息与前庭信息和本体信息之间的矛盾。本实验的测试任务为迷宫测试,在测试过程中执笔手始终可以通过倒视镜被看见,所以该任务属于一种由视觉引导的手的精确运动。在完成此类手运动时,中枢神经系统所控制的中枢视觉-运动过程起主要作用,它控制手时刻的运动和最终手所到达位置<sup>[13]</sup>。在定向训练时,受试者的中枢视觉-运动过程完成了相应的适应,重新建立了由视觉和其他感觉系统所获关于方向信息的联系。手的视觉-运动协调能力明显提高,从而对感觉冲突的环境有了更好的适应,表现在完成任务的错误率和时间大幅减少。

在一些关于倒视条件下手运动的研究中,测试过程中运动手甚至是目标物都不能被看见,其目的是避免这些影像的暗示作用对实验数据产生影响。尤其是 Marotta 等<sup>[7]</sup>的实验证实,在左右倒视的情况下,同样是进行位置判断的训练,但是否可见手对于让受试者抓取物体时对物体摆放角度的判断有不同的影响。在测试过程中受试者的测试手(右手)始终可见,在以后的实验中,也可以加入不见手进行迷宫路径的绘制。

本实验选用了简单的定位训练和定向训练分别作为训练任务,以及9个拐弯数目的迷宫测试作为测试任务。这些任务与航天员在太空中所要完成的各项任务相比,在复杂度方面有很大的差异性。在以后的实验中会针对航天员的任务特点进行任务的设计和测试,这样对于航天员的地面训练的选择将更有参考价值。但是考虑到所有的视觉引导手运动的任务始终都需要视觉-运动协调能力,并且综合应用定位和定向能力,所以现有的结果也还是有一定的参考价值。

研究表明,针对由视觉改变引发的感觉冲突环境,经过相应的任务训练后对于未训练任务的适应性提高也同样有效,从而使得人视觉-运动协调能力提高进而可以适应感觉冲突的环境;并且不同的训练方式对于适应性的提高也有显著的差异性。对于本实验,在上下倒视的条件下完成迷宫测试表现为完成时间和错误率都大幅下降;相对于定位训练,定向训练后的测试结果也更优。本结果提示对于航天员进行预防空间运动病的倒视训练中,需要根据任务特征来选用最有效的训练方式,这样才能加快其适应感觉冲突环境,从而最终减缓甚至避免其在太空飞行时视觉-运动协调能力降低和发生空间运动病。

#### 参考文献:

- [1] Heer M, Paloski WH. Space motion sickness: incidence, etiology, and countermeasures [J]. *Auton Neurosci*, 2006, 129(1-2): 77-79.
- [2] Lackner JR, Dizio P. Space motion sickness [J]. *Exp Brain Res*, 2006, 175(3): 377-399.

(下转第256页)