



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 208709883 U

(45)授权公告日 2019.04.09

(21)申请号 201721790226.1

(22)申请日 2017.12.20

(73)专利权人 中国科学院深圳先进技术研究院
地址 518055 广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号

(72)发明人 谢津 姚洋 周晖晖 朱孝苍
张洁 晏婷

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

代理人 孟金喆

(51)Int.Cl.

A61B 5/0484(2006.01)

A61B 3/113(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

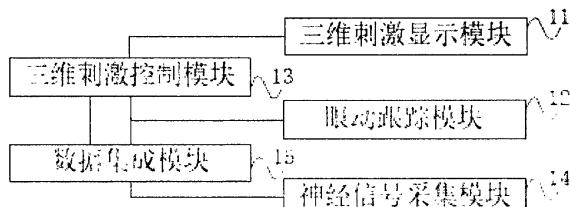
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54)实用新型名称

非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统

(57)摘要

本实用新型公开了一种非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统,该实验系统包括:三维刺激显示模块、眼动跟踪模块、三维刺激控制模块、神经信号采集模块、数据集成模块;三维刺激控制模块生成三维视觉刺激,并将三维视觉刺激发送至三维刺激显示模块显示;眼动跟踪模块跟踪观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动,得到眼睛运动轨迹;神经信号采集模块采集非人灵长类动物的生物神经信号;数据集成模块将三维视觉刺激、眼睛运动轨迹与对应的生物神经信号集成存储。本实用新型公开的非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统,用于获取非人灵长类动物在受到三维视觉刺激时的脑网络神经活动数据和眼动数据。



1. 一种非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统,其特征在于,包括:三维刺激显示模块、眼动跟踪模块、三维刺激控制模块、神经信号采集模块、数据集成模块;

所述三维刺激控制模块用于生成三维视觉刺激,并将所述三维视觉刺激发送至所述三维刺激显示模块;

所述三维刺激显示模块用于显示所述三维视觉刺激;

所述眼动跟踪模块用于在所述三维刺激显示模块显示所述三维视觉刺激时,跟踪观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动,并将眼睛运动轨迹发送至所述数据集成模块;

所述神经信号采集模块用于在所述三维刺激显示模块显示所述三维视觉刺激时,采集观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物的生物神经信号,并将所述生物神经信号发送至所述数据集成模块;

所述数据集成模块用于将所述三维视觉刺激、所述眼睛运动轨迹与对应的生物神经信号集成存储。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述眼动跟踪模块还用于将眼睛运动轨迹发送至所述三维刺激控制模块;

所述三维刺激控制模块还用于根据所述眼睛运动轨迹,确定当观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物注视所述三维刺激显示模块的视野中心时,控制所述三维刺激显示模块显示所述三维视觉刺激。

3. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,还包括:奖赏控制模块,用于根据所述三维刺激控制模块的控制,为观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物提供食物奖励;

所述三维刺激控制模块具体用于确定当观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物注视所述三维刺激显示模块的视野中心时,根据预设逻辑,控制所述三维刺激显示模块显示所述三维视觉刺激,并获取所述眼动跟踪模块跟踪的眼睛运动轨迹,若所述眼睛运动轨迹符合预设运动轨迹规则,则控制所述奖赏控制模块为观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物提供食物奖励。

4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述三维刺激显示模块包括头戴式三维显示眼镜,所述眼动跟踪模块包括眼动跟踪摄像头。

5. 根据权利要求4所述的系统,其特征在于,所述眼动跟踪摄像头集成于所述头戴式三维显示眼镜中,组成头戴式可视装备。

6. 根据权利要求5所述的系统,其特征在于,所述头戴式可视装备与观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物匹配。

7. 根据权利要求1~4任一项所述的系统,其特征在于,所述神经信号采集模块,包括神经细胞光学成像子模块和/或神经递质检测子模块;

所述神经细胞光学成像子模块用于获取观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物的脑神经细胞功能成像;

所述神经递质检测子模块用于检测观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物的神经递质浓度。

8. 根据权利要求7所述的系统,其特征在于,所述神经细胞光学成像子模块包括光纤型单光子荧光显微内窥镜和成像系统。

9. 根据权利要求7所述的系统,其特征在于,所述神经递质检测子模块包括多巴胺传感器和多巴胺浓度检测装置。

非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统

技术领域

[0001] 本实用新型实施例涉及生物医学技术,尤其涉及一种非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统。

背景技术

[0002] 大脑是生物中结构最复杂的器官,是神经系统的最高级部分,是生物思维的器官,主导着生物体内一切的活动。为了探索大脑的奥秘,医学家和生物学家对大脑的研究一直没有止步。大脑的研究对于人工智能的发展,以及人类脑部疾病的治疗,都有着重要的意义。

[0003] 由于猴子、猩猩等非人灵长类动物的大脑与人类的大脑构造非常相似,因此目前一般采用非人灵长类动物作为对脑网络研究的对象。其中,脑神经感知是研究大脑对外界不同刺激产生的反应的一种实验,用于对脑网络的工作机理进行研究,是研究大脑工作原理的重要实验。但是,目前对非人灵长类动物进行脑神经感知实验一般都是采用图片对实验动物进行视觉刺激,并对被刺激动物的反应以及脑网络的神经电信号、神经化学信号等进行测试。

[0004] 但目前的脑神经感知实验方法并未给实验动物提供真实的视觉刺激,使得实验得到的测试数据并不是实验动物对自然条件的视觉刺激的反馈,人们无法得知从非自然、过于简化的环境中得到的实验结果到底在多大程度上揭示了脑网络的工作原理。

实用新型内容

[0005] 本实用新型提供一种非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统,以实现对非人灵长类动物进行三维视觉刺激实验,获取非人灵长类动物在受到三维视觉刺激时的脑网络神经活动数据和眼动数据。

[0006] 第一方面,本实用新型实施例提供一种非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统,包括:三维刺激显示模块、眼动跟踪模块、三维刺激控制模块、神经信号采集模块、数据集成模块;

[0007] 所述三维刺激控制模块用于生成三维视觉刺激,并将所述三维视觉刺激发送至所述三维刺激显示模块;

[0008] 所述三维刺激显示模块用于显示所述三维视觉刺激;

[0009] 所述眼动跟踪模块用于在所述三维刺激显示模块显示所述三维视觉刺激时,跟踪观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动,并将眼睛运动轨迹发送至所述数据集成模块;

[0010] 所述神经信号采集模块用于在所述三维刺激显示模块显示所述三维视觉刺激时,采集观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物的生物神经信号,并将所述生物神经信号发送至所述数据集成模块;

[0011] 所述数据集成模块用于将所述三维视觉刺激、所述眼睛运动轨迹与对应的生物神

经信号集成存储。

[0012] 在第一方面一种可能的实现方式中,所述眼动跟踪模块还用于将所述将眼睛运动轨迹发送至所述三维刺激控制模块;

[0013] 所述三维刺激控制模块还用于根据所述眼睛运动轨迹,确定当观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物注视所述三维刺激显示模块的视野中心时,控制所述三维刺激显示模块显示所述三维视觉刺激。

[0014] 在第一方面一种可能的实现方式中,所述实验系统还包括:奖赏控制模块,用于根据所述三维刺激控制模块的控制,为观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物提供食物奖励;

[0015] 所述三维刺激控制模块具体用于确定当观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物注视所述三维刺激显示模块的视野中心时,根据预设逻辑,控制所述三维刺激显示模块显示所述三维视觉刺激,并获取所述眼动跟踪模块跟踪的眼睛运动轨迹,若所述眼睛运动轨迹符合预设运动轨迹规则,则控制所述奖赏控制模块为观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物提供食物奖励。

[0016] 在第一方面一种可能的实现方式中,所述三维刺激显示模块包括头戴式三维显示眼镜,所述眼动跟踪模块包括眼动跟踪摄像头。

[0017] 在第一方面一种可能的实现方式中,所述眼动跟踪摄像头集成于所述头戴式三维显示眼镜中,组成头戴式可视装备。

[0018] 在第一方面一种可能的实现方式中,所述头戴式可视装备与观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物匹配。

[0019] 在第一方面一种可能的实现方式中,所述神经信号采集模块,包括神经细胞光学成像子模块和/或神经递质检测子模块;

[0020] 所述神经细胞光学成像子模块用于获取观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物的脑神经细胞功能成像;

[0021] 所述神经递质检测子模块用于检测观看所述三维视觉刺激的非人灵长类动物的神经递质浓度。

[0022] 在第一方面一种可能的实现方式中,所述神经细胞光学成像子模块包括光纤型单光子荧光显微内窥镜和成像系统。

[0023] 在第一方面一种可能的实现方式中,所述神经递质检测子模块包括多巴胺传感器和多巴胺浓度检测装置。

[0024] 本实用新型实施例提供的非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统,由三维刺激控制模块控制三维刺激显示模块显示三维视觉刺激,并由眼动跟踪模块对观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动轨迹进行跟踪,使得观看三维视觉刺激的非人灵长类动物能够得到与自然物体非常接近的视觉刺激,再使用神经信号采集模块采集非人灵长类动物在观看三维视觉刺激时的生物神经信号,从而可以得到非人灵长类动物的脑网络视觉刺激实验数据,为揭示脑网络的工作原理,为人工智能的开发和大脑疾病的诊断与治疗提供了重要的数据支持。

附图说明

[0025] 图1为本实用新型实施例提供的非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统实施例一的结构示意图；

[0026] 图2为本实用新型实施例提供的非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统实施例二的结构示意图；

[0027] 图3为本实用新型实施例提供的非人灵长类动物三维视觉刺激实验方法实施例一的流程图。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图和实施例对本实用新型作进一步的详细说明。可以理解的是，此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本实用新型，而非对本实用新型的限定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与本实用新型相关的部分而非全部结构。

[0029] 对于脑网络神经活动的研究，需要对活体生物施加外界刺激，然后对不同外界刺激对应的脑网络的活动加以记录，从中找到不同外界刺激与脑网络神经活动的对应关系，从而揭示脑网络的工作原理。由于对脑网络的活动进行检测很多都需要对活体进行有创实验，不能在活体人类上进行实验，而非人灵长类动物，例如猴子、猩猩等的脑网络与人类相似，因此，目前一般都使用非人灵长类动物进行脑网络神经活动的实验。

[0030] 在进行脑网络神经活动的实验时，外界刺激一般都采用视觉刺激，这是由于视觉刺激较为直观，且变化丰富，对非人灵长类动物的刺激明显。但目前一般都是采用二维图片对非人灵长类动物进行视觉刺激，并对脑网络的活动加以记录，也就是给猴子等非人灵长类动物观看不同的图片，然后测试猴子的脑网络的相关生物神经信号变化情况。但二维图片与自然环境中的物体还是存在差距，目前的脑网络实验得到的实验结果还不能很好地反应脑网络的工作原理。

[0031] 本实用新型实施例提供一种非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统，将对非人灵长类动物的脑网络神经活动实验的视觉刺激从二维图片转变为三维视觉刺激，从而更好地模拟自然环境的视觉刺激，得到脑网络对自然环境的视觉刺激的真实反馈，从而更好地揭示脑网络的工作原理。

[0032] 图1为本实用新型实施例提供的非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统实施例一的结构示意图，如图1所示，本实施例提供的实验系统包括：三维刺激显示模块11、眼动跟踪模块12、三维刺激控制模块13、神经信号采集模块14、数据集成模块15。

[0033] 其中，三维刺激显示模块11和眼动跟踪模块12分别与三维刺激控制模块13连接，神经信号采集模块14和三维刺激控制模块13分别与数据集成模块15连接，眼动跟踪模块12还与数据集成模块15连接。

[0034] 三维刺激控制模块13用于生成三维视觉刺激，并将三维视觉刺激发送至三维刺激显示模块11；三维刺激显示模块11用于显示三维视觉刺激。由于采用二维图片对非人灵长类动物进行视觉刺激，非人灵长类动物观看的图片与自然状态下的实物差距较大，那么脑神经的活动状态也必然与观看到实际物体的状态不一致。因此，在本实施例中，由三维刺激控制模块13生成三维视觉刺激，并采用三维刺激显示模块11显示三维视觉刺激。由于三维视觉刺激的显示与自然物体的差距较小，因此，当非人灵长类动物观看到三维视觉刺激时，

脑网络的活动状态将与观看到实际物体时的状态更加相近,此时对观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的脑网络的活动状态进行记录,则可以得到脑网络对不同的三维视觉刺激的反应状态。

[0035] 三维刺激显示模块11可以是任一种能够实现三维显示的设备或装置,例如三维显示眼镜,裸眼3D显示设备等。三维刺激控制模块13根据三维刺激显示模块11的实际需要,生成三维刺激显示模块11能够显示的三维视觉刺激内容。且三维刺激控制模块13需要根据进行测试的非人灵长类动物的种类,根据一定的逻辑,生成适合于该非人灵长类动物观看,且能够对非人灵长类动物进行视觉刺激。

[0036] 为了使观看三维视觉刺激的非人灵长类动物能够观看到更加真实的三维视觉刺激,三维刺激显示模块11播放的三维视觉刺激是由三维刺激控制模块13根据摄像机拍摄好的图像构建出的。三维刺激控制模块13进行三维视觉刺激构建的主要步骤包括:1、图像获取,图像的获取是三维重建的基础,获取的方式主要是通过摄像机拍摄,在获取时要考虑视角、光照、摄像机性能等因素,以利于后面的重建计算。2、摄像机标定,包括确定摄像机的位置和属性。一个有效的摄像机模型,有利于精确地恢复出空间景物的三维信息。3、特征提取,特征指像素或像素集合,常用的匹配特征包括点状特征、线状特征和区域特征等。一般来讲,大尺度特征含有较丰富的信息,数目较少,易于得到快速匹配,但对它们的描述相对复杂,定位精度也差;小尺度特征定位精度高,表达描述简单,但数目多、所含信息量却较少。4、立体匹配,由多视点的视差确定3D信息,需要确定场景中同一物点在不同图像中的对应关系。立体匹配是根据对所选特征和特征间的对应关系,将同一个空间点在不同图像中的映像点对应起来,并由此得到相应的视差图像。5、深度信息确定,利用立体匹配得到的视差图像,确定图像深度信息并恢复场景3D信息。6、后处理,包括深度插值、误差校正和表面处理等等。三维重建的最终目的是恢复景物可视表面的完整信息。

[0037] 由于本实施例提供的实验系统是用于为非人灵长类动物进行三维视觉刺激实验,非人灵长类动物的活动状态难以预测,为了提高实验效率,三维刺激显示模块11可以采用头戴式三维显示眼镜。将头戴式三维显示眼镜固定戴在非人灵长类动物头上后,无论非人灵长类动物的头部如何运动,都可以使其观看到头戴式三维显示眼镜中显示的三维视觉刺激。

[0038] 眼动跟踪模块12用于在三维刺激显示模块11显示三维视觉刺激时,跟踪观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动,并将眼睛运动轨迹发送至数据集成模块15。当三维刺激显示模块11显示三维视觉刺激时,眼动跟踪模块12跟踪观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动,将该眼睛运动轨迹记录下来,并将记录的眼睛运动轨迹发送至数据集成模块15。由于非人灵长类动物在观看三维视觉刺激时,眼睛是否注视播放的三维视觉刺激,以及眼睛注视的不同位置,都表示着非人灵长类动物对该三维视觉刺激的不同反应。因此,将非人灵长类动物观看三维视觉刺激时的眼睛运动轨迹和三维视觉刺激共同存储起来,可以为对非人灵长类动物的脑网络研究提供支持。眼动跟踪模块12可以为高速摄像机,高速摄像机拍摄获得眼睛图像信息,将眼睛图像信息输入至眼运动计算机计算出眼睛位置信息。

[0039] 神经信号采集模块14用于在三维刺激显示模块11显示三维视觉刺激时,采集观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的生物神经信号,并将生物神经信号发送至数据集成模块

15. 非人灵长类动物的脑网络与人类的相似,结构十分复杂,当脑网络进行活动时,非人灵长类动物体内的多个器官都会进行工作,非人灵长类动物的神经电信号、神经信息等很多生物神经信息都会发生变化。神经信号采集模块14可以对观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的至少一种生物神经信号进行采集,从而获得反映非人灵长类动物在观看三维视觉刺激时的脑网络神经活动数据。

[0040] 神经信号采集模块14例如可以采集非人灵长类动物的脑神经细胞光学成像,得到脑神经细胞功能光学成像。再例如神经信号采集模块14可以采集非人灵长类动物的神经递质浓度。神经信号采集模块14根据所需采集的生物神经信号的种类,由不同的传感器和信号采集装置组成,神经信号采集模块14的具体结构和功能在后述实施例中进行详细说明。

[0041] 三维刺激控制模块13、眼动跟踪模块12和神经信号采集模块14分别将三维视觉刺激、眼睛运动轨迹和采集的生物神经信号发送至数据集成模块15,数据集成模块15将采集到的生物神经信号与采集该生物神经信号时对应的三维视觉刺激以及眼睛运动轨迹集成在一起并存储起来,这样就得到了不同的三维视觉刺激、观看三维视觉刺激时的反应与生物神经信号的对应关系。

[0042] 数据集成模块15中存储的数据,即为非人灵长类动物对于不同三维视觉刺激的脑网络功能变化情况,在采集到足够数量的数据后,即可对数据集成模块15中存储的数据进行分析,从而对脑网络的工作机理分析提供更加准确可靠的数据。由于非人灵长类动物的脑网络构造与人类类似,对本实用新型实施例提供的实验系统采集到的数据进行分析,能够为人工智能的研究以及人类脑部疾病的诊断和治疗提供支持。

[0043] 本实用新型实施例提供的非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统,由三维刺激控制模块控制三维刺激显示模块显示三维视觉刺激,并由眼动跟踪模块对观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动轨迹进行跟踪,使得观看三维视觉刺激的非人灵长类动物能够得到与自然物体非常接近的视觉刺激,再使用神经信号采集模块采集非人灵长类动物在观看三维视觉刺激时的生物神经信号,从而可以得到非人灵长类动物的脑网络视觉刺激实验数据,为揭示脑网络的工作原理,为人工智能的开发和大脑疾病的诊断与治疗提供了重要的数据支持。

[0044] 在图1所示的实验系统中,为了确保进行实验的非人灵长类动物能够准确观看到三维刺激显示模块11显示的三维视觉刺激,三维刺激控制模块13还与眼动跟踪模块12连接,获取眼动跟踪模块12采集的眼睛运动轨迹。由于只有确保实验中的非人灵长类动物观看到该三维视觉刺激,获取到的脑网络的生物特征才能够准确反映非人灵长类动物对播放的三维视觉刺激的脑网络神经活动。因此,眼动跟踪模块12跟踪观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动,并将跟踪到的眼睛运动轨迹发送至三维刺激控制模块13,使三维刺激控制模块13确定实验中的非人灵长类动物是否观看到了播放的三维视觉刺激。另外,三维刺激控制模块13可以在接收到眼动跟踪模块12采集到的眼睛运动轨迹后,确定当观看三维视觉刺激的非人灵长类动物注视三维刺激显示模块11的视野中心时,控制三维刺激显示模块11显示三维视觉刺激。这样可以确保三维刺激显示模块11显示的三维视觉刺激被实验中的非人灵长类动物观看到,以确保实验数据的准确性。

[0045] 图2为本实用新型实施例提供的非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统实施例二的结构示意图,如图2所示,本实施例提供的实验系统在图1的基础上,还包括奖赏控制

模块16。奖赏控制模块16与三维刺激控制模块13连接,用于根据三维刺激控制模块13的控制,为观看三维视觉刺激的非人灵长类动物提供食物奖励。三维刺激控制模块13具体用于在接收到眼动跟踪模块12采集到的眼睛运动轨迹后,确定当观看三维视觉刺激的非人灵长类动物注视三维刺激显示模块11的视野中心时,根据预设逻辑,控制三维刺激显示模块11显示三维视觉刺激,并获取眼动跟踪模块12跟踪的眼睛运动轨迹,若眼睛运动轨迹符合预设运动轨迹规则,则控制奖赏控制模块16为观看三维视觉刺激的非人灵长类动物提供食物奖励。

[0046] 由于本实用新型实施例提供的实验系统的实验对象是猴子、猩猩等非人灵长类动物,而这些非人灵长类动物并未被完全驯服,为了使参加实验的非人灵长类动物能够配合完成实验,需要为其提供一定的奖励机制,才能够使其配合完成实验。而对于非人灵长类动物,用食物对其进行奖励的效果最佳,因此,本实施例提供的实验系统增加了奖赏控制模块16,奖赏控制模块16与三维刺激控制模块13连接。当三维刺激控制模块13控制三维刺激显示模块11显示了三维视觉刺激后,三维刺激控制模块13获取眼动跟踪模块12跟踪的眼睛运动轨迹,判断观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动轨迹是否符合预设的规则,也就是判断观看三维视觉刺激的非人灵长类动物是否注视了播放的三维视觉刺激中期望被注视的位置。若符合上述规则,则三维刺激控制模块13控制奖赏控制模块16为观看三维视觉刺激的非人灵长类动物提供食物奖励,例如少量水果或少量果汁等。若观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动轨迹不符合预设的运动轨迹规则,则奖赏控制模块16不会为其提供食物奖励。

[0047] 由于每次对非人灵长类动物进行脑网络刺激实验需要一定的时间,需要观看三维视觉刺激的非人灵长类动物观看较长时间,另外,神经信号采集模块14为了对生物神经信号进行采集,也需要在非人灵长类动物的体内或体表安装一些传感器。那么需要在实验过程中,参加实验的非人灵长类动物不要移动。因此,本实用新型实施例提供的实验系统,优选地,采用三维显示眼镜作为三维刺激显示模块11,且奖赏控制模块16固定在三维刺激显示模块11上,且食物输出口对准佩戴三维显示眼镜的非人灵长类动物的口腔。这样每次非人灵长类动物注视了三维刺激显示模块11中需要被注视的内容时,三维刺激控制模块13控制奖赏控制模块16向非人灵长类动物的口腔输出固定容量的食物。如此参加实验的非人灵长类动物即可配合完成实验。

[0048] 结合视觉刺激与脑网络功能之间的关系,在实用新型本实施例中,为脑网络视觉刺激实验制定了三种实验任务,分别是三维视觉刺激感知实验、三维视觉刺激辨识实验、三维视觉搜索实验。这三种实验为视觉与脑网络神经活动的几种基本组合。三维刺激控制模块13分别为这三种实验制定不同的三维视觉刺激显示逻辑,使三维刺激显示模块11按照一定的顺序和方式显示三维视觉刺激。三维视觉刺激的显示逻辑可以根据实验需求的不同、实验动物的不同进行设计。在本实用新型实施例中,为三种实验任务分别提供一种可行的三维视觉刺激显示逻辑。

[0049] 其中,在三维视觉刺激感知实验中,首先三维刺激控制模块13需要通过眼动跟踪模块12的跟踪结果,确定实验动物是否在注视视野中心的一个亮点,当实验动物注视该亮点一个预设时长后(例如400毫秒),在远离视野中心的位置显示一个三维视觉刺激,呈现一个预设时长后(例如200毫秒)消失;再经过一个预设时长后(例如100毫秒),在远离视野中

心的另一个位置显示一个三维视觉刺激,呈现一个预设时长后(例如200毫秒)消失;以此类推,在呈现了若干个三维视觉刺激后(例如5个),如果实验动物仍然注视该亮点,则三维刺激控制模块13控制奖赏控制模块16向实验动物提供固定容量的食物。如果在实验过程中,实验动物的注视点离开该亮点,则三维刺激显示模块11中所有的三维视觉刺激被关闭,在间隔预设时长后(例如800毫秒),实验重新开始。其中,眼动跟踪模块12在实验过程中实时跟踪实验动物的双眼运动轨迹,从而确定实验动物的注视点。这个实验能够对非人灵长类动物在集中注视目标时的脑网络神经活动状态进行测试。

[0050] 在三维视觉刺激辨识实验中,首先三维刺激控制模块13需要通过眼动跟踪模块12的跟踪结果,确定实验动物是否在注视视野中心的一个亮点,当实验动物注视该亮点一个预设时长后(例如500-1500毫秒),在视野中同时显示多个三维视觉刺激(例如6个),多个三维视觉刺激中,一个与其他三维视觉刺激在形状上有轻微不同,而其他三维视觉刺激是相同的。实验动物有一定的时长(例如1000毫秒)对这些三维视觉刺激进行识别,若在该时长内,实验动物的注视点跳至与其他三维视觉刺激不同的三维视觉刺激上,则三维刺激控制模块13控制奖赏控制模块16向实验动物提供固定容量的食物。如果在该时长内,实验动物的注视点跳至其他相同的三维视觉刺激上,或者在该时长结束后实验动物的注视点没有反应,则三维刺激显示模块11中所有的三维视觉刺激被关闭,在间隔预设时长后(例如800毫秒),实验重新开始。其中,眼动跟踪模块12在实验过程中实时跟踪实验动物的双眼运动轨迹,从而确定实验动物的注视点。这个实验能够对非人灵长类动物在分辨不同目标时的脑网络神经活动状态进行测试。

[0051] 在三维视觉搜索实验中,首先三维刺激控制模块13需要通过眼动跟踪模块12的跟踪结果,确定实验动物是否在注视视野中心的一个亮点,当实验动物注视该亮点一个预设时长后(例如500毫秒),在视野中心显示一个三维视觉刺激作为搜索目标,间隔一个预设时长后(例如500-1500毫秒),视野中心的三维视觉刺激消失,在此过程中跟踪实验动物的注视点是否移动,若移动则实验重新开始。若实验动物的注视点未移动,则三维刺激显示模块11在实验动物的视野内呈现一个三维立体场景,作为搜索目标的三维视觉刺激随机出现在三维立体场景的任意位置,此时眼动跟踪模块12跟踪实验动物的眼睛运动轨迹,判断在预设时长内(例如4秒)实验动物的注视点是否能够移动到该搜索目标且维持一定时长(例如500毫秒)。若在预设时长内实验动物找到搜索目标,则三维刺激控制模块13控制奖赏控制模块16向实验动物提供固定容量的食物。如果未找到,则三维刺激显示模块11中所有的三维视觉刺激被关闭,在间隔预设时长后(例如800毫秒),实验重新开始。其中,眼动跟踪模块12在实验过程中实时跟踪实验动物的双眼运动轨迹,从而确定实验动物的注视点。这个实验能够对非人灵长类动物在搜索视觉目标时的脑网络神经活动状态进行测试。

[0052] 进一步地,三维刺激显示模块11较佳地采用头戴式三维显示眼镜,眼动跟踪模块12采用眼动跟踪摄像头实现。那么为了跟踪实验动物的眼睛运动轨迹,可以将作为眼动跟踪模块12的眼动跟踪摄像头集成在头戴式三维显示眼镜中,组成头戴式可视设备。该头戴式可视设备需要与观看三维视觉刺激的非人灵长类动物匹配,这里的匹配包括外型和尺寸的匹配,使得头戴式可视设备可以固定佩戴在需要参与实验的非人灵长类动物头上,还需要考虑到与双眼对应的显示模块与实验动物眼睛的瞳距、屈光度、感光度等参数进行匹配。

[0053] 在图1和图2所示实施例中,神经信号采集模块14用于对观看三维视觉刺激的非人

灵长类动物的生物神经信号进行采集,生物神经信号的种类繁多,包括多种的神经电信号、神经化学信号等,采集的生物神经信号种类越多,就能够更加准确和完整地反应脑网络的活动。但申请人在研究中发现,在体神经细胞功能成像和在体神经递质检测,对脑网络的活动研究最具价值。因此,神经信号采集模块14可以包括神经细胞光学成像子模块和/或神经递质检测子模块。

[0054] 其中,神经细胞光学成像子模块用于进行在体神经细胞功能成像,对神经细胞的活动直接进行观察和记录。在本实用新型实施例中,采用光纤型荧光显微成像方法进行在体神经细胞功能成像,神经细胞光学成像子模块采用光纤型单光子荧光显微内窥镜实现。通过将光纤型单光子荧光显微内窥镜植入实验动物脑内,在脑内的平面内逐点扫描组织,每点对应一个激发信号,该激发信号由连续源发射,依次偏转并注入到传像光纤束的一根光纤内,随后在出口处聚焦到上述平面内,所述每点转而发射荧光信号,该荧光信号由同一根光纤收集,随后进行检测和数字化处理,以形成像素。

[0055] 神经递质检测子模块用于检测在体神经递质浓度,神经递质是神经系统中进行突触传递的特定化学物质,例如多巴胺、肾上腺素等,准确地检测在体神经递质浓度,对脑网络的活动同样具有巨大意义。在本实用新型实施例中,以检测在体多巴胺和谷氨酸浓度为例,采用碳纤维电极作为多巴胺传感器的基体,将多巴胺传感器植入实验动物体内,通过修饰提高灵敏度和抗干扰能力,结合速循环伏安法对其浓度进行检测;采用金属铂微电极作为谷氨酸的基体,将谷氨酸传感器植入实验动物体内,通过修饰谷氨酸氧化酶实现对谷氨酸特异性地识别,结合恒电位法对其浓度进行检测。将神经递质传感器与光电极阵列耦合,排除相互干扰,建立完善的调控和测量方法,实现活体水平的神经调控和神经递质检测。

[0056] 神经细胞光学成像子模块和/或神经递质检测子模块采集的是实验动物的神经活动或神经化学信号,神经信号采集模块14例如还可以为采集生物电信号的装置或模块,例如采集实验动物的脑电信号、肌电信号等。

[0057] 进一步地,图1和图2所示的实验系统中,还可以增加对观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的肢体运动进行检测的模块,例如给实验动物带上用于检测手部运动的手套,或者在集成的头戴式三维显示眼镜中增加运动传感器,对实验动物的头部运动进行检测等。得到的观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的肢体运动同样与对应的三维刺激对应存储,丰富对脑网络神经活动进行研究的数据种类。

[0058] 图3为本实用新型实施例提供的非人灵长类动物三维视觉刺激实验方法实施例一的流程图,如图3所示,本实施例提供的实验方法包括:

[0059] 步骤S301,生成三维视觉刺激,并显示三维视觉刺激。

[0060] 步骤S302,跟踪观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动,得到眼睛运动轨迹。

[0061] 步骤S303,根据眼睛运动轨迹判断观看三维视觉刺激的非人灵长类动物是否对三维视觉刺激产生预期眼动行为。

[0062] 步骤S304,采集观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的生物神经信号。

[0063] 步骤S305,将三维视觉刺激、眼睛运动轨迹与对应的生物神经信号集成存储。

[0064] 本实施例提供的非人灵长类动物三维视觉刺激实验方法可以采用图1所示的非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统对非人灵长类动物的脑网络神经活动进行检测,其

具体实现方法和技术效果已在图1所示实施例中进行了详细阐述,此处不再赘述。

[0065] 进一步地,在图3所示实施例的基础上,显示三维视觉刺激,包括:根据眼睛运动轨迹,确定当观看三维视觉刺激的非人灵长类动物注视视野中心时,显示所述三维视觉刺激。

[0066] 进一步地,在图3所示实施例的基础上,根据眼睛运动轨迹,确定当观看三维视觉刺激的非人灵长类动物注视视野中心时,显示三维视觉刺激,包括:根据眼睛运动轨迹,确定当观看三维视觉刺激的非人灵长类动物注视视野中心时,根据预设逻辑,显示三维视觉刺激;跟踪观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动,得到眼睛运动轨迹之后,该实验方法还包括:若眼睛运动轨迹符合预设运动轨迹规则,则为观看三维视觉刺激的非人灵长类动物提供食物奖励。

[0067] 进一步地,在图3所示实施例的基础上,采集观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的生物神经信号,包括:获取观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的脑神经细胞功能成像,和/或检测观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的神经递质浓度。

[0068] 进一步地,在图3所示实施例的基础上,该实验方法还包括:检测观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的肢体活动;将三维视觉刺激、眼睛运动轨迹与对应的生物神经信号以及肢体活动集成存储。

[0069] 通过以上关于实施方式的描述,所属领域的技术人员可以清楚地了解到,本实用新型可借助软件及必需的通用硬件来实现,当然也可以通过硬件实现,但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解,本实用新型的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中,如计算机的软盘、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)、闪存(FLASH)、硬盘或光盘等,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本实用新型各个实施例所述的方法。

[0070] 值得注意的是,上述搜索装置的实施例中,所包括的各个单元和模块只是按照功能逻辑进行划分的,但并不局限于上述的划分,只要能够实现相应功能即可;另外,各功能单元的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本实用新型的保护范围。

[0071] 注意,上述仅为本实用新型的较佳实施例及所运用技术原理。本领域技术人员会理解,本实用新型不限于这里所述的特定实施例,对本领域技术人员来说能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本实用新型的保护范围。因此,虽然通过以上实施例对本实用新型进行了较为详细的说明,但是本实用新型不仅仅限于以上实施例,在不脱离本实用新型构思的情况下,还可以包括更多其他等效实施例,而本实用新型的范围由所附的权利要求范围决定。

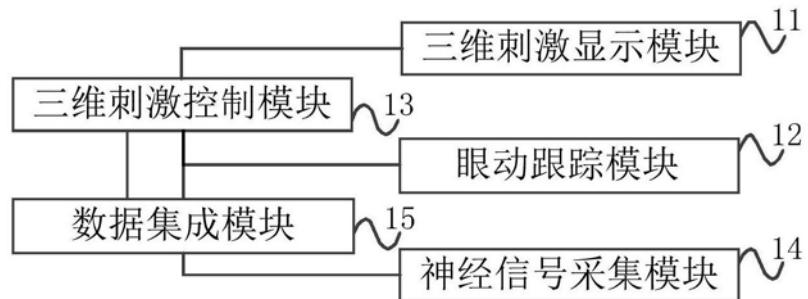


图1

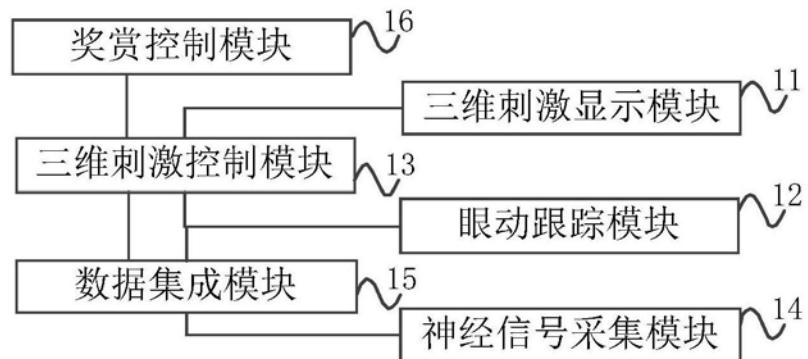


图2

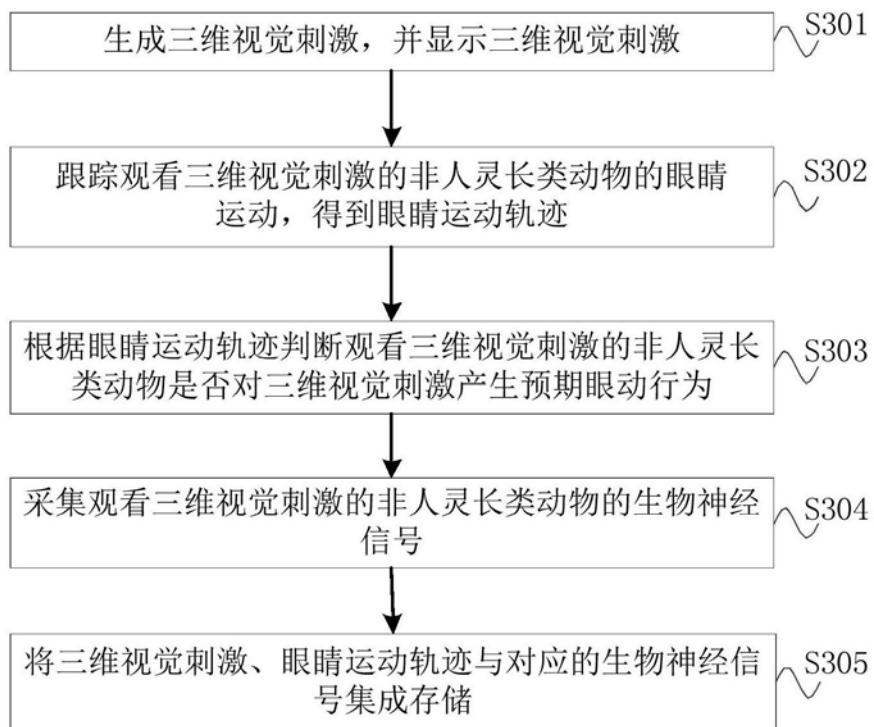


图3

专利名称(译)	非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统		
公开(公告)号	CN208709883U	公开(公告)日	2019-04-09
申请号	CN201721790226.1	申请日	2017-12-20
[标]申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
申请(专利权)人(译)	中国科学院深圳先进技术研究院		
当前申请(专利权)人(译)	中国科学院深圳先进技术研究院		
[标]发明人	谢津 姚洋 周晖晖 朱孝苍 张洁 晏婷		
发明人	谢津 姚洋 周晖晖 朱孝苍 张洁 晏婷		
IPC分类号	A61B5/0484 A61B3/113		
外部链接	Espacenet Sipo		

摘要(译)

本实用新型公开了一种非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统，该实验系统包括：三维刺激显示模块、眼动跟踪模块、三维刺激控制模块、神经信号采集模块、数据集成模块；三维刺激控制模块生成三维视觉刺激，并将三维视觉刺激发送至三维刺激显示模块显示；眼动跟踪模块跟踪观看三维视觉刺激的非人灵长类动物的眼睛运动，得到眼睛运动轨迹；神经信号采集模块采集非人灵长类动物的生物神经信号；数据集成模块将三维视觉刺激、眼睛运动轨迹与对应的生物神经信号集成存储。本实用新型公开的非人灵长类动物用的三维视觉刺激实验系统，用于获取非人灵长类动物在受到三维视觉刺激时的脑网络神经活动数据和眼动数据。

