



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119951008 A

(43) 申请公布日 2025. 05. 09

(21) 申请号 202510165608.8

(22) 申请日 2025.02.14

(71) 申请人 天津大学

地址 300000 天津市南开区卫津路92号

(72) 发明人 明东 刘秀云 王文龙 佟小光

郝聪颖 蒲珂 刘馨阳 任翔

李浩东 何孟奇 杜勇铸 周子昂

尉辉杰

(74) 专利代理机构 北京领果世纪知识产权代理

有限公司 16221

专利代理师 王杰

(51) Int. Cl.

A61N 1/36 (2006.01)

A61N 1/05 (2006.01)

A61B 17/34 (2006.01)

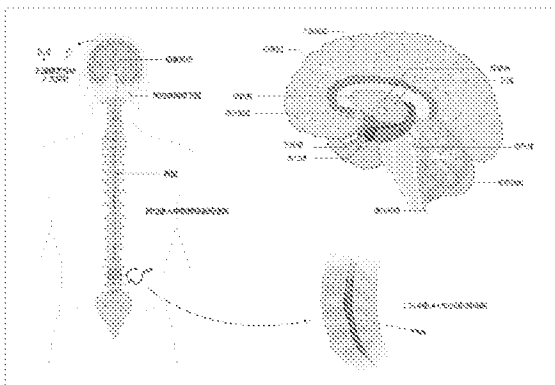
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区
调控系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区调控系统,属于医疗技术领域。该系统包括:腰椎穿刺手术模块、微创进入中枢神经系统模块、无源超柔性植入式探针装置、针对性定点刺激模块。本发明旨在提供一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区调控系统,通过微创手术导航探针至特定的大脑深部区域,实现精准的神经调控和治疗多种神经系统疾病。



1. 一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区调控系统,其特征在于,该系统包括:
腰椎穿刺手术模块、微创进入中枢神经系统模块、无源超柔性植入式探针装置、针对性定点刺激模块。
2. 根据权利要求1所述的一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区调控系统,其特征在于,所述无源超柔性植入式探针装置,包括:数字可编程刺激器、探头和探针。
3. 根据权利要求1所述的一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区调控系统,其特征在于,所述探头包括用于采集神经信号的高精度电极和用于固定探针于目标区域的网状装置区域。
4. 根据权利要求1所述的一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区调控系统,其特征在于,该系统还包括实时影像导航模块,用于辅助无源超柔性植入式探针精确导航至目标区域。
5. 一种使用如权利要求1至4任一项所述的系统进行大脑深部核区调控的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:
 - S1、根据诊断结果,精准确定最佳深度脑刺激部位;
 - S2、利用腰椎穿刺手术模块,将插有微型导线的穿刺针通过腰椎间隙进入蛛网膜下腔,拔出穿刺针,微型导线留置;
 - S3、利用微创进入中枢神经系统模块,沿微型导线推进无源超柔性植入式探针装置,实时影像精确导航至脑室系统目标区域;
 - S4、利用针对性定点刺激模块,对无源超柔性植入式探针装置施加电刺激,调节异常神经活动。

一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区调控系统

技术领域

[0001] 本发明属于医疗技术领域,具体涉及一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区调控系统。

背景技术

[0002] 近年来,人们对利用神经技术与中枢神经系统(CNS)建立接口以诊断和治疗疾病的兴趣显著增加。随着这些技术的不断发展,应用领域已经从传统的治疗拓展到更精确、更个性化的干预。然而,当前技术面临的主要障碍之一是如何以微创方式与神经系统接触,同时避免对健康组织造成损伤。例如,目前约有30%的癫痫患者无法通过药物控制病情,而这些患者中只有一小部分接受了侵入性治疗,如神经调控或外科手术。这主要是因为类似于立体定向脑手术的侵入性操作风险较高,需要在脑部植入电极进行监测或刺激,这对患者和医生来说都存在较大的挑战和顾虑。

[0003] 近年来,通过循环系统进行微创手术为植入神经接口设备开辟了新的发展方向。随着电极设备的小型化、电极阵列设计的不断创新以及长期植入技术的进步,这一领域的技术潜力得到了进一步提升。例如,研究人员通过在绵羊颈静脉内插入导管,经上矢状窦成功记录体感诱发电位,并在人体中验证了这一方法的可行性。此外,柔性材料和磁电材料的开发为神经接口技术带来了显著优势。柔性材料能够更好地适应组织形变,降低炎症和组织损伤的风险;磁电材料则支持外部磁场驱动的非接触式电刺激与信号传输,不仅简化了设备设计,还显著减少了能耗。尽管如此,这一方法在实际应用中仍面临诸多挑战。首先,植入设备需要长期使用抗血栓药物以防止血栓形成。此外,血管植入物的内皮化问题也亟待解决:内皮化不足可能导致血管堵塞,而过度内皮化则可能影响设备的正常功能。加之血管系统的复杂形态及中枢神经系统小口径血管的限制,使得现有技术难以稳定导航至深层脑结构或脊髓目标,从而使得多数皮层下及脊髓区域的治疗难以实现。

[0004] 为应对上述挑战,心室系统和蛛网膜下腔被提出作为一种潜在替代路径。与血管系统类似,这些空间与中枢神经系统紧密相连,但具有更大的操作优势,例如减少抗血栓药物治疗的需求,同时提供更多到达脑表面和脊髓的路径。脑脊液(CSF)是存在于中枢神经系统周围的一种透明液体,主要分布在脑室系统、蛛网膜下腔及脊髓中央管中。它由脑室脉络丛分泌,通过脑室、导水管、蛛网膜颗粒等通道进行循环。脑脊液的主要功能是为大脑和脊髓提供机械保护、代谢支持及信号传递,并通过缓冲作用减少物理冲击。与血管系统相比,脑脊液循环系统具有多个显著优势:首先,其通路更为宽敞,便于设备或导管的部署和导航;其次,脑脊液直接接触中多个关键治疗目标区域,包括大脑皮层、深部结构及脊髓;此外,由于其不涉及血流,避免了血栓形成风险,无需长期使用抗血栓药物,从而降低了相关并发症。脑脊液循环的广泛分布,使其成为研究神经接口植入技术的重要潜在路径。并且,脑脊液循环系统的相关空间已为神经外科医生和患者所熟悉,目前多种疾病,如脑积水、痉挛和慢性背痛等,已通过脑脊液通路和导管技术进行治疗。由于这些空间与中枢神经系统紧密相连,医生对其解剖结构和生理功能有深入了解,这为脑脊液循环系统在神经接口技

术中的应用提供了操作可行性和临床优势。。

发明内容

[0005] 本发明旨在提供一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区调控系统,通过微创手术导航探针至特定的大脑深部区域,实现精准的神经调控和治疗多种神经系统疾病。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案如下:

一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区调控系统,该系统包括:

腰椎穿刺手术模块、微创进入中枢神经系统模块、无源超柔性植入式探针装置、针对性定点刺激模块。

[0007] 优选的,所述无源超柔性植入式探针装置采用磁电材料,通过外部磁场激励生成后向散射磁场,作为能量和信号载体,为探针供能,实现指令通信与神经元信号的采集。

[0008] 优选的,所述无源超柔性植入式探针装置,包括:数字可编程刺激器、探头和探针。

[0009] 优选的,所述数字可编程刺激器,用于精确控制电刺激。

[0010] 优选的,所述数字可编程刺激器可输出8个电压控制、可编程振幅和双相脉冲。

[0011] 优选的,所述探头包括用于采集神经信号的高精度电极和用于固定探针于目标区域的网状装置区域。

[0012] 优选的,所述探针由高柔性、生物相容性材料制成。

[0013] 优选的,所述探针采用聚二甲基硅氧烷·(PDMS)·基体材料,与磁性纳米粒子融合形成复合材料。

[0014] 优选的,所述磁性纳米粒子为铁氧化物纳米粒子。

[0015] PDMS作为柔性基材,具有优异的生物相容性、机械柔韧性和化学稳定性,能够确保植入物与神经组织的长时间接触不会引发免疫排斥或组织损伤。同时,嵌入的磁性纳米粒子为探针赋予磁电响应特性,在外部磁场激励下,可产生后向散射磁场用于信号传输与能量采集。此复合材料不仅提升了探针的机械适应性和信号传递能力,还确保了其在MRI实时影像导航中的精确定位性能。

[0016] 优选的,该系统还包括实时影像导航模块,用于辅助无源超柔性植入式探针精确导航至目标区域。

[0017] 本发明还提供了一种使用所述的系统进行大脑深部核区调控的方法,该方法包括以下步骤:

S1、根据诊断结果,精准确定最佳深度脑刺激部位;

S2、利用腰椎穿刺手术模块,将插有微型导线的穿刺针通过腰椎间隙进入蛛网膜下腔,拔出穿刺针,微型导线留置;

S3、利用微创进入中枢神经系统模块,沿微型导线推进无源超柔性植入式探针装置,实时影像精确导航至脑室系统目标区域;

S4、利用针对性定点刺激模块,对无源超柔性植入式探针装置施加电刺激,调节异常神经活动。

[0018] 优选的,所述腰椎穿刺手术的操作流程包括如下步骤:

A1、患者侧卧位或坐位,背部弯曲,严格无菌条件下进行皮肤消毒,施行局部麻醉;

A2、选择L3-L4或L4-L5腰椎间隙,使用有微型导线的穿刺针缓慢穿过皮肤、韧带和

硬脊膜,进入蛛网膜下腔,缓慢拔出穿刺针,微型导线留置。

[0019] 优选的,所述微型导线表面带有生物相容性涂层。

[0020] 与现有技术相比,本发明具有如下优点和技术效果:

1. 本发明提供了一种基于微创型脑机接口的大脑深部核区调控系统,通过腰椎穿刺手术,以脑脊液流动路径为导向,无源超柔性植入式探针沿脊髓上行,经过蛛网膜下腔和脑室系统,精准到达目标区域。通过这种微创技术,可以针对不同的神经系统疾病实施相应的电刺激或神经调控,为患者提供更加个性化和靶向的治疗。

[0021] 2. 通过避免传统开颅手术的高侵入性,降低术后并发症和感染的风险。超柔性血管内探针的设计能够适应脑脊液通路的弯曲和狭窄,确保设备导航的灵活性和安全性。且无源超柔性植入式探针是一种结合无线供电与电刺激的先进装置,探针通过将外部磁场转化为电场实现无线供电,同时利用其内置的电磁材料产生反向散射磁场,作为载波信号传输媒介。探针的超柔性设计突出了其微型化特性,能够显著提高与脑组织的生物相容性,降低组织损伤风险。

[0022] 3. 针对性定点刺激技术能够根据患者的具体病情和诊断结果,精准确定最佳深度脑刺激部位,实现个性化的电刺激治疗。这种方法不仅可以针对不同的神经系统疾病进行精准调控,还能有效减少患者的痛苦,改善治疗效果,提升生活质量。因此,本发明在临床应用中展现出巨大的潜力和优势,为神经系统疾病的治疗提供了一种更为安全、有效和精准的新方法。

[0023] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0024] 图1为本发明基于微创型无源脑机接口的大脑深部核区调控系统的框架图 and 大脑解剖图;

图2为本发明无源超柔性植入式探针装置中基于磁电材料的脑电信号采集与编程式电刺激流程图;

图3为本发明提供的基于微创型无源脑机接口的大脑深部核区调控系统的流程图。

具体实施方式

[0025] 以下通过附图和实施例对本发明的技术方案做进一步说明。

[0026] 除非另外定义,本发明使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。

[0027] 在本发明中,若无特殊说明,其他试验材料及仪器设备均为本领域常规的试验材料,均可通过商业渠道购买得到。

[0028] 实施例1

S1、根据帕金森病患者诊断结果,精准确定最佳深度脑刺激部位为丘脑底核;

S2、利用腰椎穿刺手术模块,患者侧卧位,背部弯曲,严格无菌条件下进行皮肤消毒,施行局部麻醉;选择L3-L4腰椎间隙,使用有微型导线的穿刺针缓慢穿过皮肤、韧带和硬脊膜,进入蛛网膜下腔,缓慢拔出穿刺针,微型导线留置,其中,微型导线表面带有生物相容

性涂层。

[0029] S3、利用微创进入中枢神经系统模块,沿微型导线推进无源超柔性植入式探针装置,实时影像MRI精确导航至脑室系统丘脑底核,其中,无源超柔性植入式探针装置采用磁电材料,通过外部磁场激励生成后向散射磁场,作为能量和信号载体,为探针供能,实现指令通信与神经元信号的采集,集成数字可编程刺激器,可输出8个电压控制、可编程振幅和双相脉冲,速率达500 Hz,用于精确控制电刺激,探针的探头包括用于采集神经信号的高精度电极和用于固定探针于目标区域的网状装置区域,探针是聚二甲基硅氧烷(PDMS)为基体材料,与四氧化三铁纳米粒子融合形成的复合材料。

[0030] S4、利用针对性定点刺激模块,对无源超柔性植入式探针装置施加电刺激,以缓解震颤和运动僵硬。

[0031] 实施例2

S1、根据癫痫患者诊断结果,精准确定最佳深度脑刺激部位为前核;

S2、利用腰椎穿刺手术模块,患者侧卧位,背部弯曲,严格无菌条件下进行皮肤消毒,施行局部麻醉;选择L3-L4腰椎间隙,使用有微型导线的穿刺针缓慢穿过皮肤、韧带和硬脊膜,进入蛛网膜下腔,缓慢拔出穿刺针,微型导线留置,其中,微型导线表面带有生物相容性涂层。

[0032] S3、利用微创进入中枢神经系统模块,沿微型导线推进无源超柔性植入式探针装置,实时影像MRI精确导航至脑室系统前核,其中,无源超柔性植入式探针装置采用磁电材料,通过外部磁场激励生成后向散射磁场,作为能量和信号载体,为探针供能,实现指令通信与神经元信号的采集,集成数字可编程刺激器,可输出8个电压控制、可编程振幅和双相脉冲,速率达500 Hz,用于精确控制电刺激,探针的探头包括用于采集神经信号的高精度电极和用于固定探针于目标区域的网状装置区域,探针是聚二甲基硅氧烷(PDMS)为基体材料,与四氧化三铁纳米粒子融合形成的复合材料。

[0033] S4、利用针对性定点刺激模块,对无源超柔性植入式探针装置施加电刺激,以减少癫痫发作。

[0034] 实施例3

S1、根据顽固性抑郁症患者诊断结果,精准确定最佳深度脑刺激部位为扣带回;

S2、利用腰椎穿刺手术模块,患者侧卧位,背部弯曲,严格无菌条件下进行皮肤消毒,施行局部麻醉;选择L3-L4腰椎间隙,使用有微型导线的穿刺针缓慢穿过皮肤、韧带和硬脊膜,进入蛛网膜下腔,缓慢拔出穿刺针,微型导线留置,其中,微型导线表面带有生物相容性涂层。

[0035] S3、利用微创进入中枢神经系统模块,沿微型导线推进无源超柔性植入式探针装置,实时影像MRI精确导航至脑室系统扣带回,其中,无源超柔性植入式探针装置采用磁电材料,通过外部磁场激励生成后向散射磁场,作为能量和信号载体,为探针供能,实现指令通信与神经元信号的采集,集成数字可编程刺激器,可输出8个电压控制、可编程振幅和双相脉冲,速率达500 Hz,用于精确控制电刺激,探针的探头包括用于采集神经信号的高精度电极和用于固定探针于目标区域的网状装置区域,探针是聚二甲基硅氧烷(PDMS)为基体材料,与四氧化三铁纳米粒子融合形成的复合材料。

[0036] S4、利用针对性定点刺激模块,对无源超柔性植入式探针装置施加电刺激,来调节

情绪。

[0037] 实施例4

S1、根据失眠患者诊断结果,精准确定最佳深度脑刺激部位为视前区和丘脑正中核;

S2、利用腰椎穿刺手术模块,患者侧卧位,背部弯曲,严格无菌条件下进行皮肤消毒,施行局部麻醉;选择L3-L4腰椎间隙,使用有微型导线的穿刺针缓慢穿过皮肤、韧带和硬脊膜,进入蛛网膜下腔,缓慢拔出穿刺针,微型导线留置,其中,微型导线表面带有生物相容性涂层。

[0038] S3、利用微创进入中枢神经系统模块,沿微型导线推进无源超柔性植入式探针装置,实时影像MRI精确导航至脑室系统视前区和丘脑正中核,无源超柔性植入式探针装置采用磁电材料,通过外部磁场激励生成后向散射磁场,作为能量和信号载体,为探针供能,实现指令通信与神经元信号的采集,集成数字可编程刺激器,可输出8个电压控制、可编程振幅和双相脉冲,速率达500 Hz,用于精确控制电刺激,探针的探头包括用于采集神经信号的高精度电极和用于固定探针于目标区域的网状装置区域,探针是聚二甲基硅氧烷(PDMS)为基体材料,与四氧化三铁纳米粒子融合形成的复合材料。

[0039] S4、利用针对性定点刺激模块,对无源超柔性植入式探针装置施加电刺激,改善睡眠节律和质量。

[0040] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其进行限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而这些修改或者等同替换亦不能使修改后的技术方案脱离本发明技术方案的精神和范围。

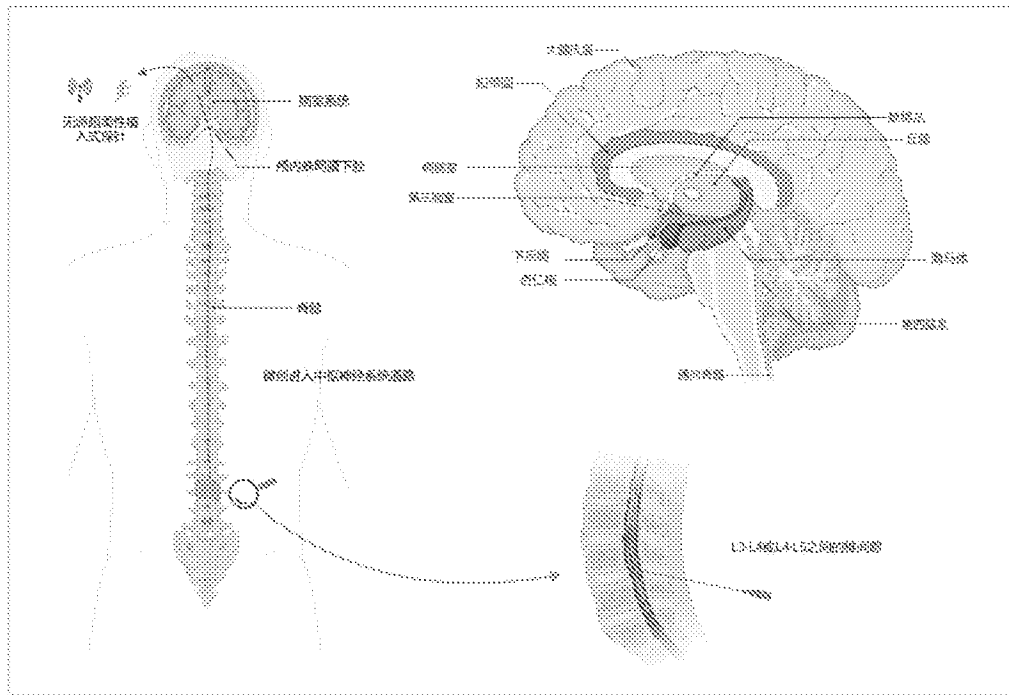


图1

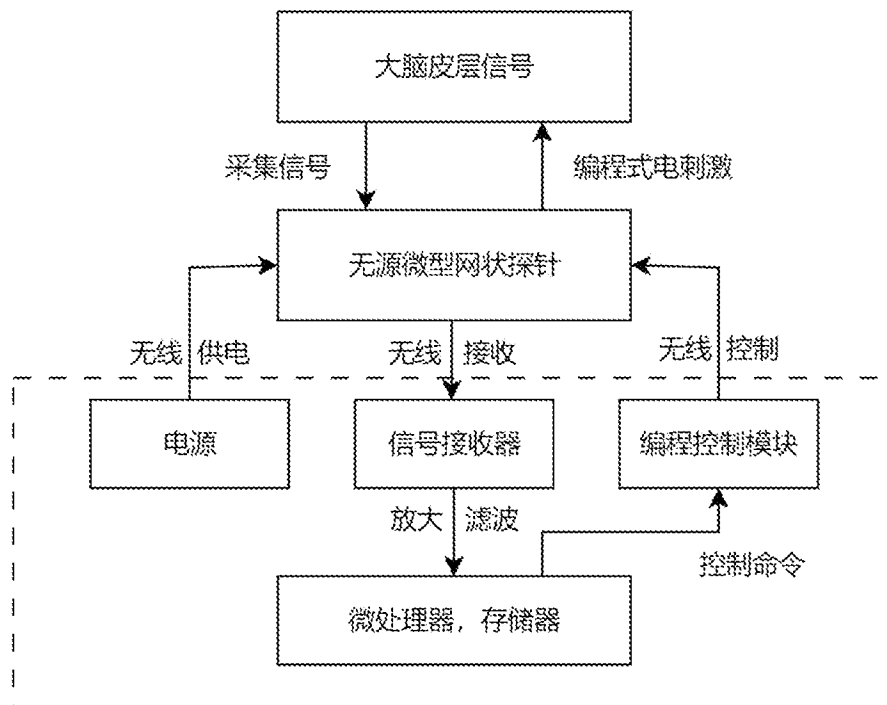


图2

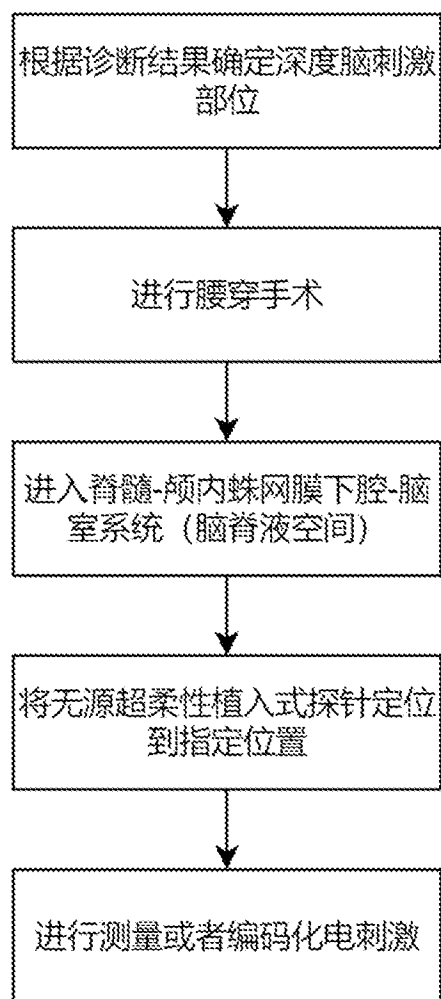


图3