



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106510757 A

(43)申请公布日 2017. 03. 22

(21)申请号 201610957450.9

(22)申请日 2016.11.03

(71)申请人 张晓光

地址 325608 浙江省温州市乐清市石帆镇
大界村

(72)发明人 单畅 宋烨 张晓光 肖莉彬
潘江其 杨文婷 郑霞薇 胡文彬

(74)专利代理机构 苏州中合知识产权代理事务
所(普通合伙) 32266

代理人 马丽丽

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

A61D 3/00(2006.01)

A61B 8/08(2006.01)

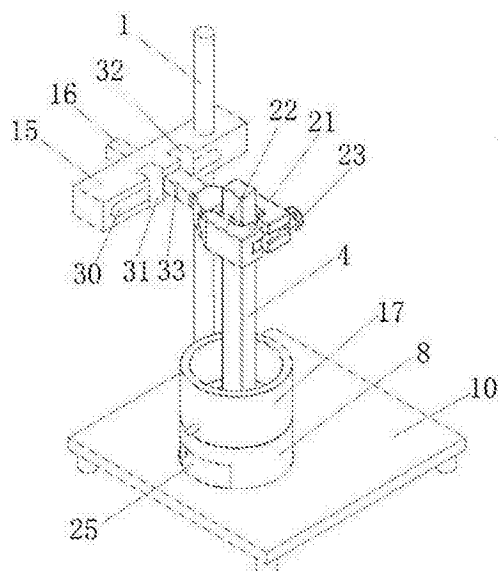
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的
辅助装置

(57)摘要

本发明公开了一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置,所述辅助装置包括:第一支架、固定夹、水槽和底座;所述第一支架固定在底座上,用来支撑固定夹;所述固定夹包括基部和接合部,所述基部和接合部之间具有可容纳超声探头的自由端的孔;所述水槽用于容纳超声探头的超声发射端,包括水槽侧壁和聚氨酯膜;所述聚氨酯膜形成水槽底部,且其正中凸出为半椭球形。使用这种辅助装置后,超声探头便于固定,诊断超声只局限辐照与聚氨酯膜相贴部位的脑组织,并可显著降低超声造影二维图上的噪影,聚氨酯膜与小鼠脑之间的耦合剂也不易滑脱。



1. 一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置,其特征在于,所述辅助装置包括:第一支架、固定夹、水槽和底座;

所述第一支架固定在底座上,用来支撑固定夹;

所述固定夹包括基部和接合部,所述基部和接合部之间具有可容纳超声探头的自由端的孔;

所述水槽用于容纳超声探头的超声发射端,包括水槽侧壁和聚氨酯膜;所述聚氨酯膜形成水槽底部,且其正中凸出为半椭球形。

2. 根据权利要求1所述的一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置,其特征在于,所述水槽中放置除气水,所述超声发射端置于除气水内。

3. 根据权利要求1所述的一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置,其特征在于,所述水槽外侧设有:水槽内环和水槽外环;所述水槽内环和水槽外环之间形成循环水通道。

4. 根据权利要求1所述的一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置,其特征在于,所述辅助装置还包括:环形支架;所述环形支架设置在水槽下方,且可与水槽相嵌合。

5. 根据权利要求4所述的一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置,其特征在于,所述环形支架上设有卡槽。

6. 根据权利要求5所述的一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置,其特征在于,所述卡槽对称设置。

7. 根据权利要求1所述的一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置,其特征在于,所述固定夹为滑动固定夹,包括基部、接合部和第三调节旋钮;所述基部和接合部可经第三调节旋钮锁紧。

8. 根据权利要求1所述的一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置,其特征在于,所述辅助装置还包括:横向支架、调节杆、第一卡固结构和第二卡固结构;所述横向支架具有上下两底面、左右两侧面和前后两侧面;所述前后两侧面上设有横向通孔;所述调节杆穿透横向通孔,且可在横向通孔内左右前后移动,所述调节杆的一端设置固定夹;所述第一卡固结构和第二卡固结构分别设置在调节杆的左右两侧,用来固定调节杆在横向支架上的横向位置;所述调节杆沿前后方向设有若干凹槽,所述第一卡固结构和第二卡固结构可嵌入凹槽内,用来固定调节杆在横向支架上的前后位置。

一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置

技术领域

[0001] 本发明涉及生物学用器械技术领域,尤其是涉及一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置。

背景技术

[0002] 血脑屏障是由大脑微血管内皮细胞、基质膜、周细胞以及星形胶质细胞足突共同组成的位于外周循环与中枢神经系统之间的分界。虽然生理情况下血脑屏障保护了中枢神经系统不受外来有害物质的侵入,但是同时血脑屏障也阻止了大部分治疗性药物进入中枢神经系统。因此,在很长一段时间里,由于血脑屏障的存在以及开放血脑屏障方法的局限性,中枢神经系统疾病的治疗发展受到了极大限制。寻找安全、有效的给药途径使治疗药物能通过血脑屏障进入脑组织发挥作用,是临床迫切要解决的问题之一。

[0003] 近年研究发现,超声联合微泡技术可安全、有效地暂时性开放血脑屏障,促进治疗药物通过血脑屏障,提高脑实质内药物浓度,达到提高治疗效果的目的。该方法成为了目前开放血脑屏障最有效的方法,临床应用前景很广。目前用于改善血脑屏障通透性的超声技术主要包括治疗超声、聚焦超声和诊断超声。由于前两者存在声学功率及所需组建设备偏大,并对微血管周围正常组织细胞有一定的破坏和损伤,不利于应用技术的开展。诊断超声仪器已广泛应用普及于临床疾病的诊断和评估,其声学功率较低,操作便捷、可行性好,有利于临床前期的实验性研究。实际研究中,研究者多采用超声探头以大鼠颅骨颞侧面为超声波辐照声窗来开放单侧脑颞叶血脑屏障,探头固定保持与声窗呈垂直 $90\pm 5^\circ$,声窗颞骨皮肤接触面还需均匀涂抹超声波专用耦合剂。

[0004] 现有的诊断超声微泡开放大鼠单侧脑血脑屏障的方法具有以下不足:1、由于诊断用超声探头一般均较大鼠脑组织大,直接以颅骨颞侧面为声窗,很难调控探头角度使其只局限于颞侧脑,另外除颞侧脑外的其他脑区如需辐照,探头直接紧贴颅骨辐照势必会引起照射的区域偏大,并不能达到临床所要求的精准化治疗;2、诊断用超声探头直接紧贴颅骨辐照,超声造影二维图上的噪影比较大,造成大鼠脑组织在声窗内显示欠清晰,不利于定位判断;3、在辐照时间内,经手的探头固定容易变位,此外手动固定还需要有一个切角,致使每一次实验之间的偏差不可控;4、颞侧面涂有的耦合剂与超声探头直接接触,极其容易滑脱,致使超声存在衰减可能。

[0005] 基于上述所提及的不足,需要一种改进的装置,将其用于辅助诊断超声技术,以便能成功打开血脑屏障并改进现有技术的不足,同时将实验的精准度提高到小鼠水平。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用以下内容:

[0008] 一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置,所述辅助装置包括:第一支架、固定夹、水槽和底座;

[0009] 所述第一支架固定在底座上,用来支撑固定夹;

[0010] 所述固定夹包括基部和接合部,所述基部和接合部之间具有可容纳超声探头的自由端的孔;

[0011] 所述水槽用于容纳超声探头的超声发射端,包括水槽侧壁和聚氨酯膜;所述聚氨酯膜形成水槽底部,且其正中凸出为半椭球形。

[0012] 本发明的辅助装置是用于辅助诊断超声联合微泡开放血脑屏障技术,通过将超声探头的自由端用固定夹固定,超声探头的超声发射端置于水槽中,在水槽中放入除气水,将水槽底部的聚氨酯膜的半椭球形部分与待实验对象接触之后进行诊断超声联合微泡开放血脑屏障。使用这种辅助装置后,超声探头的固定十分方便且稳固,可显著降低超声造影二维图上的噪影;设置具有聚氨酯膜底部的水槽使得超声仅局限辐照于与聚氨酯膜的半椭球形部分相贴部位的脑组织;聚氨酯膜轻薄且柔软,在探测时其与小鼠脑之间的耦合剂不易滑脱。

[0013] 进一步地,所述水槽中放置除气水,所述超声发射端置于除气水内。

[0014] 进一步地,所述水槽外侧设有:水槽内环和水槽外环;所述水槽内环和水槽外环之间形成循环水通道。水槽外围的循环水通道可以减少超声辐照所产生的热量,进一步降低超声对脑组织潜在的影响。

[0015] 进一步地,所述辅助装置还包括:环形支架;所述环形支架设置在水槽下方,且可与水槽相嵌合。优选地,所述环形支架上设有卡槽,且所述卡槽对称设置。所述环形支架用来支撑水槽。设置具有对称卡槽的环形支架是在进行实验时,可将待实验对象如小鼠的头部更准确、方便地固定在水槽下方,同时卡槽的设置有利于待实验对象自由呼吸。

[0016] 进一步地,所述固定夹为滑动固定夹,包括基部、接合部和第三调节旋钮;所述基部和接合部可经第三调节旋钮锁紧。

[0017] 进一步地,所述辅助装置还包括:横向支架、调节杆、第一卡固结构和第二卡固结构;所述横向支架具有上下两底面、左右两侧面和前后两侧面;所述前后两侧面上设有横向通孔;所述调节杆穿透横向通孔,且可在横向通孔内左右前后移动,所述调节杆的一端设置固定夹;所述第一卡固结构和第二卡固结构分别设置在调节杆的左右两侧,用来固定调节杆在横向支架上的横向位置;所述调节杆沿前后方向设有若干凹槽,所述第一卡固结构和第二卡固结构可嵌入凹槽内,用来固定调节杆在横向支架上的前后位置。通过设置横向通孔、调节杆、第一卡固结构、第二卡固结构和凹槽,调节杆可以相对横向支架左右、前后移动,这样也就调节了固定夹在左右、前后方向的位置。

[0018] 本发明具有以下优点:

[0019] 1、本发明首次提出使用底部为聚氨酯膜的水槽中放置除气水,将超声探头放置在水槽中的除气水中来进行超声发射。除气水的应用拉大了超声探头跟脑组织之间的距离,还解决了超声探头直接贴合组织辐照所致的影像图上噪影大的问题,使得脑组织显像更加清晰。此外超声造影二维图上,可根据半椭球形除气水所显示的低密度影直接用来定位其下方的脑组织。

[0020] 2、聚氨酯膜的中心设置为半椭球形,能较好的与凸面的颅脑相贴合,使得超声仅局限辐照与聚氨酯膜的半椭球形部分相贴部位的脑组织,巧妙地解决了诊断超声非聚焦性所导致的辐照范围过广的问题。还可以根据不同辐照部位及辐照范围而制定不同规格大小

的半椭球形聚氨酯膜以实现更精确的定向开放血脑屏障。同时薄滑的聚氨酯膜与耦合剂的粘连性较大,使其更不容易滑脱。

[0021] 3、水槽的设置还满足了临床上各种不同规格形状的探头作为超声来源的需求,使得诊断超声微泡技术开放血脑屏障不再局限于特定规格探头。

[0022] 4、超声探头经固定夹固定,同时依靠固定夹、横向支架的上下左右移动来使超声探头上下及水平移动,显著减少了经手的探头固定容易变位、差异性大和操作不稳定的问题,极大地减少了人力的使用,提高了实验的精准度和效率,误差降低。

附图说明

[0023] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细的说明。

[0024] 图1是本发明的辅助装置使用时的整体结构示意图。

[0025] 图2是本发明的辅助装置的立体结构示意图。

[0026] 图3是本发明的辅助装置的侧视图。

[0027] 图4是本发明的辅助装置使用时的局部放大图。

[0028] 图5是对照组声诺维造影剂灌注二维超声示意图。

[0029] 图6是实验组声诺维造影剂灌注二维超声示意图。

[0030] 图7是ICR小鼠脑组织表面观察图(A为正常组,B为对照组,C为实验组)。

[0031] 图8是伊文思蓝渗漏定量分析示意图。

[0032] 图9是ICR小鼠脑组织皮层伊文思蓝荧光观察图(A为正常组,B为实验组)。

[0033] 图10是伊文思蓝荧光积分光密度值定量分析示意图。

[0034] 图11是电镜下脑组织表面微血管的超微结构示意图(A为正常组,B为实验组)。

具体实施方式

[0035] 为了更清楚地说明本发明,下面结合优选实施例对本发明做进一步的说明。本领域技术人员应当理解,下面所具体描述的内容是说明性的而非限制性的,不应以此限制本发明的保护范围。

[0036] 实施例

[0037] 如图1-4所示,是本发明的辅助装置的结构示意图,图1中辅助装置为剖视图。该辅助装置包括:第一支架1、滑动固定夹2、水槽17、横向支架15、调节杆16、环形支架8和底座10。

[0038] 第一支架1固定在底座10上,用来支撑固定夹。滑动固定夹2包括基部21、接合部22和第三调节旋钮23,基部21和接合部22之间具有可容纳超声探头4的自由端的孔,基部21和接合部22可经第三调节旋钮23锁紧。

[0039] 横向支架15、调节杆16、第一卡固结构31和第二卡固结构32;横向支架15具有上下两底面、左右两侧面和前后两侧面;前后两侧面上设有横向通孔30,具有一定横向长度;调节杆16穿透横向通孔30,且可在横向通孔30内左右前后移动。第一卡固结构31和第二卡固结构32分别设置在调节杆16的左右两侧,用来固定调节杆16在横向支架15上的横向位置。调节杆16沿前后方向设有若干凹槽33,第一卡固结构31和第二卡固结构32可嵌入凹槽33内,用来固定调节杆16在横向支架15上的前后位置。第一卡固结构31和第二卡固结构32的

具体结构无需限定,只需满足能在横向支架15上固定,且可与凹槽33相嵌即可。例如,第一卡固结构31具有卡条和卡扣,卡条具有上顶面、下顶面和其间的竖向条;上顶面和下顶面分别设置在横向支架15的上底面和下底面上且上顶面和下顶面上均设有卡扣;第一卡固结构31经卡扣与横向支架15固定。第二卡固结构32的结构可与第一卡固结构31相同或不同。可以理解,由于调节杆16位于两个卡固结构之间,通过调节两个卡固结构在横向支架15上的横向位置,即可以调节固定后调节杆16的水平方向位置。调节杆16上设置有若干凹槽33,通过前后移动调节杆16,使卡固结构嵌入不同的凹槽内,以此来固定调节杆16的前后方向位置。调节杆16的一端设置滑动固定夹2的基部21。

[0040] 水槽17包括水槽侧壁和聚氨酯膜7,其内放置除气水,超声探头4的超声发射端置于除气水内。聚氨酯膜7形成水槽底部,其中底部正中间为半椭球体形。水槽17外侧还设有水槽内环5和水槽外环6,水槽内环5和水槽外环6之间形成循环水通道。环形支架8用来支撑水槽17,设置在水槽17下方,且可与水槽17相嵌合。环形支架8上对称设有卡槽25,便于将小鼠头部放置在环形支架内并保持自由呼吸。环形支架8的底部放置在底座10上,或可嵌入底座10内。

[0041] 此外,考虑到超声辐照过程中可能会产生热量,可设置测温计来测水温。配合温控装置使用。如果水温超过特定温度,温控装置工作,通过循环水通道给水槽中的水降温。可以在固定夹2的基部21上设置竖向通孔,测温计3的顶端固定在竖向通孔内,下端放置于水槽17中。

[0042] 下面提供本发明的辅助装置辅助用于诊断超声联合微泡定向开放小鼠血脑屏障的应用。

[0043] 具体步骤为:

[0044] 将实验组ICR小鼠9麻醉好,固定在底座10上,右脑局部辐照部位脱毛并涂上耦合剂19,通过环形支架8的卡槽25将其罩于小鼠9的头端,然后放置水槽17与下端的环形支架8相嵌合,之后调节水槽17底端的聚氨酯膜7对准小鼠右侧脑部需要辐照的区域。选用诊断级超声仪器13(MyLabTwice, Esaote Medical, Italy),配以阴超探头4(EC1123, Esaote Medical, Italy),设置聚焦深度为5cm,将超声探头4伸入盛有除气水18的水槽17中,通过上下及水平移动超声探头4至清晰显像脑组织,之后旋紧滑动固定夹2的第三调节旋钮23以固定超声探头4。声诺维超声造影剂(Bracco)使用前先与5mI无菌生理盐水混合,调节超声探头4的固定频率和机械指数(MI)。温控装置12的测温计3伸入水槽17内,水槽外环6和温控装置12经冷凝管11相连。开启连接水槽外环6处的温控装置12,建立静脉通道并于超声辐照的同时由静脉注射微泡造影剂,辐照结束后立马再次由静脉通道注入伊文思蓝示踪剂。

[0045] 由于超声联合微泡技术已相对较成熟,本申请中不再着重重复经颅辐照打开血脑屏障的可行性,而是将其作为对照组与添加了本发明的辅助装置的实验组进行比较。即对照组小鼠是直接将探头涂有耦合剂并照射小鼠右侧脑组织。

[0046] 选用超声探头的频率为3MHz,机械指数为0.06/1.0MPa;医用诊断超声波辐照采用fIash模式,fIash间隔2s,辐照时间为3min;微泡使用剂量为0.1mI。应了解,此系列参数为预实验中超声微泡成功打开实验组血脑屏障并以肉眼可见伊文思蓝渗出为依据所确定的相对较低的参数,如果选用更高的参数所打开的血脑屏障的程度将更大。

[0047] 此外,还将实验组与不进行处理的小鼠正常组进行比较,以便评价使用本发明的

辅助装置后是否会消除超声微泡技术打开血脑屏障的能力。

[0048] 伊文思蓝示踪剂的原理说明：正常情况下伊文思蓝进入小鼠体内血液循环后可迅速与血红蛋白结合成为大分子物质，但不会跨过血脑屏障使脑组织蓝染；但在超声微泡可逆开放血脑屏障的短暂时间内，注射伊文思蓝可跨增大的血管内皮细胞间隙，透过基底膜进入脑组织内。伊文思蓝在绿色荧光激发下表现为红色荧光信号，因此，通过对蓝染区域脑组织进行冰冻切片以评估伊文思蓝荧光信号，来作为对血脑屏障通透性变化的定性分析。同时，也可通过甲酰胺溶液提取脑组织内伊文思蓝含量并通过酶标仪定量分析血脑屏障通透性的变化。

[0049] 实验结果如图5-11所示。

[0050] 图5和图6分别是对照组和实验组声诺维造影剂灌注二维超声示意图。图5中，细箭头所示为小鼠颅骨，粗箭头为脑组织周围噪影，探头直接贴在小鼠颅脑表面必须通过反复调节角度以达到最小噪影从而获取相对清晰脑组织显象。图6中，细箭头所示为小鼠颅骨，其上方“U”字型低密度影为半椭球体形聚氨酯膜内除气水，粗箭头所示为颅骨下脑组织，其后为多重反射伪像。可以看出，相对图5对照组而言，使用本发明的辅助装置能有效地降低脑组织周围噪影，从而更清晰地显示出脑组织。脑组织上方的半椭球形除气水所显示的低密度影可直接用来脑组织定位。

[0051] 图7是ICR小鼠脑组织表面观察图(A为正常组,B为对照组,C为实验组)。从图中可以看出：正常组小鼠脑组织表面未见伊文思蓝；对照组小鼠脑组织表面伊文思蓝渗出区域散在，同时也累及左侧脑与小脑；实验组小鼠伊文思蓝渗出仅局限于右侧脑组织，蓝染程度也较对照组明显。说明本发明的辅助装置有效地解决了诊断超声非聚焦性所致使的辐照范围过大。

[0052] 通过甲酰胺溶液提取小鼠脑组织内伊文思蓝含量并通过酶标仪定量分析，如图8所示，是伊文思蓝渗漏定量分析示意图，从图中可以看出：实验组伊文思蓝渗漏大于正常组，差异具有统计学意义，进一步说明了本发明的辅助装置来辅助诊断超声微泡技术能成功打开血脑屏障。

[0053] 图9是ICR小鼠脑组织皮层伊文思蓝荧光观察图(A为正常组,B为实验组)。从图中可以看出：由于正常组小鼠血脑屏障完整，故其脑组织皮层内未见伊文思蓝红色荧光；实验组小鼠脑组织皮层内可见大量伊文思蓝红色荧光，也说明了本发明的辅助装置来辅助诊断超声微泡技术能成功打开血脑屏障。

[0054] 图10是伊文思蓝荧光积分光密度值定量分析示意图。从图中可以看出：实验组伊文思蓝荧光积分光密度值高于正常组，差异具有统计学意义。

[0055] 图11是电镜下脑组织表面微血管的超微结构示意图(A为正常组,B为实验组)。从图中可以看出：正常组电镜下，超微结构示脑组织表面的微血管被正常脑组织所包绕，血管腔内面光滑完整，内皮细胞间通过紧密连接紧紧相连；实验组电镜下，超微结构示脑组织表面的微血管形态有轻微改变，箭头所示为紧密连接被部分打开并内皮细胞胞质处出现少量小窝状囊泡，从而在超微结构层面上再次有力的印证了血脑屏障的开放。

[0056] 以上实验表明，在同等参数条件下，利用本发明的辅助装置辅助诊断超声联合微泡技术时，能显著地提高诊断超声联合微泡定向开放血脑屏障的精准度，并减少实验实施过程中人为的差异性，极大地简化了诊断超声联合微泡的运用。与正常组比较，本发明的辅

助装置的应用并没消除超声微泡技术打开血脑屏障的能力,反而使得操作变得更精准。

[0057] 本发明的辅助装置能有效提高诊断超声联合微泡技术打开血脑屏障的能力的原因可能是:超声探头4放置盛有除气水18的水槽17内,除气水18的作用主要在于拉大了超声探头4跟脑组织之间的距离,并能有效地降噪,使得超声穿透小鼠颅骨以及脑组织能清晰的在超声聚焦范围内显像。水槽17的设置也满足了临床上各种不同规格形状的探头作为超声来源的需求,使得诊断超声微泡技术开放血脑屏障不再局限于特定规格探头。水槽17底部由聚氨酯膜构成,其中央形状凸出为半椭球体形,由于空气是最好的绝缘剂,因此超声只能辐照与此椭球体膜接触的小鼠脑袋,此区域血管内的声诺维超声造影剂在超声辐照下爆破所产生的生物学效应可瞬时打开血脑屏障。此外,可以根据不同部位的辐照需求而调整聚氨酯膜的大小以及更改其与小鼠脑组织的接合部位。位于小鼠脑袋跟聚氨酯膜之间的耦合剂19除起到紧密粘连的作用外,也能减少超声能量的衰减。

[0058] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定,对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动,这里无法对所有的实施方式予以穷举,凡是属于本发明的技术方案所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明的保护范围之列。

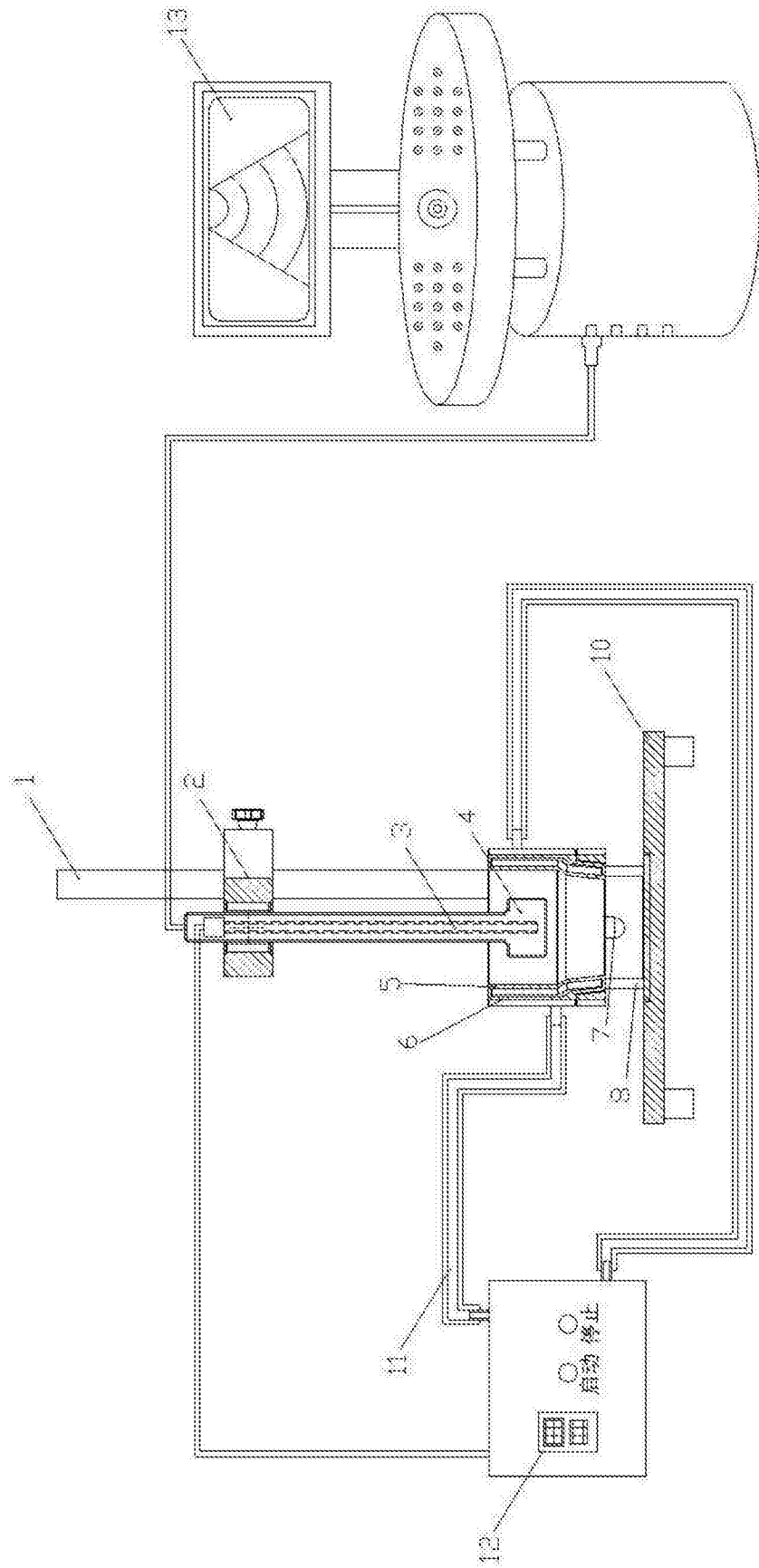


图1

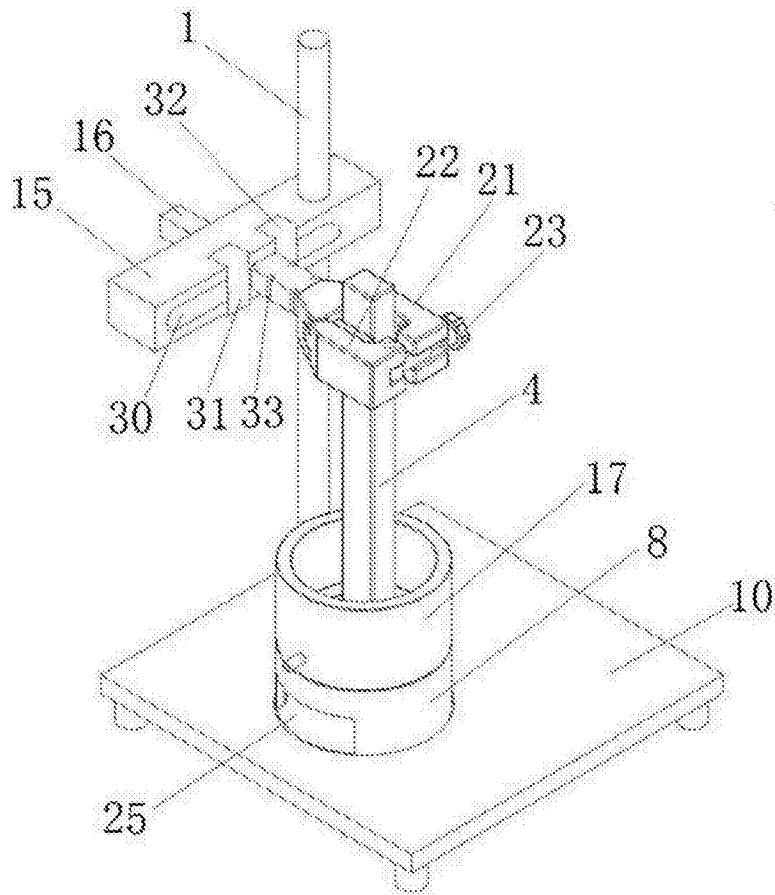


图2

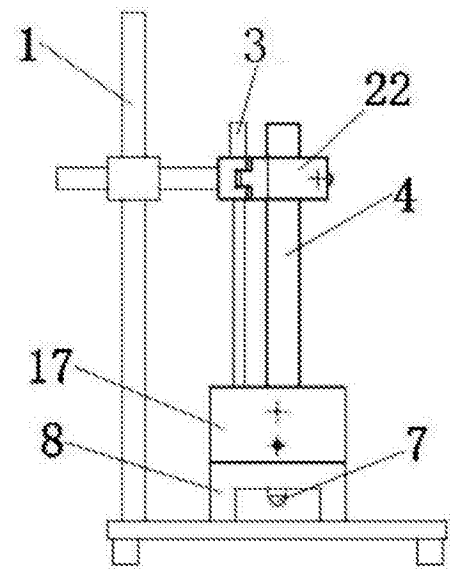


图3

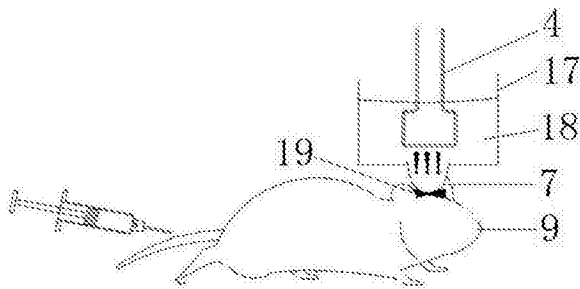


图4



图5

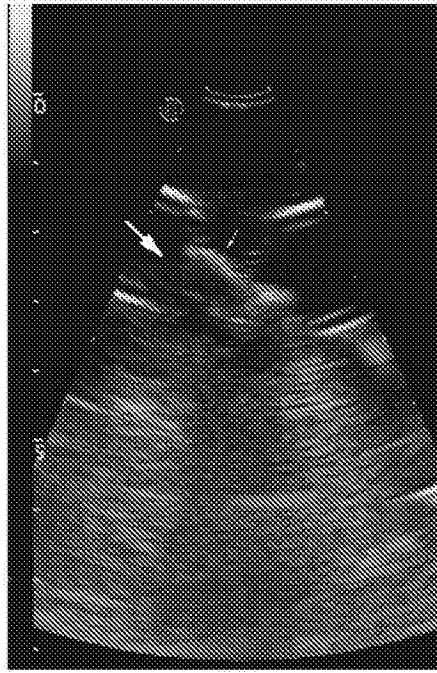


图6

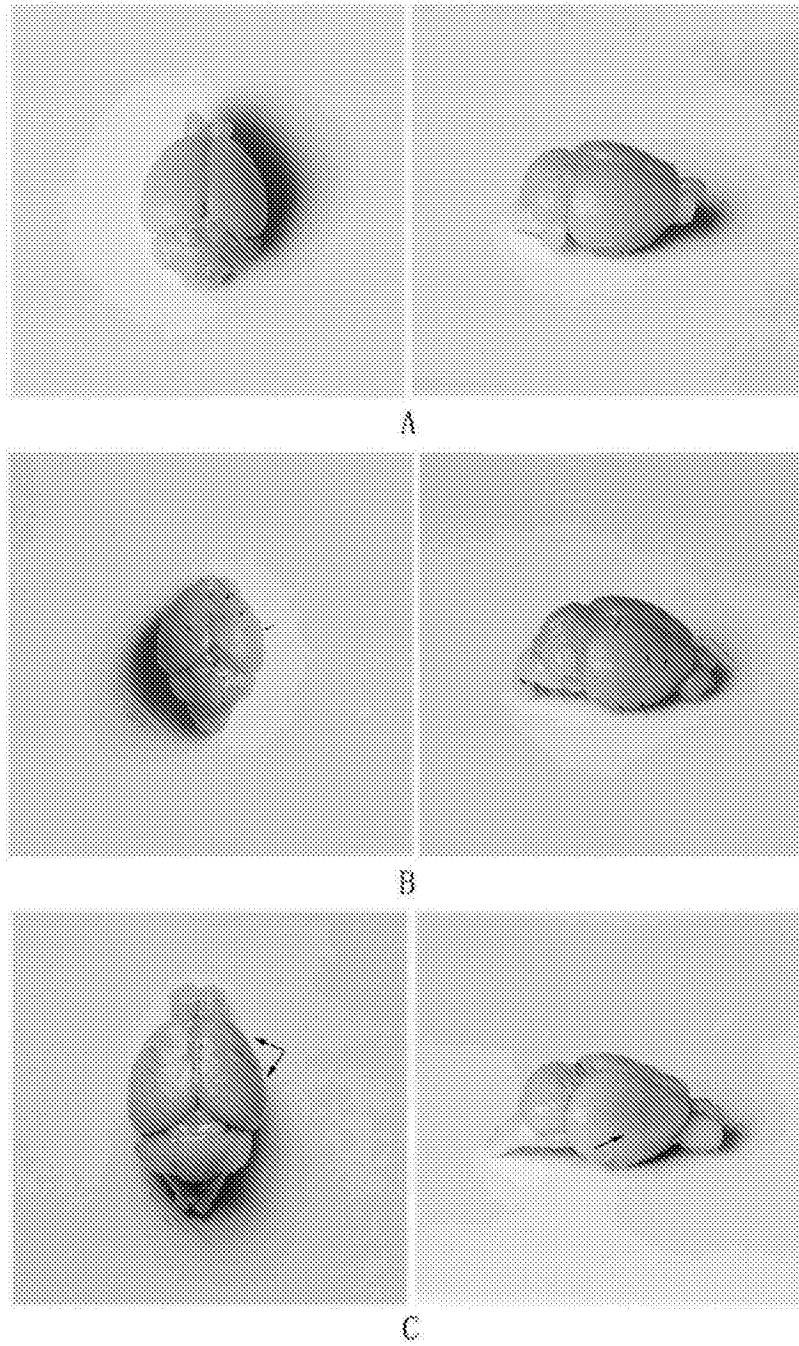


图7

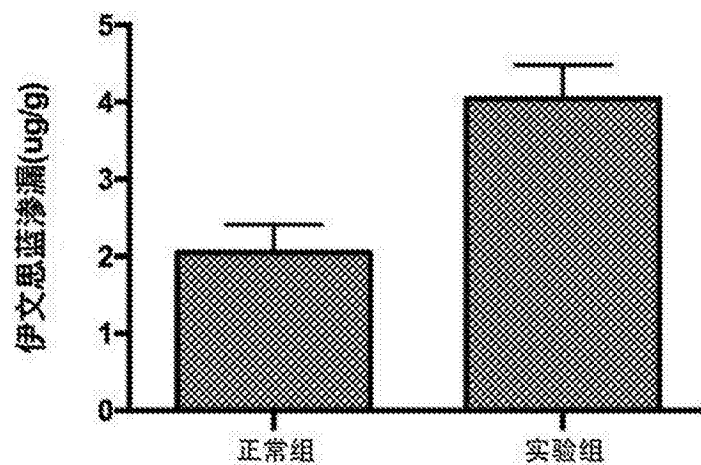


图8

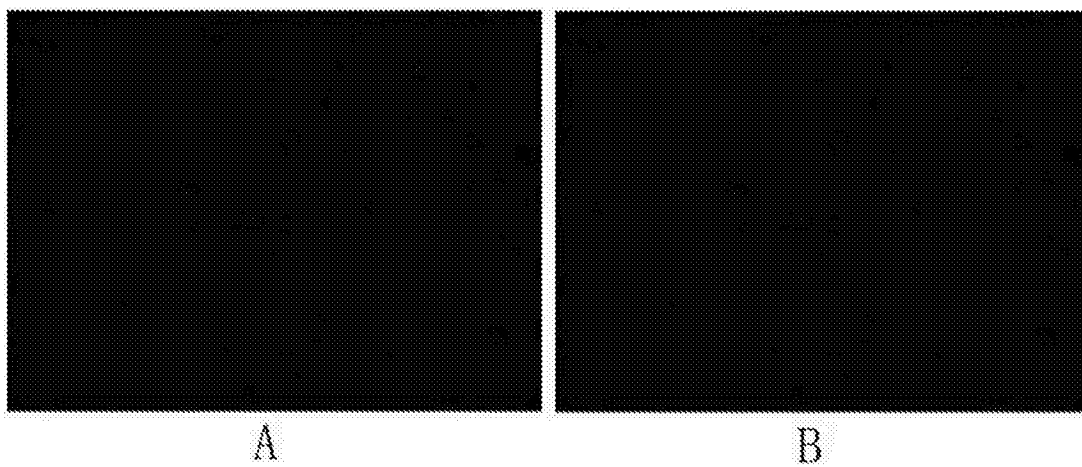


图9

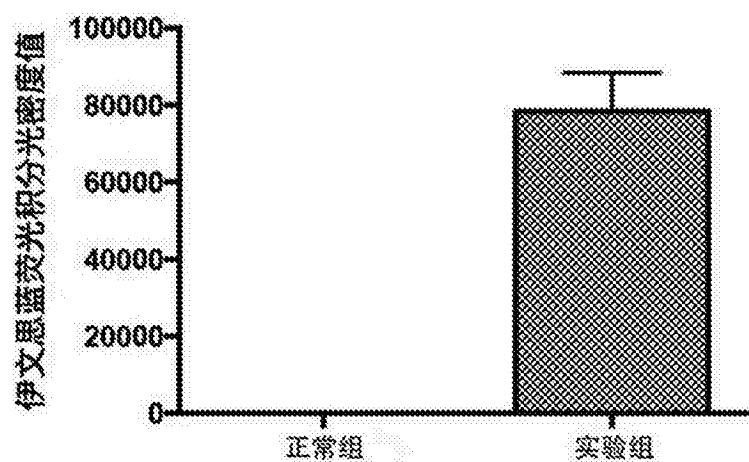


图10

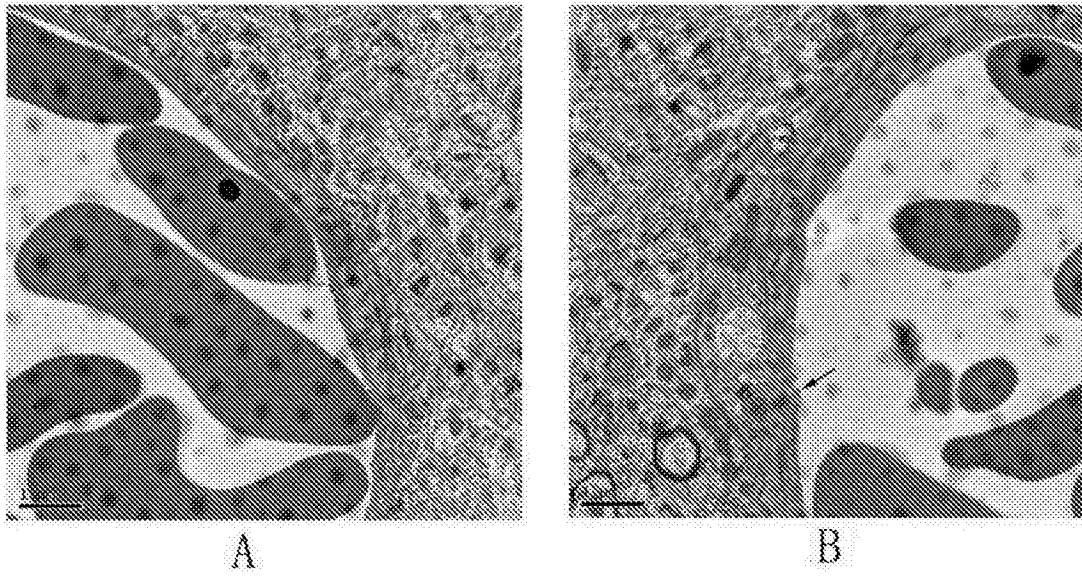


图11

专利名称(译)	一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置		
公开(公告)号	CN106510757A	公开(公告)日	2017-03-22
申请号	CN201610957450.9	申请日	2016-11-03
[标]申请(专利权)人(译)	张晓光		
申请(专利权)人(译)	张晓光		
当前申请(专利权)人(译)	张晓光		
[标]发明人	单畅 宋烨 张晓光 肖莉彬 潘江其 杨文婷 郑霞薇 胡文彬		
发明人	单畅 宋烨 张晓光 肖莉彬 潘江其 杨文婷 郑霞薇 胡文彬		
IPC分类号	A61B8/00 A61D3/00 A61B8/08		
代理人(译)	马丽丽		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种用于诊断超声联合微泡开放血脑屏障的辅助装置，所述辅助装置包括：第一支架、固定夹、水槽和底座；所述第一支架固定在底座上，用来支撑固定夹；所述固定夹包括基部和接合部，所述基部和接合部之间具有可容纳超声探头的自由端的孔；所述水槽用于容纳超声探头的超声发射端，包括水槽侧壁和聚氨酯膜；所述聚氨酯膜形成水槽底部，且其正中凸出为半椭圆形。使用这种辅助装置后，超声探头便于固定，诊断超声只局限辐照与聚氨酯膜相贴部位的脑组织，并可显著降低超声造影二维图上的噪影，聚氨酯膜与小鼠脑之间的耦合剂也不易滑脱。

