

《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：低强度脉冲超声改善痴呆症认知与躯体功能障碍：靶区、参数与机制

作者：乔福强、车炳莹、闫冰姿、周洁

第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：本文聚焦低强度脉冲超声在痴呆相关认知障碍干预中的应用，围绕“参数—靶点—认知疗效”展开梳理，作者从认知神经心理学视角切入，尝试整合不同痴呆类型、刺激参数与作用靶点的 LIPUS 研究证据，探讨其对应的作用机制。文章结构合理，文献覆盖面较广，选题具有一定的临床转化导向与学科交叉价值。大的方面：1.本文从摘要、引言和讨论都是围绕痴呆症展开的，题目则为“低强度脉冲超声改善认知障碍”，应该考虑修改为更具体的“痴呆相关”的认知障碍。

回应：感谢您的意见！考虑到本文的介绍内容为改善痴呆症相关的认知障碍与躯体功能障碍，行文逻辑为先介绍疾病，再分靶点，最后进行参数梳理，因此题目改为“低强度脉冲超声改善痴呆症相关认知与躯体功能障碍”新题目加上了“痴呆症”“躯体功能”。题目修改：低强度脉冲超声改善痴呆症认知与躯体功能障碍：靶区、参数与机制

意见 2：全文对现有研究的结论性总结中应当增加相应的引用，引文的格式存在部分错误需要检查。

回应：感谢您的意见！我进行了文献的添加以及修改了错误引文的格式。文中修改：例如把 Jeong(2025)等人修改为 Jeong 等人(2025)，其余修改在文章中用蓝色字体标出。

意见 3：文章旨在围绕“参数—靶点—认知疗效”展开系统梳理，然而本文的行文逻辑不够清晰。例如 2.2 的子章节首先关注了 LIPUS 刺激对 STN、SN 区域对治疗效果，之后讲到大脑皮层，2.2.5 又讲回到 BG。再如 2.3 章先讲了 HPC，再讲到全脑，之后又回到 HPC。其他章节也存在类似问题。图表中的内容很清晰，一目了然，但是也需要按照统一的主线和逻辑递进关系整理(例如表 2、表 3)，正文是按照疾病分类进行撰写的，表 6 中反而是按照刺激靶点的顺序总结的，而且是按全脑到子脑区的次序列举，建议图文都保持一致。

回应：感谢您的意见！根据意见且考虑到文章是先按照疾病分类，再按照靶点进行讨论，最后总结参数和疗效，所以我们将“参数—靶点—认知疗效”修改为“疾病—靶点—参数—疗效”，这样更加符合文章逻辑，并修改了文章中的相关表述。

已将呈现顺序修改如下，并且文中顺序和表格顺序严格统一。

AD 疾病：HPC、大脑皮层、全脑(原本顺序为刺激 HPC、全脑、大脑皮层)。

PD 疾病：STR、STN、SN、大脑皮层、BG。

VaD 疾病：皮层、全脑。

文中修改：更改了表 1 与表 5 的逻辑和顺序。

意见 4：文章中存在较多口语化的表达，也有病句和错别字，建议润色。

回应：非常感谢您的意见！我们已更改文中所有错别字和语病，并且更改口语化表达，修改

部分在文章中用蓝色字体标出。

意见 5：小的方面：引言第二段，治疗手段的内容缺乏参考文献支撑，请补充引文。对于药物治疗和非药物治疗的研究现状论述较为笼统，例如 A β 靶向抗体的“疾病修饰潜力”具体是有什么效果？非药物治疗可以补充说明存在哪些手段。

回应：感谢您的提问！已经对药物治疗和非药物治疗研究现状进行了完善，并补充文献。另外，“疾病修饰潜力”指：在使用 A β 靶向抗体后，痴呆患者在认知和功能量表评估方面的评分提高。“疾病修饰潜力”有限指：虽然量表评分提高，但改善结果不具有临床差异性。某些 A β 抗体在临床三期甚至表现出缺乏疗效。

药物名称	靶点/类型	试验阶段	主要结果
Solanezumab	抗 A β 单克隆抗体	3 期	缺乏疗效
Bapineuzumab	抗 A β 单克隆抗体(N 末端)	1/2/3 期	缺乏疗效(1 期仅显示血浆 A β 1-40 升高)
BAN2401	抗 A β 原纤维抗体	1 期	血浆 A β 1-40 升高
Gantenerumab	抗 A β 单克隆抗体(N 末端+中心区域)	3 期	缺乏疗效
IVIg	天然抗 A β 抗体(来自健康供体血浆)	3 期	缺乏临床疗效(虽降低血浆 A β 42)

非药物治疗(如认知功能训练、体育锻炼、转移注意等)只能作为辅助手段，且效果普适性与持久性存在不足，只能针对痴呆当中的某一症状(冷漠、游荡等)进行针对性干预。

文中修改：面对日益沉重的疾病负担，当前临床治疗手段仍存在明显局限。药物治疗领域，胆碱酯酶抑制剂、多奈哌齐、加兰他敏等传统药物疗效有限且无法逆转疾病进展，还会造成心动过缓、意识状态改变、胃肠道问题等不良反应(Otani et al., 2024; Ozsahin et al., 2023; Sharma et al., 2026)；近年来获批的 A β 靶向抗体(β -amyloid protein, A β)虽展现出一定的疾病修饰潜力，如认知功能量表评分提高，但面临成本高昂、副作用明显、给药不便等现实挑战(Conti Filho et al., 2023; Ebell et al., 2024)。非药物治疗(如认知功能训练、体育锻炼、转移注意等)只能作为辅助手段，且效果普适性与持久性不足(Boongird et al., 2022; Büyükgök et al., 2025; Park & Lee, 2024)。因此，探索无创、精准且兼具认知调控与神经保护功能的新型认知干预范式，已成为认知神经心理学、临床老年心理学领域亟待突破的核心问题。

意见 6：引言第四段提出了 4 项 LIPUS 相关研究的不足，第五段总结本文的论述逻辑时，并没有体现出能够针对性解决这些问题，例如“(4)物种间转化存在鸿沟，从动物模型到人类受试者的转化中，认知评估体系的适配性问题尚未解决”，在第五段中并没有提到本文在这方面做了什么。

回应：感谢您的意见！已根据意见做针对性修改，并在文中增加了动物模型和人类的对比等描述，且在讨论部分中也增加了相关内容。

文中修改：鉴于此，本研究旨在从认知神经心理学视角，系统梳理 LIPUS 改善痴呆相关认知障碍与躯体功能障碍的现有研究成果，针对性回应上述四大问题：通过整合不同作用靶点、超声参数对特定认知域的改善效应，建立“疾病—靶点—参数—疗效”的标准化关联，明确最优干预靶点与参数组合；深入阐释认知调控的核心通路，同时对比动物与人类研究的差异，提炼跨物种通用评价维度，弥补物种转化鸿沟。本文将医学治疗篇幅进行压缩，重点聚焦认知功能改善的核心结果与作用机制，为未来认知神经心理学的基础研究、跨物种临床转化与临床认知干预的优化提供理论框架，推动 LIPUS 技术与临床认知干预的标准化融合。(引言第五段新增内容)

然而，该领域研究目前仍以临床前动物实验为主，高质量临床证据相对匮乏，临床转化

路径亟待完善。未来临床研究应针对性优化干预靶点与参数体系，针对 AD 患者，可强化全脑与颞部靶向刺激，以更高效改善学习和记忆等核心认知障碍；针对 PD 患者，应重点增加 M1 的干预，以促进运动功能修复；对于混合性痴呆，可联合 PHC 与大脑皮层协同刺激，同步改善认知与躯体功能障碍。同时，需基于人类颅骨超声传播特性与神经生理学阈值，适度上调动物实验所得的安全有效参数，建立适配人脑的标准化参数体系，推动 LIPUS 从基础研究向临床认知与躯体功能障碍精准干预转化。（讨论部分新增内容）

意见 7：引言最后一段，“鉴于此，本研究旨在从认知神经心理学视角”有语病。“将压缩纯技术治疗进展的篇幅”表述过于口语化，建议修改。

回应：感谢您的意见！已经修改，并修改其他类似问题。文中修改：本研究旨在从认知神经心理学视角，……本文将医学技术治疗篇幅进行压缩，重点聚焦认知功能改善的核心结果与作用机制，……

意见 8：研究进展部分，2.1.1“LIPUS 刺激海马体”的第一段只写了海马体的作用，可以增加一句话概括“多项研究将其作为 LIPUS 干预的首选靶区”证明了什么结果？2.1.2 同样，第一段最后一句“然而，由于全脑范围广泛，超声刺激在该应用中通常采用非聚焦模式”，建议修改为此段内容的总结。

回应：非常感谢您的意见！已经增加了靶向 HPC 的结果，并按照此逻辑对全文进行了更改。文中修改：多项研究将其作为 LIPUS 干预的首选靶区，证实靶向 HPC 的超声刺激可有效改善学习和记忆效果、逆转突触可塑性损伤、修复神经—血管系统功能，这些已成为 AD 认知干预的核心。

针对此句“然而，由于全脑范围广泛，超声刺激在该应用中通常采用非聚焦模式”“非聚焦模式”意为不对某个特定的脑结构（例如 HPC STN 等）进行刺激，但在超声领域中“非聚焦模式”也容易让人联想到超声技术自身的聚焦模式和脉冲模式，容易产生歧义，所以对本句进行了更改。文中修改：据此，针对 AD 病理由局部向全脑弥散性扩展的病程特点，对全脑进行 LIPUS 刺激成为该情境下的主流干预模式。

意见 9：在 2.1.2 的第二段“多项临床前研究已证实”，“前”研究是指什么？多项临床研究或者多项前人研究？

回应：非常感谢您提出的问题！临床“前”研究是指动物研究阶段，也就是本文介绍的以鼠类动物为研究对象的实验研究。

意见 10：2.1.2 的第五段“类全脑 LIPUS 治疗的关键参数（FF=0.5MHz、Ispta《240mW/cm²。）”参数是否应该为“=”？下一段“患者胼胝体与外侧眶额皮层体积均出现显著增加以（FF=1Hz、Ispta=500mW/cm²）”中的“以”应该删掉。

回应：2.1.2 的第五段“类全脑 LIPUS 治疗的关键参数（FF=0.5MHz、Ispta 《240mW/cm²。）”参数是否应该为“=”？下一段“患者胼胝体与外侧眶额皮层体积均出现显著增加以（FF=1Hz、Ispta=500mW/cm²）”中的“以”应该删掉。

意见 11：2.1.3 中“Jeong(2025)等人对 10 名早期 AD 患者”引用格式不规范。2.2.1 的第二段段首同样没有添加引文。

回应：感谢您指出的问题！已修改错误并且添加引文。修改为：Jeong 等人(2025)对 10 名早期 AD 患者……STR 作为大脑基底神经节(Basal ganglia, BG)的核心组成部分，主要负责调节肌肉张力并协调各类精细复杂运动，已有研究表明，PD 会导致 STR 区域 DA 合成与释放功

能的下降，而对该区域实施超声刺激可有效促进 DA 释放，进而改善 PD 相关症状(Xu et al., 2019)。

意见 12：第一段里文字颜色不一致？

回应：感谢您指出的问题！文中已做修改。

意见 13：2.2.4 中第二段“在针对健康人类受试者的临床研究中，对左侧初级运动皮层(l-M1)进行靶向刺激（FF=0.5MHz、Ispta=0.403W/cm²），刺激证实在左 M1 进行一次 15 分钟的超声刺激可以对人类的生理和行为产生有益作用”跟这一段的题目有什么关系？这并非 PD 患者，也没有 PD 相关症状的改善。

回应：非常感谢您的建议！关联度低的内容已删除，本意是想通过揭示 LIPUS 刺激健康被试再过渡到 PD 被试，但是文献发表的时间较晚，没能在时间上起到承上启下的作用，故删除。

意见 14：表 2 中对左 M1 的刺激研究中，“人类的生理和行为↑”具体是什么，应该写明确，文章中也多次出现此类对研究结果比较笼统的概括，建议补充详细。

回应：回复：感谢您的建议！相关内容全部补充完整。文中修改：运动能力恢复正常（旷场实验：运动距离、平均速度、探索次数↑；爬杆实验：转身时间与运动时间↓）等。

意见 15：2.3.1 中“Song 等人(2023)把刺激靶点精准定位为小鼠双侧 HPC 及部分前脑区域（FF=1MHz、Ispta=528mW/cm²）可显著上调 HPC 中 Fndc5/irisin 信号通路的表达水平”存在语病。

回应：感谢您指出的问题！文中已更改。文中修改：Song 等人(2023)将靶点精准定位于小鼠双侧 HPC 及部分前脑区域(FF=1MHz、Ispta=528mW/cm²)，发现刺激可显著上调 HPC 中 Fndc5/irisin 信号通路表达水平，进而发挥有益的神经调控作用。

意见 16：对于 FTD 和 CTE，并没有以往研究使用 LIPUS 进行干预，题目叫做“LIPUS 介导 xxx 治疗的研究进展”是否不太适合。

回应：感谢您指出的问题！DLB、FTD、CTE 在现阶段确实没有过多文献能够直接证明超声治疗的有效性，无法构成系统的研究进展，但是如果删除相关内容又破坏了痴呆症的多样性，以及可能存在的治疗潜力，所以我们更改了相关表述，把这三处内容进行了合并。

文中修改：

2.5 LIPUS 介导其他类型痴呆的研究展望

2.5.1 LIPUS 介导路易体痴呆治疗的研究展望

2.5.2 LIPUS 介导额颞叶痴呆治疗的研究展望

2.5.3 LIPUS 介导慢性创伤性脑病治疗的研究展望

.....

审稿人 2 意见：

意见 1：1.文章究竟是综述“痴呆相关认知障碍”，还是“广义神经退行性疾病中的 LIPUS 干预”？第一，当前题目是“低强度脉冲超声改善认知障碍：参数、靶区与机制”，摘要也强调“学习、记忆、执行功能”等核心认知域，但正文纳入的疾病和研究并不都以“认知改善”为主要因变量。第二，疾病分类框架不够严谨，帕金森与“痴呆”的关系是什么，为什么纳入，且帕

金森部分大量研究实际上是动物模型运动改善，与本文主题的关系是什么？

回应：感谢您提出的问题！第一个问题的回答：文章研究的是痴呆症相关的认知障碍与躯体功能障碍，因为痴呆症包含不同种类，而不同种类的痴呆又会造成不同程度的认知障碍或躯体功能障碍。当前题目仅仅包含了认知障碍一个方面，所以把题目更改为：“低强度脉冲超声改善痴呆症认知与躯体功能障碍：靶区、参数与机制”（本文的介绍内容为改善痴呆症的认知障碍与躯体功能障碍，行文逻辑为先介绍疾病，再分靶点，最后进行参数梳理，所以新题目加上了“痴呆症”“躯体功能”）。另外，摘要中强调的“学习、记忆、执行功能”等核心认知域，虽然没有特别提及躯体运动功能，但执行功能当中的冲动控制、动作抑制，都算是躯体运动功能的控制。

第二个问题的回答：痴呆症的分类方式可以按照如下类型来分：帕金森病痴呆、阿尔茨海默症、血管性痴呆等，躯体功能障碍属于帕金森病痴呆的早期阶段，当疾病发展到晚期，部分患者才会出现显著的认知功能障碍。动物模型躯体运动功能改善，反映了对多巴胺、神经炎症、突触功能的保护作用，这些通路认知衰退高度重叠，可为认知改善提供神经机制依据。

意见 2：文章旨在梳理“参数—靶区—疗效”的内在关联，但目前更多是按疾病分类罗列研究。诸如以下问题仍不清楚：不同参数中，究竟哪一个最决定疗效？同一靶区内，参数变化与治疗效果变化之间有没有规律？同一疾病不同靶区之间，疗效差异是否来自靶区本身，还是来自参数和模型差异？

回应：非常感谢您指出的问题！针对此问题“不同参数中，究竟哪一个最决定疗效？”依据目前的研究，难以归纳一个具体的最有效的数值，仅能归纳出最有效范围，相应内容增加在表格 5 当中。

针对此问题“同一靶区内，参数变化与治疗效果变化之间有没有规律？”明确规目前难以总结，因为即使刺激了同一靶区，每个实验研究侧重也不尽相同，例如在 VaD 当中对 HPC 的刺激参数都为 528，但是这两个实验分别测量了脑神经元损伤、脱髓鞘丢失与海马 Fndc5/irisin 的表达，虽然最终的结论都证明能够减轻认知障碍，但是减轻的强度大小尚需进一步考证。仅有部分研究阐述了随着 ISPTA 的升高，干预效果越好，但此结论尚无法推到至全部实验。

针对此问题“同一疾病不同靶区之间，疗效差异是否来自靶区本身，还是来自参数和模型差异？”同一痴呆类型下不同靶区的疗效差异主要源于靶区自身的神经环路认知功能特异性，刺激参数、参数差异调节疗效强弱与稳定性，并不决定认知改善的核心维度。例如 PD 主要表现为躯体功能障碍，因此部分研究以 M1 为刺激靶点，而 AD 主要表现为认知障碍，并未对 M1 进行刺激。基于现有研究可知，刺激 M1 靶点的有效参数为 21~163mW/cm² 之间。

文中修改：

疾病种类	刺激靶点	参数	推荐参数	来源
AD	HPC	Ispta=528mW/cm ²	Ispta=528mW/cm ²	(Lin et al., 2015)
		Ispta=—		(Xin et al., 2024)
		Ispta=90mW/cm2		(Eguchi et al., 2018)
	全脑	Isppa=1.2W/cm2	Ispta=14.4~400mW/cm ²	(Park et al., 2021)
		Isppa=0.8w/cm2		(Tramontin et al., 2021)
	双侧前额叶皮层等	0.2mJ/mm ² （AD 患者）		(Popescu et al., 2021)
	前额叶皮层	Ispta=1.5w/cm2（AD 患者）	Ispta=500~1500mW/cm ²	(Jeong et al., 2025)
	两侧颞骨	Ispta=500mW/cm ² （AD 患者）		(Huang et al., 2025)
	颞骨	Ispta≤240mW/cm ² （尸检标本）		—
	STR	Isppa=0.1-0.3W/cm2	—	(Xu et al., 2019)
PD	STN	Isppa=5.1W/cm ²		(Z. Wang et al., 2020)
	STN	Isppa=5.1W/cm ²	Ispta=180~430mW/cm ²	(Yuan et al., 2020)
	STN	Ispta=430mW/cm ²		(Zhou et al., 2021)
	SN	Isppa=2.6W/cm ²	—	(Dong et al., 2021)
	M1 和 HPC	Ispta=21-163mW/cm ²	Ispta=21~163mW/cm ²	(Tufail et al., 2010)
	M1	Isppa=760mW/cm2		(Zhou et al., 2019)
	STN 和 GP	Ispta=180mW/cm2	—	(周慧, 2020)
	前额叶皮层	Ispta=500mW/cm ²	—	(F. Wang et al., 2022)
	视觉皮层和 BC	Isppa=1.33W/cm2	—	(Pei et al., 2024)
	VaD	HPC	Ispta=528mW/cm ²	Ispta=528mW/cm ²
HPC 和部分前脑		Ispta=528mW/cm ²	(Song et al., 2023)	
全脑		Ispta=90mW/cm2	—	
TBI	右侧顶骨	Isppa=2.6W/cm2	—	(Nguyen et al., 2018)

意见 3：PD、TBI、DLB 部分是否有足够直接证据支撑其作为本综述主干内容？“2.4 LIPUS 介导路易体痴呆治疗的研究进展”、“2.5 LIPUS 介导额颞叶痴呆治疗的研究进展”、“2.6.1 LIPUS 介导慢性创伤性脑病治疗的研究进展”。这几种疾病都没有直接超声应用的实证研究，并没有体现 LIPUS 介导治疗的研究进展。

回应：谢谢您提出的问题！AD 与 VaD 侧重介绍认知障碍方面，PD 侧重于介绍躯体功能障碍方面，认知障碍和躯体功能障碍都是痴呆症的核心障碍，并且文献较多，能够支持成为综述的主干内容。TBI 目前仅有一个研究，但是考虑到本文对痴呆种类介绍的丰富性，所以进行了保留（已经在原文中添加躯体功能障碍的相关表述）。DLB、FTD、CTE 在现阶段确实没有充足文献能够直接证明超声治疗的有效性，无法构成系统的研究进展，但是如果删除相关内容会破坏了痴呆症的多样性，以及可能存在的治疗潜力，所以我们更改了相关表述，把这 2.4-2.6 处内容进行了合并，并把研究进展改为研究展望，具体更改形式如下。

文中修改：

2.5 LIPUS 介导其他类型痴呆的研究展望

2.5.1 LIPUS 介导路易体痴呆治疗的研究展望

2.5.2 LIPUS 介导额颞叶痴呆治疗的研究展望

2.5.3 LIPUS 介导慢性创伤性脑病治疗的研究展望

意见 4：机制部分存在明显“由相关到因果”的过度推断。文章多处把分子、生理或影像改变

直接解释为认知改善机制，但很多研究仅表明“伴随变化”，并没有完成机制验证，如何确定这就是认知改善的机制？

回应：感谢您指出问题！本文“2. LIPUS 介导痴呆症治疗的应用研究”部分的内容来源于已有文献，在综述过程中未额外加入本文作者的主观判断，仅对研究结果进行了初步归类，文中所呈现的推论或结论均为原始参考文献中的观点。例如，有一项研究通过侧脑室注射 A β 1-42 构建 AD 大鼠模型，研究发现，与对照组相比，超声治疗组（FF=3.3MHz $\pm$ 10%、Isppa=0.8W/cm²）大鼠的学习记忆功能显著提升，HPC 及皮质中神经生长因子 β 与脑源性神经营养因子的表达水平均明显升高，原文据此推测 LIPUS 可能改善 AD 模型大鼠的短期与长期识别记忆障碍。类似这样的推断均为原文献自带的结论，本文仅作客观转述。

意见 5：动物、人体、离体颅骨和个案研究需要分开讨论。“HPC 参数可统一为 528 mW/cm²”，这一观点应明确指出是基于动物研究；并且同一强度下，频率、占空比、重复脉冲频率、刺激时长、聚焦方式不同，生物学效应可能完全不同。

回应：感谢您的建议！已在讨论部分进行分别讨论，且补充了部分内容。文中修改：在超声刺激的各项参数中，空间峰值时间平均强度 Ispta 与占空比 DC 是决定神经调控与神经保护疗效的核心参数，而刺激频率 FF、脉冲重复频率 PRF 主要发挥波形与时域调节作用，并非疗效的决定性因素。在动物模型当中，有效 Ispta 区间集中于 14.4~528mW/cm²，低于该区间多难以产生显著生物学效应，过高则接近细胞毒性阈值。

在 AD 动物模型当中，Ispta 的有效参数范围集中在 14.4~528mW/cm²之间，分为明显的低参数段和高参数段，低参数段范围在 14.4~90mW/cm²之间，高参数段范围在 400~528mW/cm²之间。人类被试的有效刺激参数范围为 500~1500mW/cm²，参数范围内的刺激会显著调节相关分子表达，并缓解以学习、记忆为主的认知障碍。另外，针对全脑的刺激研究较多，参数多集中在 14.4~400mW/cm²之间，但人类被试与动物差异较大。

针对 AD 患者，当前的刺激靶点主要位于皮层以及颞部，参数范围位于 500~1500mW/cm²的高参数段位，显著高于动物模型。

在 PD 动物模型当中，Ispta 的有效参数范围集中在 21~430mW/cm²之间，参数范围内的刺激会明显改善其躯体功能障碍。当前研究靶点集中在 HPC、M1、STN，对 HPC 与 M1 的刺激参数位于 21~163mW/cm²之间，对 STN 的刺激参数范围位于 180~430mW/cm²之间，255mW/cm²是针对该靶点的高频使用参数。

Ispta 在 VaD 动物模型当中的有效参数范围集中在 66~528mW/cm²之间，也分为明显的低参数段和高参数段，低参数段范围在 66~90mW/cm²之间，高参数段范围在 500~528mW/cm²之间。对 HPC 的刺激能较好地统一为 528mW/cm²，其余靶点差异较大且研究较少。

意见 6：“在另一项临床研究中，患者胼胝体与外侧眶额皮层体积均出现显著增加（FF=1Hz、Ispta=500mW/cm²）”。FF 应该是 1.0 MHz，请核实所有的参数。

回应：感谢您指出的问题！相应部分已更改，并且核实了全部参数。文中修改：例如，在 2.1.3 中的，在另一项临床研究中，接受 LIPUS 干预（FF=1MHz、Ispta=500mW/cm²）的患者，其胼胝体与外侧眶额皮层体积均出现显著增加……

意见 7：文章中还讨论了全脑 LIPUS 对 AD 的改善作用，全脑的非聚焦超声刺激和聚焦超声刺激如何放在一起讨论？

回应：感谢您提出的问题！本文介绍低强度脉冲超声，脉冲指超声不是持续发射，而是“开—停—开—停”的短脉冲串，属于时间上的概念，所以脉冲超声既可以是聚焦的，又可以是非聚焦的，并且无论是聚焦还是非聚焦，核心改善机制（如上调 BDNF、增强脑血流、抑制

神经炎症、调控神经振荡)类似,“全脑”是一种策略层面的描述,而非严格的技术分类,所以放在一起进行了讨论。

意见 8: 本综述中大部分仍是动物研究, 人体临床证据非常薄弱, 但结论写得过满, 如“已形成适配其病理特征的靶向策略

回应: 非常感谢您的建议! 文中删除了类似表述, 并增加了对人体临床研究的展望。文中修改: 然而, 该领域研究目前仍以临床前动物实验为主, 高质量临床证据相对匮乏, 临床转化路径亟待完善。未来临床研究应针对性优化干预靶点与参数体系, 针对 AD 患者, 可强化全脑与颞部靶向刺激, 以更高效改善学习和记忆等核心认知障碍; 针对 PD 患者, 应重点增加 M1 的干预, 以促进运动功能修复; 对于混合性痴呆, 可联合 PHC 与大脑皮层协同刺激, 同步改善认知与躯体功能障碍。同时, 需基于人类颅骨超声传播特性与神经生理学阈值, 适度上调动物实验所得的安全有效参数, 建立适配人脑的标准化参数体系, 推动 LIPUS 从基础研究向临床认知与躯体功能障碍精准干预转化。未来仍需围绕“参数优化—机制解析—临床转化”三大核心方向, 通过建立适配人体的参数评价体系.....

第二轮

审稿人 1 意见: 对修改版本满意, 推荐发表。

审稿人 2 意见: 同意发表。

编委 1 意见: 同意发表。

编委 2 意见: 已达到发表水平, 建议发表。

主编意见: 同意发表。