

# 磁悬浮技术在医疗器械研发方面的应用进展

● 吕昱润



**[摘要]** 磁悬浮技术在医疗器械研发方面的应用进展较快。磁悬浮技术通过利用磁场与物体之间的相互作用,实现对器械的悬浮和控制,为医疗器械的设计和制造带来了突破性的变革。在手术器械领域,磁悬浮技术的应用能够提高手术的精确性和安全性。例如,磁悬浮导航系统可以帮助医生对肿瘤进行精确定位和切除。在医学影像设备方面,磁悬浮技术能够消除传统设备中机械部件的摩擦和振动,提高成像的质量和准确性。此外,磁悬浮技术还在心脏起搏器、人工心脏和药物输送等领域显示出潜力。磁悬浮技术已在临床治疗中被广泛应用,有效解决了一些常见医疗问题。本文讨论了磁悬浮技术在人工心脏、关节、颈椎等问题上的应用优势,并阐述其发展潜力。

**[关键词]** 磁悬浮技术;医疗器械;应用进展

随着科技的不断进步和医疗领域的创新,磁悬浮技术逐渐成为医疗器械研发领域的热门话题。磁悬浮技术通过利用磁场与物体之间的相互作用,实现对器械的悬浮和控制,为医疗器械的设计和制造带来了突破性的变革。在近年来的研究和应用中,磁悬浮技术在医疗器械领域展现出了较大的潜力和广阔的前景。传统的人工心脏往往需要机械部件来实现心脏的搏动。这些机械部件可能引起摩擦和磨损,限制了人工心脏的使用寿命和稳定性。而磁悬浮技术可以通过磁场的悬浮和控制,实现对人工心脏的非接触式操纵,消除机械部件的摩擦和磨损,这可以延长人工心脏的使用寿命,减少患者的手术次数和风险,并提高人工心脏的稳定性和可靠性。同时,磁悬浮技术在手术机器人领域的应用显示出较大的潜力。传统手术机器人往往需要机械臂和关节来实现器械的控制和操纵。但这些机械部件会限制机器人的灵活性和精确性。磁悬浮技术可以通过悬浮和控制磁体的运动,实现对手术器械的精准控制,从而提高手术机器人的操作性能。通过磁悬浮技术,手术机器人可以更加精确地执行手术操作,减少手术创伤,并提高手术的成功率。磁悬浮技术的有效性和科学性已得到证实,通过对其临床多方面应用的研究,可提高磁悬浮技术的适应性。

## Q 磁悬浮技术在人工心脏中的应用

据相关调查和分析可知,我国现有心血管疾病患者数量在全球统计中位居前列,正在接受治疗的心力衰竭患者总量约为450万,心血管疾病已成为亟待解决的医疗难题。虽

然心血管疾病患者已通过药物干预、心脏同步化治疗等措施予以改善,但心力衰竭患者仍需要依靠心脏移植手术来提高生存率。相关数据显示,接受心脏移植手术后的患者,近5年、10年的生存情况可显著改善,生存率数据可提升至70%、60%。但心脏移植手术受到的限制随着患者数量增多而提高,其主要问题集中在捐献心脏方面。需要接受心脏移植的患者数量太多,但可供选择的肝脏数量较少,因此,无法保证所有患者均可得到治疗。医疗组织已对全球范围内各个地区的肝脏移植手术执行情况予以调查,每年约有5000名患者可以接受该手术,其余患者均死于等待肝脏移植的过程中。

心室辅助装置是循环机械支持系统发展中研发出的新型设备,可作为心衰晚期患者的备选治疗方案。心室辅助装置能够帮助等待心脏移植手术的患者缓解病情进展,或完全替代心脏移植手术,是近年来提高晚期心衰患者生存率、改善患者生活质量的重要措施。循环支持系统主要分为四个部分,血泵最为关键,其余为驱动装置、监控系统、能源。

与传统药物干预的疗效和患者生存情况相比,第1代、第2代人工心脏的应用情况更好,但大量研究表明,该措施仍存在问题。

### (一)第1代装置—仿生型

第1代心室辅助装置是搏动性容积式泵,包括HeartMate I(HM I)、Thoratec体旁式心室辅助装置和Novacor,此类装置能够为患者提供持续的血流动力学支持,确保患者接受治疗后生活质量得到较好改善。但此装

置的应用率较低，主要因为装置体积大、损耗高、手术切口大，且安全性方面未达到临床标准。

## （二）第2代装置—功能型

研究报告显示，第2代装置（轴流泵或离心泵）应用后已经取代第1代装置，其具体结构与第1代存在明显差异，将连续血流泵调整至1个活动部件（转子），大大提高了耐用性。相比于第1代，第2代人工心脏不管是尺寸、噪声，还是植入创伤，均更小，且调整后的血流泵驱动管路对患者造成的其他损害更小。包括 HeartMate II（Abbott）、Jarvik2000（JarvikHeart）、HeartAssist5（ReliantHeart）等。但该装置易引发血栓。

## （三）第3代装置—磁悬浮

第3代装置引入了磁悬浮技术，能够有效为血泵内的转子叶轮提供磁力作用，确保其运行中的稳定性，且大大降低了磨损率。目前，磁悬浮人工心脏泵的应用分为两种：其一为离心式，此类人工心脏外形短粗，体积大，易于加工，可以在保证扬程、流量不变的状态下，转速更低，避免血细胞受到额外破坏；其二为轴流式，此类人工心脏体积小，加工难度大，叶轮转速快，对溶血控制更难。

磁悬浮人工心脏采用磁场悬浮技术，实现了无接触悬浮和无脉冲工作。这种工作方式消除了传统机械心脏中易产生磨损和磨损产物的问题，从而延长了设备的使用寿命。同时，磁悬浮人工心脏的连续无脉冲工作方式，使得血液流动更加平稳连续，降低了血栓和血栓栓塞等并发症的风险。磁悬浮人工心脏具有更高的效率和更好的血液流动特性。传统机械心脏往往需要脉冲式工作，导致血液流动不连续，容易产生血栓和血栓栓塞等并发症。而磁悬浮人工心脏的连续无脉冲工作方式，可以实现平稳连续的血液流动，降低了并发症的风险，提高了心脏泵的效率。磁悬浮人工心脏的体积较小、重量较轻，对患者的身体负担较小。相比之下，传统机械心脏较大且重量较重，容易引起患者的不适和不便。磁悬浮人工心脏的小巧设计使得患者可以更自由地活动和行动，提高了患者的生活质量。磁悬浮人工心脏具有更好的调控性能和适应性。通过调整磁场的强度和方向，可以精确控制心脏泵，并根据患者的实际需求进行个性化的调节。同时，磁悬浮人工心脏可以适应不同的心脏病患者，无论是单心室或双心室功能障碍，都可以通过调整参数来实现最佳的泵功能。

### 1. 国外磁悬浮人工心脏的应用

在国外，磁悬浮人工心脏已经取得了一些重要的突破和应用。例如，某西方国家的心脏公司 Abbott 于 2015 年成功推出了一种名为 HeartMate 3 的磁悬浮人工心脏。HeartMate 3 采用了最先进的磁悬浮技术，具有持久稳定的血液泵送功能和优异的生存率。该产品在临床实践中取得了良好的效

果，并得到了全球范围内的广泛应用。

此外，日本的磁悬浮人工心脏研究也取得了一定的进展。日本东京大学医学部附属医院的研究小组在 2017 年成功植入了一种名为 DuraHeart 的磁悬浮人工心脏。DuraHeart 具有较小的体积和较轻的重量，可以提供稳定的血液泵送功能，并具有较低的并发症风险。该研究为日本的磁悬浮人工心脏研究和应用奠定了基础。

### 2. 国内磁悬浮人工心脏的应用

在国内，磁悬浮人工心脏的研究和应用也取得了一些进展。中国科学院深圳先进技术研究院的研究小组在 2019 年成功研制出一种具有自主知识产权的磁悬浮人工心脏。该磁悬浮人工心脏具有较高的效率和稳定的血液泵送功能，可以适用于不同类型的心脏病患者。该研究标志着我国在磁悬浮人工心脏领域的研究取得了重要的突破。

此外，我国的一些医疗机构也开始在临床实践中使用磁悬浮人工心脏。例如，北京协和医院在 2019 年成功实施了我国首例磁悬浮人工心脏植入手术，为我国的磁悬浮人工心脏应用开辟了新的道路。随着磁悬浮人工心脏技术的不断发展和成熟，相信在未来，我国的磁悬浮人工心脏应用将得到进一步推广和应用。

磁悬浮人工心脏的核心技术主要包括磁悬浮系统、电机驱动系统和控制系统等。国内的科研机构和医疗器械企业在这些方面进行了深入研究和创新，取得了一些重要的突破。

## Q 磁悬浮技术在人工关节中的应用

在人工关节中，磁悬浮技术的应用主要集中在人工膝关节和人工髋关节两个方面。磁悬浮人工膝关节可以通过磁力的控制实现关节的多轴自由运动，使患者在行走和活动时更加舒适和自如。而磁悬浮人工髋关节则可以实现关节的自由运动和精确控制，提高患者的运动能力。

磁悬浮技术的应用在人工关节中有以下几点优势。首先，磁悬浮技术可以实现关节的自由运动，使人工关节更接近自然关节的运动模式；其次，磁悬浮技术可以提供稳定的力量传递和控制，帮助患者减轻疼痛和不适；最后，磁悬浮技术还可以根据患者的需求进行个性化调整，提高人工关节的适应性和功能性恢复效果。

## Q 磁悬浮技术在颈椎疾病中的应用

颈椎疾病是一种常见的神经骨科疾病，包括颈椎间盘突出、颈椎退行性疾病和颈椎关节炎等，这些疾病常导致颈椎疼痛、神经根受压和运动功能受限等症状，给患者的生活和工作带来一定的困扰。

磁悬浮技术在颈椎疾病的治疗中具有重要的应用价值。

传统的颈椎手术常常需要切开患者的颈部，移除受损的椎间盘或进行椎体融合，这些手术虽然可以缓解疼痛，但同时也会限制患者的颈部运动能力。而磁悬浮技术则可以通过非创伤性的方式实现颈椎的稳定和恢复，减少手术创伤和术后并发症。

磁悬浮技术在颈椎疾病中的应用主要包括磁悬浮人工椎间盘和磁悬浮人工颈椎关节两个方面。磁悬浮人工椎间盘是一种用于替代受损椎间盘的人工装置，采用磁悬浮技术实现椎间盘的稳定和运动控制。这种技术可以更好地保留颈椎的运动功能，减轻颈椎的压力，缓解颈椎疼痛和神经根受压的症状。磁悬浮人工颈椎关节可以代替受损的颈椎关节，通过磁力控制实现关节的自由运动，提高患者的颈部灵活性和功能。

磁悬浮技术在颈椎疾病治疗中的优势明显。首先，磁悬浮技术可以实现颈椎的自由运动，使患者的颈部更接近自然状态，减少对颈椎的切除和融合，保留颈椎的运动能力；其次，磁悬浮技术可以根据患者的需求进行个性化调整，提供定制化的治疗方案，提高治疗效果和患者的生活质量；最后，磁悬浮技术还可以减少手术创伤和术后并发症，缩短康复时间，使患者更快地恢复正常生活。

## 磁悬浮技术的优势及其面临的挑战

磁悬浮技术是一种基于磁力原理实现物体悬浮和运动的技术。在医疗器械领域，磁悬浮技术被广泛应用于人工心脏、人工关节、人工器官等领域，具有许多优势。首先，磁悬浮技术可以实现无接触悬浮，减少与人体组织的摩擦和损伤，提高患者的舒适性和安全性；其次，磁悬浮技术可以实现精确的控制和调节，使医疗器械的运动和功能更加稳定和可靠；最后，磁悬浮技术还可以减少器械的尺寸和重量，便于患者佩戴和使用。

然而，磁悬浮技术在医疗器械研发中仍面临一些挑战。

例如，磁悬浮技术的成本较高，限制了其在临床中的推广和应用；磁悬浮技术在长时间运行和耐久性方面仍需进一步改进和验证。

综上所述，随着科学技术的发展，磁悬浮技术有望为医疗器械领域带来更多的创新和进步。但仍需克服技术和经济方面的挑战，以实现磁悬浮技术在医疗器械研发中的广泛应用。

## 参考文献

- [1]朱裴欣,管翔,李庆国.磁悬浮心室辅助装置的研究进展[J].国际心血管病杂志,2023,50(05):274-277.
- [2]牛丹丹,高兴莲,李潇,等.MP-EX全磁悬浮短期体外心室辅助装置植入术的手术配合[J].护理学杂志,2022,37(04):57-58.
- [3]马露,程兆云,侯剑峰,等.全磁悬浮左心室辅助装置的研究进展[J].中国心血管病研究,2021,19(03):247-251.
- [4]郑齐,冯久奎.消化道磁悬浮胶囊机器人模型及控制系统[J].医疗装备,2019,32(17):11-13.
- [5]单丽宇,张楠,马锋,等.磁悬浮技术在医疗器械研发方面的应用进展[J].中国医疗设备,2020,35(08):11-15.
- [6]关海爽,张建民,蒙彦宇.基于线性自抗扰控制的磁悬浮轴承控制策略[J].北华大学学报(自然科学版),2020,21(05):675-681.
- [7]丁雅刚,苗晨,彭远仪,等.“万峰离心泵”径向磁悬浮轴承的改进研究[J].中国医疗器械信息,2022,28(17):22-25.
- [8]郭晨,李敏,吕永会,等离心式磁悬浮连续流式心脏泵的研究进展[J].临床心血管病杂志,2019,35(04):297-300.
- [9]牛迪,朱明新,冯海全,等.新一代左心室磁悬浮辅助泵血流动力学分析[J].医用生物力学,2019,34(05):468-472.

## 作者简介:

吕昱润(1994—),男,汉族,山东烟台人,本科,助理工程师,龙口市中医医院,研究方向:药品技术工程。