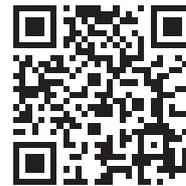


DOI: 10.61189/868911sjhakl

· 专题报道 ·

医学新质生产力视角下的雾化治疗前景

朱文思¹, 王悦虹², 蔡沁怡¹, 白春学^{1*}

1. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032

2. 浙江大学医学院附属第一医院呼吸与危重症医学科, 杭州 310003

[摘要] 在数字经济时代,新质生产力以数字化、网络化、智能化的新技术为支撑,以科技创新为核心驱动力,以深化高技术应用为主要特征,具有广泛的渗透性和融合性,正深刻改变着各行各业的发展模式。医用雾化治疗是通过将液体药物转化为微小颗粒直接输送至肺部,有效治疗呼吸道疾病如哮喘和慢性阻塞性肺病的方式。新质生产力技术的应用,如物联网、人工智能和元宇宙,为雾化治疗带来了革命性变化。这些技术不仅实现了患者生理数据的实时监测和精准分析,支持个性化治疗方案的制定,还提升了治疗的便捷性和患者的依从性。通过物联网技术,医护人员能远程监控治疗过程,确保治疗的安全性和有效性。同时,人工智能技术的引入提高了数据驱动决策的效率,使得治疗方案更加精准和科学。然而,新质生产力赋能雾化治疗也面临技术接受度、数据安全与隐私保护、经济成本等挑战。未来,随着技术的不断发展和完善,新质生产力将在雾化治疗领域发挥更大作用,推动医疗服务体系的高质量发展。

[关键词] 医学新质生产力;雾化治疗;元宇宙医学**[中图分类号]** R-1 **[文献标志码]** A

The prospect of nebulizer therapy from the perspective of new quality productive forces in medicine

ZHU Wensi¹, WANG Yuehong², CAI Qinyi¹, BAI Chunxue^{1*}

1. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

2. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, The First Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310003, Zhejiang, China

[Abstract] In the era of digital economy, the new quality productive forces, supported by digital, networked and intelligent new technologies, with scientific and technological innovation as the core driving force, has a wide range of penetration and integration, and is profoundly changing the development mode of all walks of life. Nebulizer therapy is an effective way to treat respiratory diseases such as asthma and chronic obstructive pulmonary disease by converting liquid drugs into tiny particles and delivering them directly to the lungs. The application of new quality productive forces, such as the Internet of Things, artificial intelligence, and the metaverse, has revolutionized nebulizer therapy. These technologies not only enable real-time monitoring and accurate analysis of patient physiological data to support the development of personalized treatment plans, but also improve the convenience of treatment and patient compliance. Through IoT technology, healthcare professionals can remotely monitor the treatment process to ensure the safety and effectiveness of treatment. At the same time, the introduction of AI technology has improved the efficiency of data-driven decision-making, making treatment plans more precise and scientific. However, new quality productive forces enabling nebulizing therapy also face challenges such as technology acceptance, data security and privacy protection, and economic cost. In the future, with the continuous development and improvement of technology, new quality productive forces will play a greater role in the field of nebulizer therapy and promote the high-quality development of medical service system.

[Key Words] medical new quality productive forces; nebulizer therapy; metaverse in medicine

医用雾化治疗是将液体药物转化成微小颗粒,通过呼吸道直接输送至患者肺部的给药方法^[1]。这种治疗方式主要用于呼吸道疾病,如哮喘、慢性阻

塞性肺病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、肺炎等的治疗。某些心脏病患者也需要雾化吸入硝酸甘油等药物,以迅速扩张血管,改善心

[收稿日期] 2024-09-20**[接受日期]** 2024-09-29**[基金项目]** 上海市科学技术委员会项目基金(21DZ2200600)。Supported by Fund of Shanghai Municipal Commission of Science and Technology (21DZ2200600)。**[作者简介]** 朱文思,主治医师。E-mail: zhu.siweng@zs-hospital.sh.cn

*通信作者(Corresponding author)。Tel: 021-64041990。E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

脏供血^[2]。对于细菌性或病毒性呼吸道感染,雾化治疗可以输送抗生素或抗病毒药物至呼吸道局部,提高病灶药物浓度。雾化治疗能够使药物直接作用于病灶,具有起效快、用药量少、全身不良反应小等优点^[3]。目前,雾化治疗在临床上得到了广泛的应用,许多医院和诊所都配备了雾化治疗设备,用于辅助临床治疗。随着医药科技的发展,雾化治疗技术也在不断进步。例如,智能雾化器可以根据患者的具体情况自动调整药物的剂量和雾化速度,以实现最佳的治疗效果。这种智能化的治疗方式不仅减少了人为操作带来的误差,也使得雾化治疗更加安全、高效^[4]。

在当今数字经济时代,新质生产力是以数字化、网络化、智能化的新技术为支撑,以科技创新为核心驱动力,以深化高技术应用为主要特征,具有广泛的渗透性和融合性的生产力形态^[5]。物联网,元宇宙和人工智能(artificial intelligence, AI)技术的出现,共同推动了新质生产力的实现,促进形成高效、高质量的医疗服务体系。新质生产力也为雾化

治疗的研究带来了新的机遇^[6]。通过新质生产力技术,研究人员可以收集大量患者的实时生理数据和治疗反馈信息。这些数据不仅可以用于评估现有治疗方案的有效性,还可以为新型治疗方法的研发提供有力支持。例如,对大数据分析有助于研究人员制定更加精准、高效的治疗方案。然而,尽管雾化治疗在临床上取得了显著的成果,但仍存在一些挑战,例如确保数据准确性、安全性、隐秘性等。但随着技术的不断进步和政策的逐步完善,这些问题也将得到有效解决。医用雾化治疗作为一种有效的治疗手段,将在临床上得到更加广泛的应用并不断发展。未来,随着科技的进步和创新疗法的开发,雾化治疗有望为更多患者带来福音。

1 医用雾化治疗的优势和限制

1.1 医用雾化治疗设备 医用雾化治疗需要使用特定的设备,即医用雾化器,主要有超声、网式和压缩3种(表1)^[7-8]。

表1 雾化治疗设备及特征

设备	特征及实践
超声雾化器	超声雾化器利用超声波的能量将液体药物打碎成微小的气溶胶颗粒。这种类型的雾化器产生的是较大颗粒的气溶胶,更适合用于口腔和咽喉疾病的治疗 ^[9] 。
网式雾化器	网式雾化器利用微型振动筛网将液体药物打碎成微小的气溶胶颗粒。这种类型的雾化器产生的是较小颗粒的气溶胶,更容易被患者吸收,适用于呼吸道疾病的治疗 ^[10] 。
压缩雾化器	压缩雾化器利用空气压缩机产生的高速气流将液体药物打碎成微小的气溶胶颗粒。这种类型的雾化器产生的是极小颗粒的气溶胶,具有更高的生物利用度,适用于重症患者的治疗 ^[11] 。
干粉吸入器	严格意义上讲,干粉吸入器并不属于雾化器,但它也是一种常用于呼吸道疾病治疗的设备。干粉吸入器将药物制成干燥的粉末状,患者通过吸入动作将药物吸入呼吸道。这种类型的设备适用于需要长期维持治疗的呼吸道疾病患者 ^[12] 。

1.2 医用雾化治疗的优点 医用雾化治疗主要用于呼吸道疾病,如哮喘、COPD和肺炎等,具有以下优点^[13]:(1)直接作用于病灶,提高局部药物浓度,从而增强治疗效果。(2)起效快。由于药物直接作用于病灶,雾化治疗通常具有较快的起效时间,可以在短时间内缓解症状。(3)用药量少。相比于口服或注射给药,雾化治疗所需的药物剂量通常较小,从而降低了药物的副作用风险。(4)全身不良反应小。由于药物主要作用于局部,减少了全身不良反应的发生。(5)治疗便利。雾化治疗过程相对简单,患者无须刻意配合即可完成治疗,提高了治疗的便利性。(6)适用于多种疾病。雾化治疗适用于多种疾病,包括哮喘、COPD、肺炎、感染性疾病和心脏病

等,具有广泛的临床应用价值。(7)安全性高。雾化治疗的安全性较高,适合各个年龄段的患者使用,包括儿童和老年人。

1.3 医用雾化治疗的限制 尽管医用雾化治疗在许多方面都具有显著优势,但在实际应用中,也面临着一些限制和挑战(表3)^[1, 14-15]。

2 新质生产力赋能雾化治疗

2.1 实时监测和收集生理数据 在个体化雾化治疗时,对患者生理状态的连续、精准监测至关重要。物联网技术的引入无疑是革命性的进步,它通过无线传感器和网络技术来实时监测和收集患者的生理数据^[16],显著提升了数据收集的效率和准确性。

表3 医用雾化治疗的限制和挑战

问题	限制和挑战
设备依赖性	雾化治疗需要依赖特定的设备,这在一定程度上限制了治疗的便利性。
药物选择有限	只有以液态形式存在的药物才能用于雾化治疗,限制了药物的种类。
需要专业指导	需要专业医疗人员指导正确使用雾化器、调整药物剂量等。
潜在的副作用	存在一些潜在的副作用,如口腔念珠菌感染等。
设备维护和清洁	雾化器需要定期维护和清洁,以降低设备损坏和交叉感染的风险。
患者依从性问题	部分患者可能因为各种原因无法按时按量完成雾化治疗,影响治疗效果。
费用问题	雾化治疗设备和药物的用较高,对于一些经济条件较差的患者来说可能难以承受。

患者的呼吸频率、心率、血氧饱和度等关键生理指标通过物联网实时、准确地传输到医疗中心的数据库中,便于专家分析和把控治疗进程(图1)。此外,研究人员能够对这些海量的数据进行深度挖掘和分析,从而更好地理解雾化治疗的作用机制^[17]。

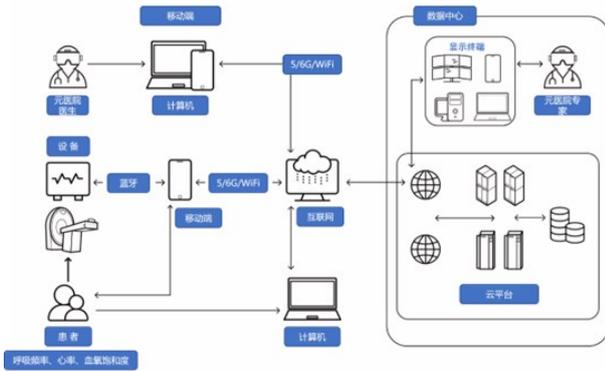


图1 实时检测患者健康数据

2.2 提高治疗便捷度 物联网技术的迅速发展为患者带来了前所未有的便捷治疗体验。其中,智能手机和智能雾化器的紧密结合,成为这一变革中的典型代表,智能化操作和管理,极大地提升了患者的治疗效率和舒适度。通过在智能手机上安装医疗应用程序,患者可以轻松查看自己的治疗计划,并实时记录自己的治疗进度,如每次治疗的时间、药物用量以及治疗后的感受等信息(图2)。这不仅有助于患者更好地了解自己的治疗情况,也为医生提供了宝贵的反馈信息。

智能雾化器的出现,将便捷性提升到了一个新的高度。智能雾化器的核心在于其精准的传感器和先进的算法。传感器能够实时监测患者的呼吸频率、吸入药物的量以及雾化过程中的各种参数,而算法则根据这些数据,迅速算出最适合患者的药物剂量和雾化速度^[4]。这种智能化的调整方式,确保了每位患者都能接受最适合自己的治疗方案。在传统的雾化治疗中,患者需要手动调节雾化器的

设置,不仅操作繁琐,而且容易出现误差。药物剂量过多可能会导致患者不适,甚至引发副作用;而药物剂量过少则可能无法达到预期的治疗效果。智能雾化器的出现,彻底解决了这一问题。它可以根据患者的实时生理数据,自动调整药物剂量和雾化速度,确保治疗过程既安全又有效^[18]。此外,智能雾化器还具备远程监控功能,医生可以通过手机或电脑端的应用程序,随时查看患者的治疗情况和反馈数据。这意味着,即使患者在家中雾化治疗,医生也能及时了解他们的治疗进展,并在必要时给予远程指导。这种全新的治疗模式,不仅提高了治疗的便捷性,还加强了医患之间的沟通与互动。

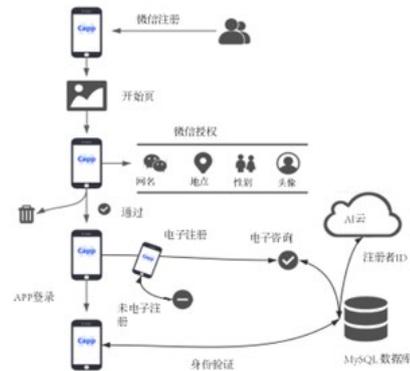


图2 物联网智能辅助雾化治疗

2.3 辅助临床研究 借助物联网技术,研究人员可以收集到大量患者的实时生理数据和治疗效果信息。这些数据不仅可以用于评估现有治疗方案的有效性,还可以为新型治疗方法的研发提供有力支持^[19]。通过数据分析,研究人员可能会发现某些药物在特定人群中的效果更佳,或者特定雾化速度更能促进药物的吸收。这些发现将有助于开发出更加精准、高效的治疗方案。同时,物联网技术还为雾化治疗的普及和推广提供了便利。借助智能手

机和智能雾化器等设备,患者可以在家中轻松进行雾化治疗,无需频繁前往医院。这不仅减轻了患者的经济负担和时间成本,还使得雾化治疗更加易于接受和普及。

3 新质生产力为特征性雾化治疗奠定基础

3.1 物联网和元宇宙提高雾化治疗依从性 物联网系统可以通过智能提醒和交互设计来帮助患者更好地遵循治疗计划,从而提高他们对雾化治疗的依从性。这些系统通常包括移动应用程序、智能手表或其他可穿戴设备,它们可以提醒患者按时接受治疗,并提供有关如何正确进行雾化治疗的指导。一些系统还可以与社交媒体平台集成,允许患者分享他们的治疗进展并获得支持。结合元宇宙技术,我们可以为患者提供更加沉浸式的治疗体验。例如,在环境中模拟真实的治疗场景,帮助患者在心理上做好准备,或者利用增强现实(augmented reality, AR)技术在患者的视野中叠加重要信息,如治疗进度和生理指标,以提高患者的参与度和满意度。物联网和元宇宙技术的结合为改善患者的治疗依从性提供了新的可能性,不仅提高了治疗效果,也提升了患者的整体治疗体验。

3.2 物联网和元宇宙赋能实时监控雾化治疗 物联网和元宇宙技术的结合为实时监控雾化治疗提供了新的可能性。物联网技术可以实现对患者状态的实时监控,及时发现并处理可能的不良反应,这在雾化治疗过程中尤为重要。通过物联网设备,医生可以远程监测患者的生命体征和治疗反应,一旦发现异常,就可以立即采取措施,从而确保患者的安全^[20]。

3.3 物联网和元宇宙赋能预防性雾化治疗 物联网和元宇宙技术相结合,可以为预防性雾化治疗提供有力的支持。通过环境传感器数据的收集和分析,物联网系统能够识别出可能导致疾病发作的危险因素,并向患者发出预警。这可以帮助患者及时采取措施,避免病情恶化^[21, 22]。在元宇宙环境中,患者可以接收到更加直观和个性化的预警信息。例如,在VR或AR场景中,系统可以模拟出潜在的危险因素,并指导患者如何规避。此外,元宇宙平台还可以提供健康教育内容,帮助患者了解如何预防疾病的发生和发展。总的来说,物联网和元宇宙技术的结合为预防性雾化治疗提供了新的方法,有助于提高患者的健康水平和生活质量。

4 新质生产力赋能雾化治疗前景

4.1 提高个性化治疗水平 AI、物联网和元宇宙技术的融合正在革新个性化治疗的方式,通过精确的数据分析和沉浸式体验,提升治疗的针对性和效果。首先,AI技术能够处理大量数据,识别患者之间的差异,并根据这些信息定制个性化的治疗计划^[23]。例如,在雾化治疗中,AI可以分析患者的生理参数和历史治疗反应,自动调整药物剂量或治疗频率,以达到最佳疗效。其次,物联网设备的广泛应用使得实时监测和调整治疗成为可能。通过连接各种传感器和医疗设备,物联网系统可以持续收集患者数据,并及时反馈给医疗专业人员。这样,医生可以迅速响应患者的状况变化,及时调整治疗方案^[24]。最后,元宇宙技术的引入为患者提供了全新的治疗体验^[25]。在VR或AR环境中,患者可以参与到治疗过程中,这种沉浸式的体验可以提高患者依从性,并帮助他们更好地了解病情和治疗计划(图3)。



图3 BRM一体机的应用^[26]

4.2 提高远程医疗水平 AI、物联网和元宇宙技术的融合为远程医疗带来了革命性的变化,通过智能化数据分析、实时监控以及虚拟现实技术的应用,极大地提高了远程医疗的服务水平和可达性^[27]。AI技术能够处理和分析大量的医疗数据,帮助医生进行更准确的诊断和治疗建议。在远程医疗中,AI系统可以通过分析患者的电子健康记录、影像资料以及其他相关数据,为医生提供有价值的见解,从而提高诊疗的准确性^[28]。物联网技术的应用使得远程医疗成为可能。通过各种可穿戴设备和家用医疗仪器,物联网系统可以持续收集患者的生理数据,并及时将这些信息传递给医疗专业人员。这样,即便患者身处异地,医生也能及时了解患者的病情变化,并提供相应的医疗建议。元宇宙技术的引入为远程医疗提供了全新的交互方式。在VR或

AR环境中,医生可以与患者进行面对面交流,这种沉浸式的体验能够提高患者的满意度和依从性。此外,元宇宙平台还可以用于医学教育和培训,帮助医护人员提高专业技能,从而提升整个远程医疗体系的水平^[26]。

4.3 提高智能设备功能 AI、物联网和元宇宙技术的结合正在推动智能设备功能的显著提升,这些技术相互协作,使智能设备更加智能化、自动化和用户友好。AI技术通过机器学习和深度学习算法,使智能设备具备强大的数据处理和分析能力。这使得智能设备能够自主学习用户的偏好和行为模式,从而提供更个性化的服务^[24]。物联网技术的应用使智能设备能够互联互通,形成庞大的智能网络,实现实时交换数据和信息,协同工作;元宇宙技术的引入为智能设备提供了全新的交互方式。在VR或AR环境中,用户可以与智能设备进行自然、直观的交互,这种沉浸式体验大大增强了用户体验。简言之,AI、物联网和元宇宙技术的结合正在不断推高智能设备的功能上限,使它们变得更加智能、互

联和用户友好,从而改变我们的生活方式和工作模式。

4.4 提高数据驱动决策效率 AI、物联网和元宇宙技术的融合为医疗健康领域数据驱动决策提供了强大的支持,我们可以实现更高效的数据收集、分析和应用,从而提高决策的效率和质量^[29],为患者提供更好的治疗体验^[30]。物联网技术可以实时收集大量的医疗数据,包括患者的生理参数、治疗反应和环境因素等。这些数据为后续的分析 and 决策提供了宝贵的信息源。AI技术可以对收集到的数据进行深入的分析和挖掘,识别出有用的模式和趋势。通过机器学习算法,AI可以预测患者对特定治疗的反应,帮助医生制定个性化的治疗计划。元宇宙技术可以提供沉浸式和交互式的数据可视化平台,帮助医生和研究人员更好地理解 and 解释数据。在VR或AR环境中,用户可以直接与数据交互,探索数据的各个方面,从而做出更准确的决策(图5)。

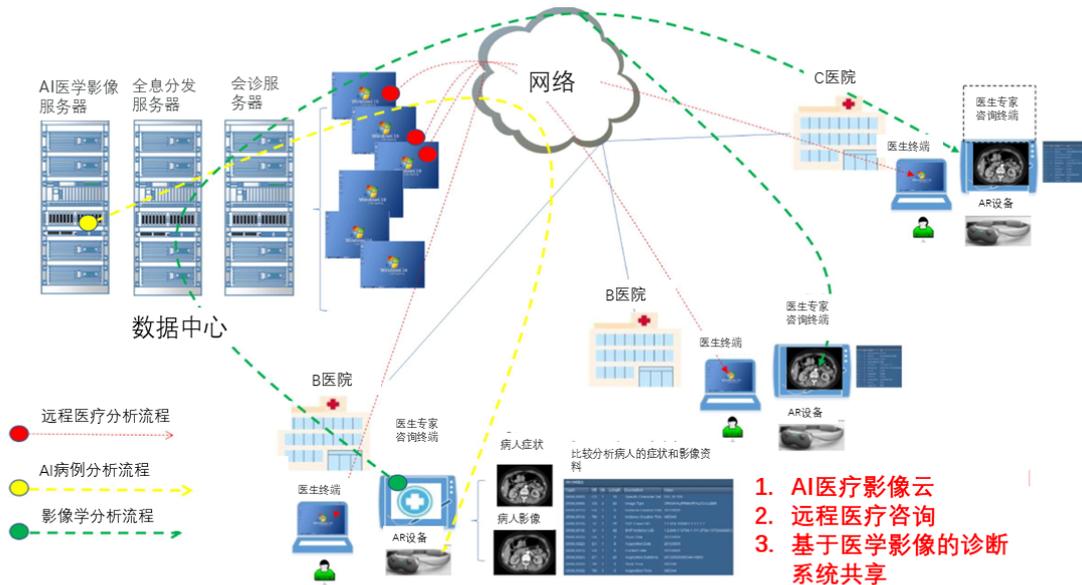


图5 医学实用元宇宙^[26]

4.5 提高预防性医疗水平 物联网不仅可以用于治疗,还可以用于疾病预防。通过监测空气质量和其他环境因素,物联网可以帮助人们避免接触可能导致呼吸系统问题的物质。总的来说,新质生产力赋能雾化治疗的前景是光明的,它有可能改变我们进行雾化治疗的方式,使其更加有效、方便和个性化。然而,这也带来了一些挑战,如数据安全和隐私保护等问题。因此,在推动技术应用的同时,也需要

关注这些问题,以确保患者的安全和权益。

5 新质生产力赋能雾化治疗面临的挑战

新质生产力赋能雾化治疗虽然具有诸多优势和潜力,但在实施过程中也会面临一系列挑战(表4)。克服这些挑战需要产业界、学术界和政策制定者共同努力,推动相关技术的发展,完善法规标准,提高公众意识,确保新质生产力赋能雾化治疗能够

在确保安全、有效的前提下,为患者带来更多益处。

表4 新质生产力赋能雾化治疗面临的挑战

挑战	对医疗实践影响
技术接受度	医务人员和患者对新技术的接受程度不一,影响物联网雾化治疗设备的推广和使用。
技术标准与规范缺失	由于物联网技术发展迅速,相关的技术标准与规范尚未完全成熟和统一,这在一定程度上限制了其在医疗领域的广泛应用。
数据安全与隐私保护	医疗数据属于高度敏感的信息,需保证数据传输与存储的安全性和保密性。
经济成本	物联网设备的部署和维护需要一定的经济投入,尤其是在资源有限的地区,高昂的成本可能成为推广的障碍。
法规与政策	现行医疗法规和政策尚未完全涵盖物联网技术带来的新变化,需要在法律框架内对现有规定进行相应调整和完善。
技术与医疗专业融合	将物联网技术与医疗专业知识紧密结合,确保技术服务于临床需求。

6 展望

新质生产力赋能雾化治疗的未来展望是充满潜力的。随着技术的不断进步和创新,我们可以期待在以下几个方面看到显著的进展:(1)智能设备。随着物联网技术的发展,我们可以期待出现更多的智能雾化设备。这些设备将具备自我监测和自我调整的能力,以确保患者始终接受最有效的治疗。(2)数据驱动决策。物联网将产生大量的数据,这些数据可以用来支持临床决策。通过分析这些数据,医生可以更好地理解雾化治疗的效果和副作用,从而做出更好的治疗决策。(3)个性化医疗。物联网将使个性化医疗成为可能,通过收集和分析患者的生理数据,系统可以自动调整雾化治疗的参数,以适应每个患者的独特需求。(4)远程医疗。物联网将推动远程医疗的发展,使得患者无需亲自前往医院,就可以接受专业的雾化治疗。这将极大地提高医疗服务的可达性和便利性。(5)预防性医疗。物联网不仅可以用于治疗已经患病的人,还可以用于预防疾病。通过监测空气质量和其他环境因素,物联网可以帮助人们避免接触可能导致呼吸系统问题的物质。

综上所述,新质生产力赋能雾化治疗的未来是光明的,它有可能改变我们进行雾化治疗的方式,使其更加有效、方便和个性化。然而,这也带来了一些挑战,如数据安全和隐私保护等问题。因此,在推动技术应用的同时,也需要关注这些问题,以确保患者的安全和权益。

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 朱文思,王悦虹,蔡沁怡:修改,检索参考文献,使用AI技术生成图片;白春学:选题、撰写、修改。

参考文献

- [1] CHANDEL A, GOYAL A K, GHOSH G, et al. Recent advances in aerosolised drug delivery [J]. Biomedicine Pharmacother, 2019, 112: 108601.
- [2] KARFUNKLE B, GILL J, SHIREY S, et al. COVID-19 acute respiratory distress syndrome and pulmonary embolism: a case report of nebulized nitroglycerin and systemic thrombolysis for right ventricular failure[J]. J Emerg Med, 2021, 61(5): e103-e107.
- [3] MARTIN A R, FINLAY W H. Nebulizers for drug delivery to the lungs [J]. Expert Opin Drug Deliv, 2015, 12(6): 889-900.
- [4] HÄUBERMANN S, ARENDSSEN L J, PRITCHARD J N. Smart dry powder inhalers and intelligent adherence management [J]. Adv Drug Deliv Rev, 2022, 191: 114580.
- [5] 何萍. 何谓新质生产力 [J]. 武汉大学学报(哲学社会科学版), 2024, 77(5): 5-17.
- [6] 刘守英, 黄彪. 从传统生产力到新质生产力 [J]. 中国人民大学学报, 2024, 38(4): 16-30.
- [7] POULAKOU G, MATTHAIU D K, NICOLAU D P, et al. Inhaled antimicrobials for ventilator-associated pneumonia: practical aspects [J]. Drugs, 2017, 77(13): 1399-1412.
- [8] GELLER D E. Comparing clinical features of the nebulizer, metered-dose inhaler, and dry powder inhaler [J]. Respir Care, 2005, 50(10): 1313-1321; discussion 1321-1322.
- [9] DALMORO A, BARBA A A, LAMBERTI G, et al. Intensifying the microencapsulation process: ultrasonic atomization as an innovative approach [J]. Eur J Pharm Biopharm, 2012, 80(3): 471-477.
- [10] PRITCHARD J N, HATLEY R H, DENYER J, et al. Mesh nebulizers have become the first choice for new nebulized pharmaceutical drug developments [J]. Ther Deliv, 2018, 9(2): 121-136.
- [11] EDGE R, BUTCHER R. CADTH Rapid Response Reports

- [M]. Ottawa (ON) ; Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, 2019.
- [12] GAIKWAD S S, PATHARE S R, MORE M A, et al. Dry Powder Inhaler with the technical and practical obstacles, and forthcoming platform strategies [J]. *J Control Release*, 2023, 355: 292–311.
- [13] PAVIA D. Efficacy and safety of inhalation therapy in chronic obstructive pulmonary disease and asthma [J]. *Respirology*, 1997, 2(Suppl 1): S5–S10.
- [14] DHANANI J, FRASER J F, CHAN H K, et al. Fundamentals of aerosol therapy in critical care [J]. *Crit Care*, 2016, 20(1): 269.
- [15] BARJAKTAREVIC I Z, MILSTONE A P. Nebulized therapies in COPD: past, present, and the future [J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2020, 15: 1665–1677.
- [16] DA COSTA C A, PASLUOSTA C F, ESKOFIER B, et al. Internet of Health Things: toward intelligent vital signs monitoring in hospital wards [J]. *Artif Intell Med*, 2018, 89: 61–69.
- [17] ALIVERTI A. Wearable technology: role in respiratory health and disease [J]. *Breathe*, 2017, 13(2): e27–e36.
- [18] DIERICK B J H, ACHTERBOSCH M, EIKHOLT A A, et al. Electronic monitoring with a digital smart spacer to support personalized inhaler use education in patients with asthma: the randomized controlled OUTERSPACE trial [J]. *Respir Med*, 2023, 218: 107376.
- [19] BABATUNDE A O, TOGUNWA T O, AWOSIKU O, et al. Internet of Things, Machine Learning, and Blockchain Technology: emerging technologies revolutionizing Universal Health Coverage [J]. *Front Public Health*, 2022, 10: 1024203.
- [20] DOBKIN B H. A rehabilitation–internet–of–things in the home to augment motor skills and exercise training [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2017, 31(3): 217–227.
- [21] LEE H Y, LEE K H, LEE K H, et al. Internet of medical things–based real–time digital health service for precision medicine: empirical studies using MEDBIZ platform [J]. *Digit Health*, 2023, 9: 20552076221149659.
- [22] HAGHI M, THUROW K, STOLL R. Wearable devices in medical Internet of Things: scientific research and commercially available devices [J]. *Healthc Inform Res*, 2017, 23(1): 4–15.
- [23] YADAV D, GARG R K, CHHABRA D, et al. Smart diagnostics devices through artificial intelligence and mechanobiological approaches [J]. *3 Biotech*, 2020, 10(8): 351.
- [24] 白春学, 冯 瑞, 杨达伟. 一种手机云加端物联网医学系统及采用该系统的方法: CN102637291B [P]. 2015–05–20.
- [25] USMANI S S, SHARATH M, MEHENDALE M. Future of mental health in the metaverse [J]. *Gen Psychiatr*, 2022, 35(4): e100825.
- [26] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine [J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 39–43.
- [27] KHEMASUWAN D, SORENSEN J S, COLT H G. Artificial intelligence in pulmonary medicine: computer vision, predictive model and COVID–19 [J]. *Eur Respir Rev*, 2020, 29(157): 200181.
- [28] HUANG S G, YANG J, SHEN N, et al. Artificial intelligence in lung cancer diagnosis and prognosis: current application and future perspective [J]. *Semin Cancer Biol*, 2023, 89: 30–37.
- [29] TAO P Z, LIU N, DONG C L. Research progress of MIIoT and digital healthcare in the new era [J]. *Clin eHealth*, 2024, 7: 1–4.
- [30] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine [J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 1–9.

引用本文

朱文思, 王悦虹, 蔡沁怡, 等. 医学新质生产力视角下的雾化治疗前景 [J]. *元宇宙医学*, 2024, 1(3): 29–35.

ZHU W S, WANG Y H, CAI Q Y, et al. The prospect of nebulizer therapy from the perspective of new quality productive forces in medicine [J]. *Metaverse Med*, 2024, 1(3): 29–35.