

雾化吸入疗法合理用药专家共识（2024 版）

中华医学会临床药学分会，
中国医药教育协会药事管理专业委员会、临床合理用药专业委员会

摘要 雾化吸入疗法是一种以呼吸道和肺为靶器官的直接给药方法，是呼吸系统疾病的重要治疗手段。近年来我国呼吸道疾病高发，基层医疗机构雾化及居家雾化治疗普及率显著提高，雾化吸入疗法规范应用和合理用药面临的有关问题亟待解决。为此，由中华医学会临床药学分会牵头，与中国医药教育协会药事管理专业委员会、临床合理用药专业委员会共同组织编写了《雾化吸入疗法合理用药专家共识（2024 版）》。该共识详细介绍了雾化吸入疗法的给药特点、安全性和有效性、用药指征、应用流程、药学监护，以及常用小容量雾化装置的选择、新上市的雾化吸入药物、常见呼吸系统疾病雾化吸入疗法推荐给药方案等，旨在为各级医疗机构医务工作者规范开展雾化吸入治疗和合理用药提供专业参考。

关键词 雾化吸入疗法；合理用药；药学监护；多学科协作；专家共识

中图分类号 R56；R969.3 文献标识码 A 文章编号 1004-0781（2024）09-1355-14
DOI 10.3870/j.issn.1004-0781.2024.09.001

收稿日期 2024-07-26 修回日期 2024-08-06

近年来全国多地呼吸道疾病高发，医疗卫生服务需求明显增多，基层医疗机构雾化吸入设备及雾化药品的配备也受到普遍关注。中华医学会临床药学分会会同中国医药教育协会药事管理专业委员会与临床合理用药专业委员会组织专家编写《雾化吸入疗法合理用药专家共识（2024 版）》（以下简称《2024 版共识》）。《2024 版共识》由药学、呼吸、儿科、外科、ICU 等领域专家共同参与编写，体现了多学科协作促进合理用药。与《2019 版共识》相比，《2024 版共识》阐述了雾化吸入疗法安全性和有效性的影响因素；提出了非雾化吸入制剂用于雾化吸入治疗的管理建议；明确了雾化吸入治疗的指征；规范了雾化吸入的应用流程；并给予特殊人群在居家、门诊、住院等不同治疗场景下的全面药学监护建议。旨在为各级医疗机构医务工作者规范开展雾化吸入治疗提供参考，进一步促进雾化吸入药物在临床的合理应用，维护患者健康。《2024 版共识》于 2024 年 2 月 1 日在国际实践指南注册与透明化平台（Practice Guideline Registration for transPAREncy, PREPARE）完成注册，注册编号：PREPARE-2024 CN234。

1 雾化吸入疗法介绍

1.1 雾化吸入疗法的给药特点

1.1.1 雾化吸入疗法的基本概念

雾化吸入疗法是应用雾化吸入装置将药液雾化成粒径 $0.01\sim 10\ \mu\text{m}$ 的气溶胶微粒后，通过吸入的方式进入气道并沉积于肺部，从而发挥防治疾病作用的治疗方法^[1-2]。其具有局部药物浓度高、全身不良反应少等优点，是治疗哮喘、支气管炎等呼吸系统疾病，缓解咳嗽、咳痰等急慢性呼吸道症状的重要手段^[3-5]。

1.1.2 雾化吸入疗法的作用机制和药学特点

雾化吸入以空气动力学和颗粒物理学为基础，首先将药液雾化成气溶胶微粒，然后递送到气管、支气管和肺泡^[3,6]。气溶胶是固体微粒或液体微滴悬浮在气体中形成的分散体系。当气溶胶微粒被吸入肺部后通过惯性嵌顿、重力沉降和布朗运动等机制与呼吸道黏膜接触，并在呼吸道和肺部沉积。药物沉积部位与雾粒粒径大小和运动速度相关，较大的雾粒（粒径>10 μm）主要沉积在鼻和（或）口咽部，粒径 5~10 μm 的雾粒主要沉积在下呼吸道近端的传导气道中；粒径 1~5 μm 的雾粒可到达并沉积在肺外周^[6]。

大部分雾化吸入药物在肺部沉积发挥局部药效，例如吸入性糖皮质激素（inhaled corticosteroid, ICS）、雾化吸入用支气管扩张剂等。沉积在口咽部药物经吞咽在肠道吸收入血（口服生物利用度），沉积在肺部的药物经肺泡吸收入血（肺生物利用度）^[7-8]。进入全身循环的药物可能引发不良反应（图 1）。对于这类主要发挥局部药效的雾化吸入药物，应具有“两短一长”的药学特点，即在气道黏膜表面停留时间短、血浆半衰期短和局部组织滞留时间长。

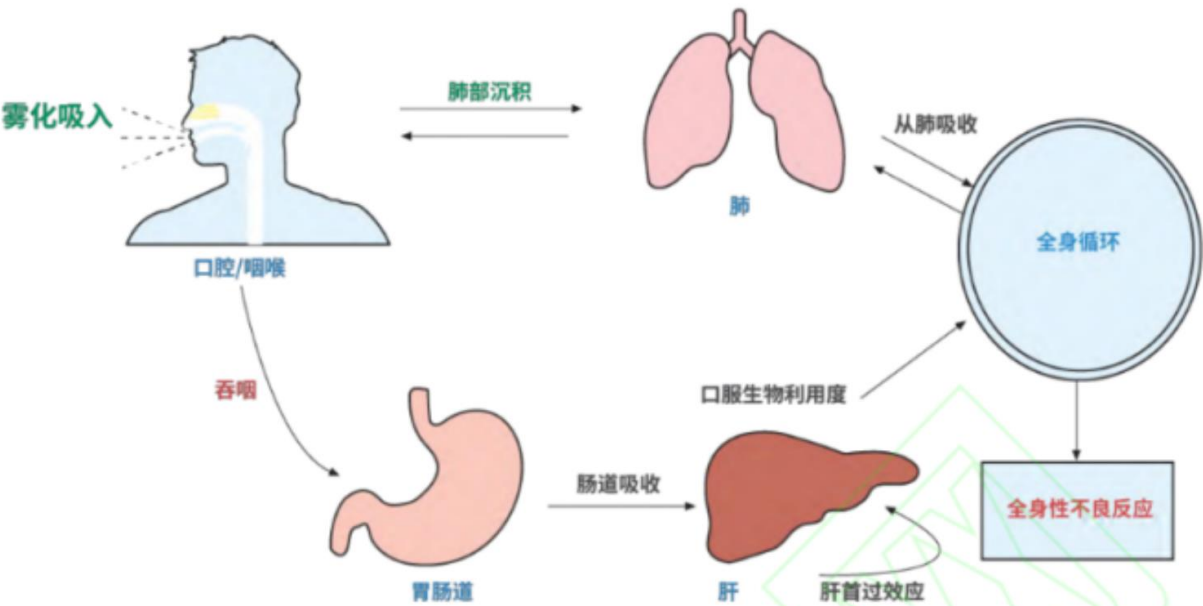


图 1 雾化吸入疗法的体内过程
Fig.1 In vivo metabolic process of nebulized therapy

1.1.3 雾化吸入疗法的给药途径特点

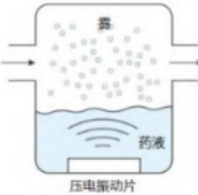
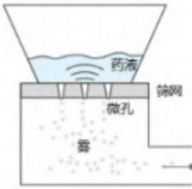
雾化吸入将药物直接递送到呼吸道黏膜和肺泡，迅速定位。与全身用药相比，可避免被胃肠道破坏及肝脏首过效应，局部组织药物浓度较高，全身不良反应较少见^[3-4,9]。与加压定量吸入剂、干粉吸入剂、软雾吸入剂等预装药物的便携式吸入疗法相比，雾化吸入疗法对患者手口协调配合和吸气能力要求不高，对患者吸气峰流速没有特别要求，可进行较大药量治疗，可联合用药，也可使用氧气驱动。因此较适用于住院的急性期加重患者、严重呼吸困难和吸气能力微弱的患者，尤其手口协调不佳的患者和需要机械通气的患者^[10]。

1.2 常用小容量雾化装置的选择

雾化装置是一种将药液转变为气溶胶形态，并经口腔（或鼻腔）吸入的药物递送装置^[11]。小容量雾化装置是目前临床最为常用的雾化吸入装置，其储液容量一般为5~20 mL^[12]。选择雾化吸入装置时，主要考察雾化效能相关参数（表1）。其中有效雾粒粒径和单位时间释雾量是重要的选择指标。有效雾粒粒径是指能够沉积于气道和肺部的具有治疗价值的雾化气溶胶微粒的直径，以3~5 μm为佳。单位时间释雾量（雾化速率）决定吸入肺部的有效药物量，释雾量大能更有效发挥治疗效果，但药物短时间大量进入也可能导致不良反应增多，应综合评估，选择患者能耐受的适宜释雾量才能达到最佳治疗效果。

与雾化装置连接的吸入器分为面罩式及口含式。面罩式吸入器是通过鼻腔或者口腔吸入治疗，但更多的是通过鼻腔进入。经鼻吸入时气流量小，且鼻内的机械阻挡及无效腔易导致药物在鼻腔中滞留，药物的使用率较低。口含式吸入器是直接通过口腔吸入治疗，相较于面罩式吸入器药物损耗小，肺内药物沉积多，药物疗效更佳。雾化吸入时，应优先选择口含式吸入器，但下列情况选择面罩式吸入器更好：（1）<3岁的儿童；（2）因体力、智力、理解力、协调能力障碍或其他原因无法配合口含式雾化的患者；（3）合并有过过敏性鼻炎或腺样体肥大的下呼吸道疾病的患者；（4）明显低氧不合并二氧化碳潴留的患者，使用面罩雾化比口含器雾化更有利于改善缺氧^[13-15]。部分药物需使用特定的雾化器，例如国内已上市的吸入用伊洛前列素溶液、妥布霉素吸入溶液。因此应综合考虑患者情况、疾病诊断、药物性质、应用场景来选择适合的雾化装置，从而提高雾化药物疗效，增

表 1 小容量雾化装置的比较
Tab.1 Comparison of small-volume nebulizers (SVNs)

分类	工作原理	有效雾滴粒径 (μm)	单位时间释雾量 (mL/min)	残液量 (mL)	药物递送率 (%)	噪音 (dB)	气雾温度变化	便携性	优点	缺点	应用场景
射流雾化器 	压缩气流剪切药液产生雾化颗粒	3~8	0.2~0.6 (气压越大, 流量越高)	≤1	15~30	≤65 噪音较大	温度下降	体积大, 氧驱动, 携带不便	经久耐用, 释雾量较大, 易于清洗维护	不适用于易降解的大分子药物, 雾化时间长, 噪声高	临床应用广泛, 医疗机构、养老机构多使用
超声雾化器 	超声波震荡气液交界面产生雾化颗粒	1~10	0.2~0.8	0.5~1	30~40	≤50 微/无噪音	温度升高, 可能影响药物的生物活性	体积中等, 需电源驱动, 可携带	释雾量大, 释雾均匀	药物易失活或浓缩, 易过度湿化	医疗机构已较少使用
振动筛网雾化器 	高频振动药液通过固定直径微小筛孔产生气雾	1~5	0.2~0.9	0.1~0.5	40~60	≤20 部分接近 0dB 无噪音	温度不变	体积小, 电源/电池驱动, 携带方便	便于携带, 药物残留少, 释雾量较大, 速度较快	筛网易堵孔, 滋生微生物	应用场所广, 适用于门诊急诊、ICU 人工通气、家庭雾化等多种场景

1.3 雾化吸入疗法的安全性和有效性

1.3.1 雾化吸入疗法的安全性

影响雾化吸入疗法安全性的主要因素包括气道刺激和感染风险。

或建议患者采用居家雾化吸入治疗方式以降低交叉感染风险^[17-18]。

1.3.2 雾化吸入疗法的有效性

(1) 影响雾化吸入疗法有效性的药物因素：①微粒粒径：吸入药物在肺内的分布取决于空气动力学粒径，其影响因素包括粒径、晶型、外形、密度等^[4]。②分子量、油/水分配系数、酯化作用：药物经雾化吸入后在肺部的吸收为被动扩散，因此吸收的速率、效率与药物的分子量和脂溶性相关。小分子化合物容易通过肺泡囊表面，吸收较快。分子量较大的物质，如糖类、酶等，难以被肺泡吸收。适当油/水分配系数的药物利于吸收，且不会导致分布容积增大从而增加体内药物蓄积风险。具有酯化作用的药物可在气道组织与脂类物质可逆性结合，形成长链脂肪酸复合物贮存于细胞质中，使其肺滞留时间延长，有利于发挥局部药效^[8,19-20]。③受体亲和力与药理活性：药物与肺部受体结合产生有益效应，与肺外受体结合则常产生有害效应。受体亲和力不同显示不同强弱药理活性^[8,20]。

(2) 影响雾化吸入疗法有效性的装置因素：目前临床常用的雾化装置有喷射雾化器、超声雾化器及振动筛网雾化器。理想的雾化装置应能产生稳定、均匀的雾化颗粒，并具有较高的药物递送率。雾化颗粒的大小及粒径分布直接影响药物沉积部位及治疗效果。雾化颗粒的质量中值空气动力学直径（mass median aerodynamic diameter, MMAD）越小，颗粒越容易到达远端支气管；几何标准差（geometric standard deviation, GSD）越小则雾化颗粒大小越均一，越接近 1 分布范围越窄。药物递送总量（total delivered dose, TDD）及微细粒子剂量或百分数（fine particle dose or fraction, FPD 或 FPF）越高，雾化器释放的药物量及递送效率越高，肺部沉积量越多^[9,21,22]。

在评估临床雾化治疗的有效性与安全性时，应将雾化装置与雾化药物作为一个整体考虑。经过欧洲药物气溶胶组-雾化小组大量实验研究确定，关键雾化特性为递送速率、递送总量及空气动力学粒径分布^[23]。递送速率可辅助评估患者的治疗时间，递送总量可预期患者用药剂量，空气动力学粒径分布可反映已形成的药物雾滴在人体肺部环境中的分布情况，这些关键指标有利于评估吸入药物在临床应用中的安全性及有效性^[23]。美国与欧洲分别于 2011 年、2012 年将其载入药典，中国 2015 年将其载入药典。2020 年国家发布《经口吸入制剂仿制药生物等效性研究指导原则》对吸入混悬剂的仿制制剂也提出了关键雾化特性（如递送速率和递送总量、微细粒子空气动力学特性）等关键质量属性一致的要求^[24]。

1.4 常用雾化吸入用药物

本节主要介绍雾化吸入用药物国内外上市获批情况，药物详细介绍可参考药品说明书和《2019版共识》^[21]。

1.4.1 ICS

目前国外已有4种ICS获批用于雾化吸入，包括布地奈德、丙酸倍氯米松、丙酸氟替卡松、氟尼缩松^[7,19,25]。国内已上市用于雾化吸入的ICS有3种，为吸入用丙酸倍氯米松混悬液、吸入用布地奈德混悬液、丙酸氟替卡松雾化吸入用混悬液，它们的作用机制及适应证等相似，主要适用于减轻气道炎症和气道高反应性，但上述药物在药效学、药动力学等方面存在一定的差异。

1.4.2 雾化吸入用支气管扩张剂

（1）雾化吸入用 β_2 受体激动剂

目前中国已上市的雾化吸入用 β_2 受体激动剂包括：短效 β_2 受体激动剂（short-acting beta 2 receptor agonists, SABA）盐酸左沙丁胺醇雾化吸入溶液、吸入用硫酸沙丁胺醇溶液、硫酸特布他林吸入溶液，适用于需舒张支气管平滑肌、缓解痉挛的患者。长效 β_2 受体激动剂（long-acting beta 2 receptor agonists, LABA）富马酸福莫特罗吸入溶液 2022 年获批用于慢性阻塞性肺疾病（简称“慢阻肺”）（chronic obstructive pulmonary disease, COPD）患者气道阻塞的维持治疗，包括慢性支气管炎和肺气肿。盐酸丙卡特罗吸入溶液 2023 年获批用

于支气管哮喘、慢性支气管炎、肺气肿等疾病，缓解以气流受限为基础的各种症状。

国外已上市的 LABA 还有酒石酸阿福特罗雾化吸入用溶液，美国食品药品监督管理局（Food and Drug Administration, FDA）批准仅用于慢阻肺患者的维持治疗，包括慢性支气管炎和肺气肿。

（2）雾化吸入用胆碱 M 受体拮抗剂

国内上市的雾化吸入用胆碱 M 受体拮抗剂为吸入用异丙托溴铵溶液、吸入用复方异丙托溴铵溶液，吸入用异丙托溴铵溶液属于短效胆碱 M 受体拮抗剂（short-acting muscarinic antagonist, SAMA）。吸入用复方异丙托溴铵溶液是 SAMA-SABA 的复合制剂。吸入用异丙托溴铵溶液与 SABA 联合应用，治疗急性或慢性哮喘引起的可逆性气道阻塞。吸入用复方异丙托溴铵溶液含异丙托溴铵 0.500 mg 和硫酸沙丁胺醇 3.013 mg，适用于需要多种支气管扩张剂联合应用的患者，如治疗气道阻塞性疾病引起的可逆性支气管痉挛。

国外还有几种长效胆碱 M 受体拮抗剂（long-acting muscarinic antagonist, LAMA）已获批上市，包括用于慢阻肺患者的维持治疗的雷芬那辛吸入溶液（2018 年 FDA 批准上市）以及适用于慢阻肺患者气流阻塞长期维持治疗的吸入用格隆溴铵溶液（1961 年 FDA 批准上市）。

1.4.3 雾化吸入用祛痰药物

国内可供雾化吸入用制剂仅有吸入用乙酰半胱氨酸溶液和吸入用盐酸氨溴索溶液。

吸入用盐酸氨溴索溶液是溴己新在体内的活性代谢产物，具有黏液调节作用。促进呼吸道黏膜浆液腺的分泌、减少黏液腺分泌；增强支气管黏膜的纤毛运动促进排痰；刺激肺泡 II 型细胞表面活性剂的产生降低黏液附着力；此外还具有抗炎、抗氧化作用^[26]。与静脉给药相比，雾化吸入给药氨溴索在 ELF 的药物暴露量显著增加，肺靶向性更强^[26]。

1.4.4 雾化吸入用抗感染药物

我国目前上市的雾化吸入用抗感染药物仅有妥布霉素吸入溶液。部分妥布霉素注射液、注射用两性霉素 B 说明书中含雾化吸入用法。国外上市的雾化吸入抗感染药物还包括阿米卡星脂质体吸入混悬液、氨曲南吸入溶液、喷他咪吸入溶液、利巴韦林吸入溶液^[27]。

（1）氨基糖苷类 主要通过 30S 核糖体亚基内 16S 核糖体 RNA 的氨基酰基位点结合，导致遗传密码误读和易位抑制，从而发挥作用。主要用于革兰阴性菌的治疗，因其具有较强的耳毒性、肾毒性等问题，且组织浓度有限，临床应用具有一定局限性。静脉用药

联合雾化吸入能在局部达到较充分浓度的同时，有利于减少药物的全身不良反应。

①妥布霉素吸入溶液 于 2022 年在我国上市获批用于伴肺部铜绿假单胞菌感染的支气管扩张症，控制感染和改善症状，但治疗费用较高。国内部分妥布霉素静脉制剂的说明书适应证中含“用于支气管及肺部感染时可同时气溶吸入本品作为辅助治疗”。国外妥布霉素吸入溶液在 1997 年获得 FDA 许可上市，批准用于伴肺部铜绿假单胞菌感染的囊性纤维化。

②阿米卡星脂质体吸入混悬液 于 2018 年获得 FDA 批准用于治疗由鸟分枝杆菌复合体（MAC）导致的复发性、难治性非结核分枝杆菌（NTM）肺部感染患者。在非结核分枝杆菌指南中，阿米卡星雾化还被推荐用于脓肿分枝杆菌肺部感染的治疗^[28]。

（2）氨曲南吸入溶液^[29] 单环 β 内酰胺类药物，通过与细菌细胞膜上的青霉素结合蛋白结合，抑制细胞壁的合成而起杀菌作用。与大多数 β 内酰胺类药物不同，氨曲南仅对革兰阴性菌有效，包括铜绿假单胞菌。在 2010 年获得 FDA 许可上市，批准用于伴肺部铜绿假单胞菌感染的囊性纤维化。

（3）喷他脒吸入溶液^[30] 干扰肺孢子菌及虫体内的核苷酸和核酸掺入 RNA 和 DNA，并抑制氧化磷酸化作用，从而影响 DNA、RNA、磷脂和蛋白质的生物合成。在国外被批准用于磺胺过敏的高危患者预防耶氏肺孢子菌肺炎。

(4) 利巴韦林吸入溶液^[31]作为核苷类似物,可抑制多种 RNA 和 DNA 病毒。在国外被批准用于婴儿及儿童呼吸道合胞病毒(Respiratory Syncytial Virus, RSV)严重感染或住院期间 RSV 感染的治疗,但要求医务人员在怀孕期间避免职业暴露。

1.4.5 其他

吸入用伊洛前列素溶液于 2015 年在我国获批用于治疗成人 NYHA 功能 III 级的原发性肺动脉高压患者,以改善运动能力和症状。注意吸入溶液不可接触皮肤以及眼睛,并且要避免口服。

1.5 非雾化吸入制剂不推荐常规用于雾化吸入治疗

随着对雾化制剂研究的不断深入,越来越多临床效果良好的雾化吸入制剂已经投入临床使用。鉴于目前我国雾化制剂品种有限的状况,而且部分抗菌药物静脉制剂药品说明书中包含了雾化吸入给药用法,如妥布霉素和两性霉素 B 静脉制剂,临床在必要时会使用静脉制剂进行雾化吸入,尤以抗感染药物多见,且部分获得了一些指南或专家共识的推荐,如注射用多粘菌素 E 甲磺酸钠、两性霉素脂质剂型^[32-33]。

但静脉制剂雾化使用的安全性未得到严格的验证。静脉制剂里药用辅料是影响雾化吸入治疗安全性重要因素之一^[29]。评估静脉制剂雾化吸入治疗时的安全性还包括以下方面:①不含有防腐剂。②渗透压适宜。在 150~550 mOsm·kg⁻¹时气道刺激更小,但需注意随着雾化的进行,渗透压可能会增加 11%~62%。③ pH 值适宜,我国药典规定吸入用溶液的 pH 值应在 3~10,但在 4~8.5 时可能更为适宜;④含有渗透性阴离子,当雾化溶液中含有氯离子等渗透性阴离子时能降低气道刺激;⑤药物对呼吸道上皮细胞和肺泡的毒性较低^[5-6,9,16]。此外,非雾化吸入制剂的药物无法达到有效雾粒要求,无法经呼吸道清除,可能沉积在肺部从而增加肺部感染的发生率,引起气道局部的不良反应,尤其对于有肺部基础疾病的患者具有更高的不良反应发生风险。即使在大多数患者中有安全使用经验的药物,也可能在少数患者中出现气道不良反应。

非雾化吸入制剂用于雾化吸入治疗应按照超说明书用药进行管理。根据药品拓展性临床应用原则,权衡患者获得的利益大于可能出现的风险,在有充分的循证医学证据支持下,经药事管理与药物治疗学委员会审批同意,取得患者明确知情同意后方可使用。并且在应用时需进行严密的不良反应监测,在用药前做好不良事件处理预防措施。鉴于目前大

部分非雾化吸入制剂雾化使用缺乏充分的循证医学证据，故不推荐非雾化吸入制剂常规用于雾化吸入治疗。

2 雾化吸入疗法的临床实践

2.1 雾化吸入治疗的指征

雾化吸入疗法在哮喘、慢阻肺等慢性呼吸系统疾病中发挥着重要作用，也是近年来外科系统围术期气道管理中研究和应用较多的治疗方法。

2.1.1 哮喘、慢阻肺等慢性呼吸系统疾病患者

哮喘、慢阻肺等慢性呼吸系统疾病患者出现明显的气喘、胸闷、咳嗽等呼吸困难时，或气道分泌物较多且粘稠时，应根据患者病理生理特点、病情，结合具体雾化的药物特点，综合评估其用药指征，给予相应地抗炎、解痉、平喘、及祛痰雾化吸入治疗。

①急性期根据病情严重程度判断是否需要雾化吸入治疗，雾化吸入药物往往选择糖皮质激素和支气管舒张剂；

②稳定期 0~6 岁患儿因自主吸入及配合能力有限，更适宜采用雾化吸入方式，6 岁以上儿童及成人患者一般选择便携式吸入器给药，当无法使用吸入器或吸入器操作有困难时仍推荐雾化吸入治疗；

③若患者气道分泌物较多且粘稠时，可联合雾化吸入祛痰药。对于痰多或粘稠难咳出

的慢阻肺患者，在常规治疗基础上联合祛痰药雾化吸入有利于促进痰液排出。对于哮喘患者，建议慎用雾化祛痰药。若需使用，需密切关注诱发气道痉挛导致的咳嗽、气喘加重等症状^[18,34-36]。

2.1.2 非慢性呼吸系统疾病但有气喘、咳嗽等呼吸道症状者

此类患者不一定适用雾化吸入疗法，如因外来异物或气道肿瘤压迫导致的大气道阻塞或间质性肺炎等疾病而引发的呼吸道症状，需去除病因或原发病治疗才可缓解。若因下呼吸道感染、支气管扩张症等原因导致的痰多且黏稠或不易咳出时，可使用雾化吸入祛痰药以有效清除气道分泌物，减少感染几率或提高抗感染治疗效果^[37-39]。

2.1.3 围术期（如胸外科手术等）的气道管理

围术期的气道管理包含多项措施，特别是对于术后气道并发症的高危患者，雾化吸入治疗可以减少并发症。但要考虑不同手术种类要求和不同基础疾病要求。例如，有慢阻肺、哮喘基础疾病者或气道高反应性者，围术期应使用 ICS 联合支气管舒张剂，根据不同情况个体化选择便携式吸入器或雾化吸入疗法。对于部分年老体弱或婴幼儿、吸气流速极低、疾病程度较重，尤其术后初期因疼痛、气道水肿等原因无法用力吸气的患者更适合选择雾化吸入疗法^[40-42]。

2.1.4 肺部感染患者

肺部感染可导致患者气道分泌物较多，出现较多较粘稠的黄脓痰，或出现明显的咳嗽、气喘等呼吸道症状。此时可选择雾化吸入治疗，根据不同情况给予相应的雾化祛痰药物、ICS、或支气管舒张剂治疗。但需关注 ICS 潜在的加重感染的风险。

目前对雾化吸入抗菌药物有效性和安全性的证据评估十分有限并在不断更新，尽管其在辅助治疗难治性下呼吸道感染（如多重耐药菌感染）的潜力受到高度关注，但不推荐常规使用，临床应用时需严格把握用药指征。如必须使用非雾化吸入制剂进行雾化吸入治疗则应按照超说明书用药进行管理。其临床应用通常有以下几种情况：①肺囊性纤维化、支气管扩张症等局部解剖因素相关的慢性感染（痰培养铜绿假单胞菌阳性），雾化吸入妥布霉素吸入溶液可有效降低支扩患者气道内的铜绿假单胞菌负荷、提高铜绿假单胞菌的清除率；②某些特定病原菌或耐药情况下的感染：如经临床评估需使用多黏菌素类、氨基糖苷类治疗多重耐药革兰阴性杆菌感染，但由于药物剂量相关毒性而无法通过增加全身给药剂量来确保抗感染疗效时，在全身抗感染治疗的基础上谨慎选择适宜的同类药物辅以雾化吸

入治疗。③分枝杆菌感染：FDA 已批准阿米卡星脂质体混悬液作为联合抗感染治疗药物用于鸟分枝杆菌复合体肺部感染；活动性气管支气管结核可在化疗强化期同时雾化吸入阿米卡星等药物；空洞性或耐药性肺结核若全身化疗疗效不佳时也可尝试雾化吸入阿米卡星等药物；④侵袭性肺真菌感染，如经系统性抗真菌治疗效果差、治疗失败或不能耐受的侵袭性支气管肺霉菌病，可尝试联合两性霉素 B 雾化吸入治疗；实体器官（肺、心脏）或造血干细胞移植受者等，可雾化吸入两性霉素 B 预防肺部真菌病；⑤磺胺不耐受的耶氏肺孢子菌（PJP）感染高危人群可雾化吸入喷他脒预防 PJP 感染等^[33,35,43-45]。

2.2 常见呼吸系统疾病雾化吸入疗法推荐给药方案

本共识仅对常见慢性呼吸道疾病和围术期气道管理雾化吸入疗法推荐给药方案进行介绍^[18,34,40-41,44,46-48]（表 2，表 3），更多疾病的雾化吸入疗法推荐给药方案可参考近年发表的共识文件。

表 2 慢性气道疾病的常见雾化吸入药物和推荐给药方案^[18,34,46-48]

Tab.2 Recommended nebulized drugs and dosing regimens for chronic airway diseases^[18,34,46-48]

疾病分类	ICS	支气管扩张剂
支气管哮喘 急性发作期	常用药物包括布地奈德、丙酸倍氯米松、氟替卡松等。 大剂量雾化吸入激素可部分替代全身激素，减少全身激素的不良反应发生。 ①成人： 布地奈德：每次 0.5~1 mg，每日 2 次；中重度患者每次 1~2 mg，每日 3 次。 ②儿童： 轻中度：在吸入 SABA 的基础上联用雾化吸入布地奈德(每次 1 mg)作为起始治疗，bid，或必要时 4~6 h 重复给药 1 次，根据病情恢复情况酌情延长给药间隔时间，维持 7~10 d。 中重度：在第 1~2 小时起始治疗中，联用雾化吸入大剂量布地奈德(每次 1 mg，每 30 min 雾化吸入 1 次，连用 3 次)能显著减少住院治疗率和口服糖皮质激素的使用,并有效改善肺功能，在非危及生命哮喘急性发作可替代或部分替代全身用糖皮质激素。但病情严重时不能替代全身糖皮质激素治疗。	轻中度急性发作的医院（急诊室）处理：反复使用吸入性 SABA 是治疗急性发作最有效的方法。也可以采用雾化吸入 SABA 和 SAMA 雾化溶液，每 4~6 小时 1 次。 中重度急性发作急诊室或医院内的处理：首选吸入 SABA 治疗。初始治疗阶段，推荐间断（每 20 分钟）或连续雾化给药，随后根据需要间断给药（每 4 小时 1 次）。 对中重度哮喘急性发作或经吸入性 SABA 治疗效果不佳的患者可采用 SABA 联合 SAMA 雾化溶液吸入治疗。
慢阻肺 急性加重期	中度或重度慢阻肺急性发作期患者，雾化吸入布地奈德 4 mg/d、8 mg/d 和静脉应用泼尼松龙 40 mg/d 临床疗效相当，疗程 5~7 d。	初始治疗方案可选择 SABA 联合或不联合 SAMA,中重度推荐联合应用 SABA 和 SAMA。使用空气驱动的雾化器，优于氧气驱动的雾化器，原因在于可以避免 PaCO₂ 升高的潜在风险。 (1) 吸入用硫酸沙丁胺醇溶液（2.5mL：5mg）：2.5~5mg/次，根据具体病情需要最高剂量可用至 10mg/次。每日可重复 4 次。(2) 硫酸特布他林雾化吸入溶液（2mL：5mg）：5mg/次，3 次/d。(3) 吸入用异丙托溴铵溶液（2mL：0.5mg）：0.5mg/次，3~4 次/d。(4) 吸入用复方异丙托溴铵溶液（2.5 mL/支，含有异丙托溴铵 0.500 mg 和硫酸沙丁胺醇 3.013 mg）：急性发作期一次 1 支，严重病例可使用 2 支，每日 3~4 次维持治疗。

表 3 围术期气道管理的常见雾化吸入药物和推荐给药方案^[40-41,44,46]

Tab.3 Recommended nebulized drugs and dosing regimens for perioperative airway management^[40-41,44,46]

疾病分类	ICS	支气管扩张剂	粘液溶解剂
围术期气道管理	对于经评估存在气道并发症高风险的手术患者：推荐在术前 3~7 d 和术后 3~7 d 雾化吸入布地奈德，每次 2.0 mg，每天 2 或 3 次。 围术期肺部并发症危险因素包括：	对于经评估存在气道并发症高风险的患者：建议术前 3~7d 开始使用异丙托溴铵，每次 0.5 mg，每	对于合并术后肺部并发症高危因素的患者，应术前给予预防性应用直至患者恢复出院。麻醉时间长或

公众号 · 吸

①术前危险因素：主要包括气道高反应性、肺功能降低/通气功能障碍、黏液高分泌/痰液滞留、存在气道高反应或慢阻肺等气道基础疾病的老年人、及既往曾发生气道并发症的患者等。

②术中危险因素：主要包括全麻手术、麻醉插管、机械通气和气管插管、及手术方式、时间和手术操作等。如耳鼻咽喉头颈外科手术导致气道水肿、气道炎症反应，甚至出现喉痉挛、急性喉阻塞等危急情况，气道并发症风险极高。

③术后危险因素：主要包括长期卧床、麻醉苏醒时间长、疼痛、痰滞留、引流管堵塞或不畅等，可导致呼吸困难、肺不张、肺部感染等呼吸道症状。

隔 6h 雾化吸入一次；手术当天进入手术室之前雾化吸入；术后 24h 内建议及早雾化吸入，24h 后建议每隔 6h 雾化吸入一次，建议连续用药 7d。

术中肺挫裂伤重的患者，建议围术期连续使用（如吸入用乙酰半胱氨酸溶液 3 mL/次，每天 2 次）。

2.3 雾化吸入疗法的应用

2.3.1 雾化吸入治疗药学监护流程 见图 2。

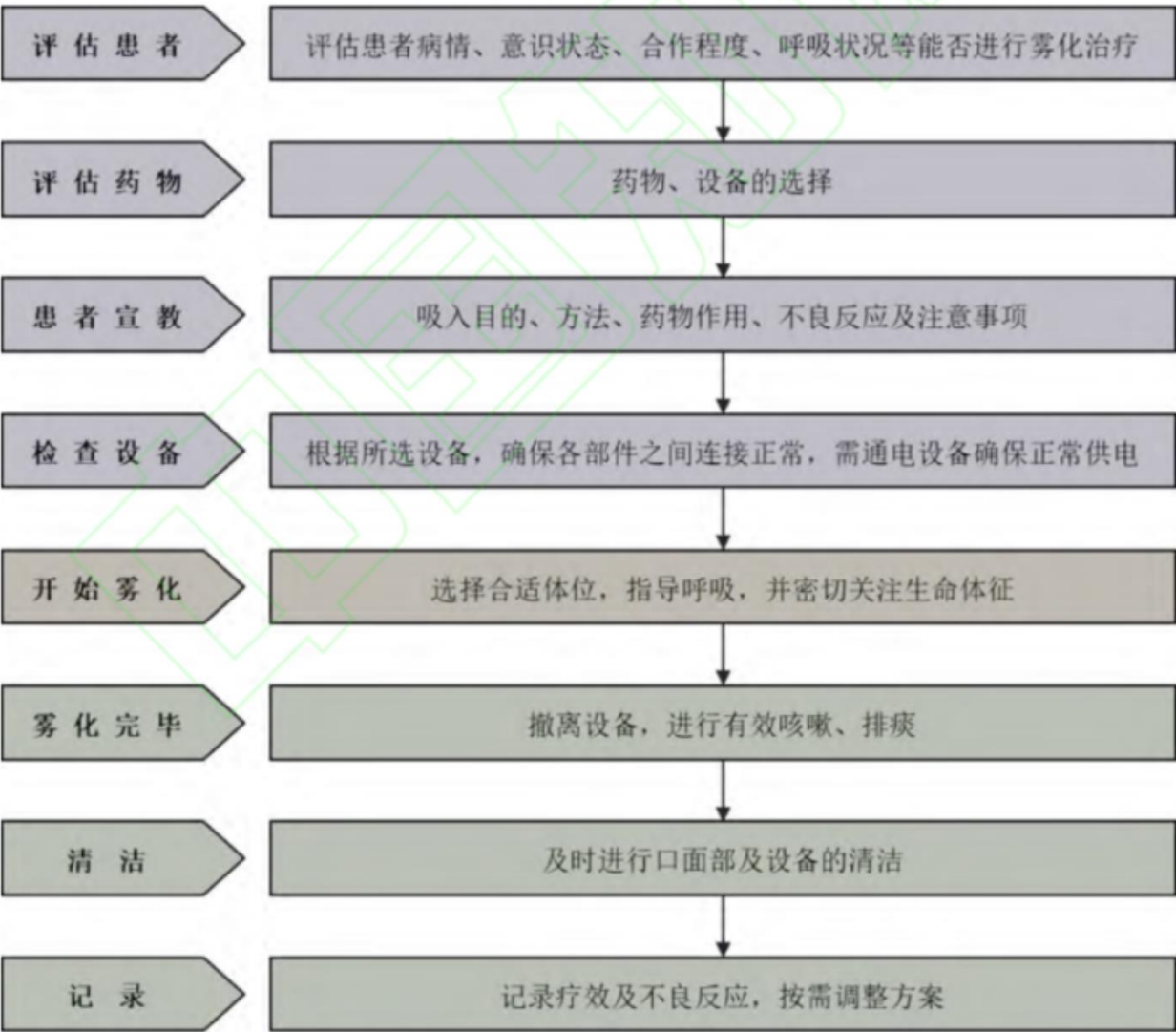


图 2 雾化吸入治疗药学监护流程图^[36,49]

Fig.2 Schematic representation of pharmaceutical monitoring process for nebulized therapy^[36,49]

2.3.2 雾化吸入治疗前

(1) 治疗前准备：雾化吸入治疗开始前，先按照雾化吸入设备使用说明正确组装管

路、喷雾器及面罩（或口含器）。治疗前 1h 不应进食，清洁口腔分泌物和食物残渣，以防雾化过程中气流刺激引起呕吐；不抹油性面膏，以免药物吸附在皮肤上^[35,50-54]。

（2）药物配置：药品使用前需确保其在有效期内，无沉淀、结块、变色等。因雾化药物不含防腐剂，雾化吸入治疗药物应现配现用，配置过程应遵循无菌技术原则，尽量使用单剂量药物以降低感染的风险^[55]。

（3）药物配伍：使用 2 种或多种药物混合雾化时，要注意药物间的相容性和配伍后的稳定性，存在配伍禁忌的药物不可混合使用。《Trissel 混合组分的稳定性》和 Trissel 的两个临床药剂学数据库^[56,57]，及 Stabilis 药物稳定性和相容性网站提供国内外多种雾化吸入药物的相容性和稳定性数据^[58]。国内已上市的吸入用伊洛前列素溶液、妥布霉素吸入溶液需使用特定的雾化器给药，且说明书中均提示“不建议与其他药物混合使用”。吸入用复方异丙托溴铵溶液说明书指出“不要把本品与其他药物混合在同一雾化器中使用”。在不同浓度注射用氯化钠溶液配伍问题上，大多数雾化吸入用药物说明书并未提及与氯化钠溶液的配伍。在单用或联合使用雾化吸入用药物达到合适液量（4-5 mL），适宜雾化时间（20 min 内）时，并未推荐以注射用氯化钠溶液稀释^[59]。

2.3.3 雾化吸入治疗中

确保药杯为竖直状态，避免倾斜、晃动，保证药物正常释放，同时观察雾化装置出雾情况，面罩与面部距离不超过 1 cm，避免药液进入眼睛；协助患者保持合适的体位，首选坐位、半坐卧位或侧卧位，或抬高头部并与胸部呈 30°，婴幼儿可取抱立位；进行最佳呼吸方式（嘴吸气，鼻呼气的方式缓慢深呼吸）；密切关注患者雾化过程中是否有频繁咳嗽、气促、心悸、呼吸困难、面色苍白、皮疹等不良反应。加强特殊人群和特殊治疗场景的用药监护。具体见第 3 部分雾化吸入疗法的药学监护。

2.3.4 雾化吸入治疗后

先将口含器或面罩撤离口鼻，再关闭气源和电源；雾化器药杯中未用完的药液应弃去；进行有效的咳嗽排痰，记录排痰情况和痰液粘稠度；雾化后进行及时的面部清洁（若使用含有激素的雾化液，还应清洁口腔，对于无法进行漱口的患者，可用棉签或棉球擦拭口腔）；每次雾化结束后需彻底清洗雾化装置、干燥保存、专人专用，并定期消毒。

2.3.5 医院雾化吸入治疗

参照医院感染预防与管理要求。雾化中心应保持采光和通风良好，温度应维持在 22-24℃，湿度应维持在 50%~60%，面积≥20 m²，可同时进行 6~10 人以上的雾化治疗^[60-61]。雾化中心布局合理，每日通风不少于 2 次，每次 30 min，或采用空气消毒机、紫外线灯进行空气消毒。雾化吸入区域应有分隔，呼吸道传染病患者不宜与其他患者同室雾化，同类型呼吸道疾病患者相对集中于同一区域。设置配药区域，雾化吸入区域应保留 1~2 个中心供氧吸入位置供急救用，配备必要的抢救设备及药物。

2.3.6 居家雾化吸入治疗

与医院雾化治疗相比，居家雾化治疗有以下优势：①避免医院交叉感染；②雾化装置操作简单；③弥补医院资源的不足，节省时间和交通成本。居家雾化治疗的管理流程见图 3。在呼吸道疾病如哮喘的急性发作后，等待进一步医治期间，应吸入速效支气管扩张剂，防止进展为重度甚至可能危及生命的发作。

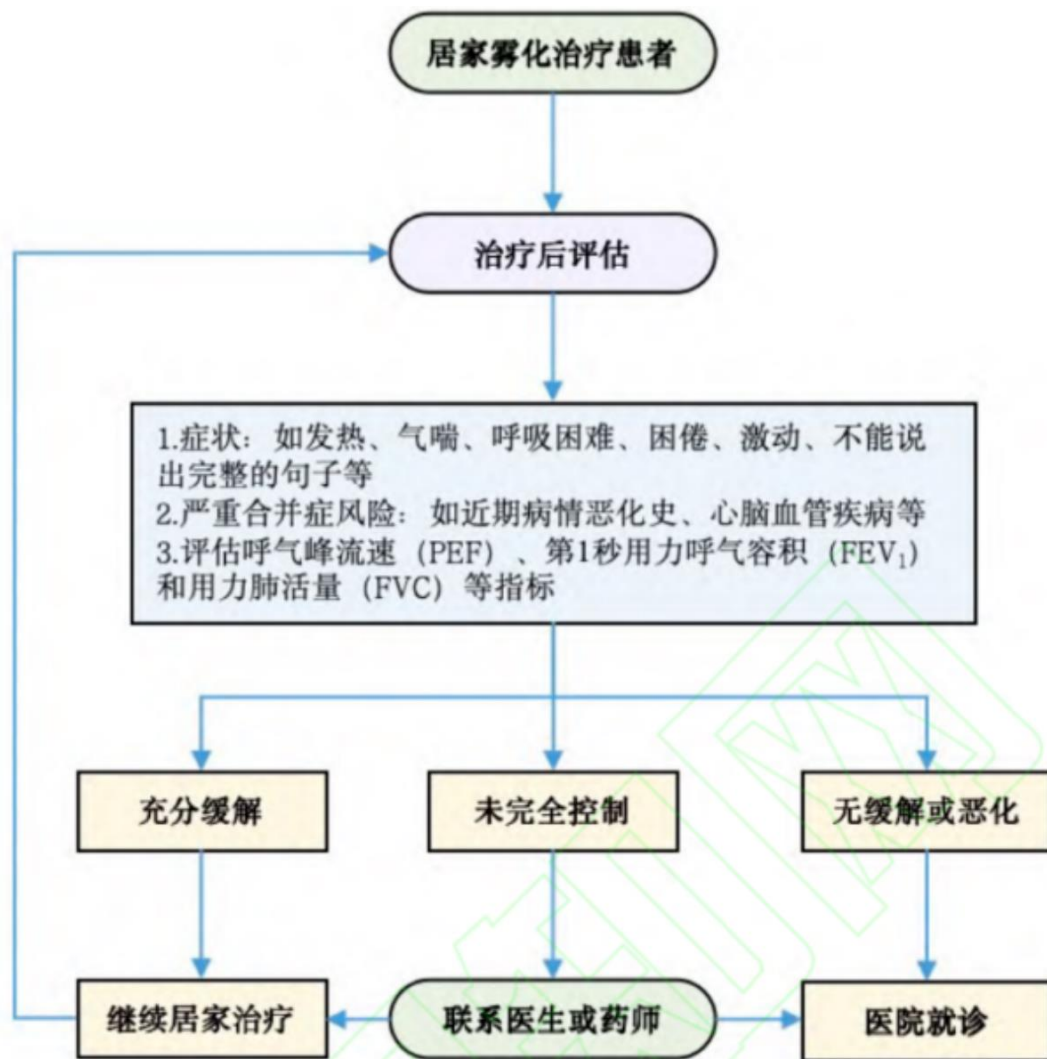


图3 居家雾化治疗的管理流程

Fig.3 Management process for the home use of nebulizers

3 雾化吸入疗法的药学监护

3.1 常见药物不良反应 (adverse drug reaction, ADR) 和处理方案

雾化吸入治疗根据其吸入药物的不同,可出现口腔干燥症、龋齿、口腔黏膜改变、溃疡、牙龈炎、牙周炎、味觉障碍等多种口腔疾病,通常与患者个人卫生习惯和治疗期间未

注重口腔护理有关。雾化结束后，注意清洁面部和口腔。如出现上述口腔问题，应积极就医，加强口腔护理，对于长期治疗患者应定期进行口腔检查。

雾化吸入过程中，患者可出现口干、恶心、气促、心悸、呼吸困难、胸闷、血氧饱和度下降等不良反应。这些不良反应可能与药物有关，也可能与呼吸过度通气等有关。如果因药物引起，应根据严重程度进行相应处理。雾化吸入治疗常见 ADR 及药学监护见表 4。

表 4 雾化吸入治疗常见 ADR 及药学监护

Tab.4 Common ADRs and pharmaceutical care of nebulized therapy

药物类别	常见 ADR	ADR 处理/注意事项
CS	(1) 口咽局部反应：声音嘶哑、咳嗽、咽部不适和念珠菌感染。 (2) 长期高剂量吸入可出现全身不良反应：骨质疏松、肾上腺皮质轴抑制及增加肺炎发生风险。	(1) 雾化治疗后及时用清水含漱口咽部。必要时可选用干粉吸入剂或加用储雾器，减少口咽部不良反应。 (2) 出现口咽部念珠菌感染可局部抗真菌治疗，无需中止吸入糖皮质激素。

雾化吸入用 β_2 受体激动剂	(1) 常见：窦性心动过速、肌肉震颤（通常表现为手颤）、头晕和头疼、血乳酸升高。 (2) 不常见：口咽部刺激。 (3) 罕见：心律失常、支气管痉挛及低血钾等。	按需给药； 不宜长期、单一、过量使用。
雾化吸入用胆碱 M 受体拮抗剂	(1) 常见：口干、咳嗽、局部刺激、吸入相关的支气管痉挛、头痛、头晕。 (2) 少见：荨麻疹、闭角型青光眼、心率加快。 (3) 罕见：过敏反应（舌、唇和面部的血管性水肿）、眼痛、瞳孔散大、心悸、心动过速、喉痉挛、恶心及尿潴留。	妊娠早期、青光眼、前列腺肥大患者需慎用。

3.2 雾化吸入治疗相关不良事件及处理

戴面罩进行雾化吸入治疗时，药物可能会沉积在眼部，刺激眼球，如发生应立即用清水清洗，更换为口含器雾化治疗。气溶胶温度过低、递送的气溶胶密度过高、雾化溶液 pH 值不当、低渗及高渗气溶胶或可导致患者发生支气管痉挛，应立即停止雾化吸入，并予以相应治疗措施。对于严重的或持续的不良反应，应立即寻求医疗帮助，以确保及时有效的治疗。对于需要长期雾化治疗的患者，应定期进行监测和评估，以调整治疗方案。

3.3 特殊人群用药监护

3.3.1 儿童

儿童下气道较成人狭窄，易发生痉挛或堵塞，导致气道阻力增加，儿童呼吸频率快，吸气流速及肺活量小，易使用鼻呼吸，使用口含器或哭闹时^[62]，药物难以递送到下呼吸道。为保持平静呼吸可在安静或睡眠状态下治疗，治疗前 30 min 内不应进食。对不能采取坐位婴幼儿，应抬高其头部并与胸部呈 30°^[63]。面罩必须紧贴口鼻部，口含器不能太深入喉部。无法使用口含器的儿童可使用面罩吸入。为避免药物刺激面部和眼睛，治疗时让面罩缓慢靠近患儿，使其逐渐适应雾化液的温度，防止急剧吸入冷雾气引起刺激性咳嗽。手持药杯应保持与地面垂直，避免药液倾斜外溢。雾化结束后对于不会漱口的婴幼儿，可用生理盐水棉签擦拭其口腔，再适量喂水。

雾化吸入时应谨慎遵循年龄限制，分年龄段用药。对于长期使用含 ICS 的药物，FDA 和 NMPA 均建议监测激素对儿童生长发育和下丘脑-垂体-肾上腺轴（HPA 轴）的影响。布地奈德是世界卫生组织(WHO)儿童基药目录(适用于 12 岁及以下儿童)中推荐用于治疗哮喘的首选 ICS^[64]，美国 FDA 批准可用于≤4 岁儿童，其吸入制剂的说明书指出可用于≥6 个月婴幼儿。丙酸氟替卡松雾化吸入用混悬液可用于 4~16 岁儿童及青少年，吸入用丙酸倍氯米松混悬液未明确指出儿童应用的年龄范围。SABA 是治疗任何年龄儿童喘息发作的首选药物^[65-69]。

3.3.2 老年人

老年患者在使用雾化吸入制剂时，注意提高其用药依从性和准确性，关注用药的安全性。ICS：老年人群用药时肺炎发生风险较高^[50]；支气管扩张剂：患有心脏病（如心律失常、冠心病等）的老年患者，雾化吸入 SABA 时，应严格掌握按需吸入的原则，吸入次数过多或剂量过大易引起心律失常或冠心病症状加重；前列腺增生或膀胱颈梗阻的老年患者应慎用 SAMA。

3.3.3 妊娠期及哺乳期妇女

妊娠期哮喘患者应使用吸入剂以快速缓解哮喘症状，药物选择包括 SABA（如沙丁胺醇）或含福莫特罗和低剂量 ICS 的复方制剂（如布地奈德-福莫特罗）^[18,70-72]。NAEPP 专家

组和 ACOG 发布的临床指南都指出对于有持续性哮喘的妊娠期及哺乳期妇女 ICS 是控制气道炎症的首选药物^[71,73-74]。布地奈德的 FDA 妊娠分级为 B 级，推荐妊娠期及哺乳期妇女首选布地奈德^[75]。丙酸倍氯米松和丙酸氟替卡松为 C 级。近期研究也显示丙酸倍氯米松和丙酸氟替卡松未增加妊娠期不良事件或结局发生的风险^[76-77]。

美国儿科学会（American Academy of Pediatrics, AAP）声明^[78]，特布他林很少经过乳汁排泄，可作为哺乳期妇女优先选用的 SABA。沙丁胺醇哺乳期风险等级为 L1 级，异丙托溴铵为 L2 级，布地奈德为 L1 级。通过干粉吸入器吸入布地奈德的人体数据显示，婴儿在母乳中获得的布地奈德每日总口服剂量约为母亲吸入剂量的 0.3%~1%^[79]。

3.3.4 住院/ICU 患者用药监护

住院/ICU 患者行雾化治疗可用于减轻气道炎症反应，稀释痰液^[35]，减少咽喉部局部炎症及水肿，避免喉梗阻^[80]，也是加速康复外科（enhanced recovery after surgery, ERAS）气道管理的重要环节^[41]。在进行雾化治疗时，应综合考虑住院/ICU 患者基本情况，基础疾病和联用药物等多种因素。ICU 患者在行机械通气雾化治疗时，雾化产生的气溶胶在呼吸机正压作用下，抵达呼吸道会受到多种复杂因素影响^[35,44]，机械通气时雾化吸入效率不及普通患者自主吸入，可适当增加吸入药物的剂量，同时缩短雾化吸入间隔时间，增加治疗次数^[81]。如呼吸机本身未配备雾化功能，建议选择超声雾化器或振动筛孔雾化器，可考虑关闭或下调呼吸机基础气流量。如关闭基础气流，建议将雾化器置于吸气支气管距 Y 形管 15 cm 处，当基础气流存在时，建议将雾化器置于加热湿化器进气口处。机械通气雾化吸入治疗时，辅助/控制模式通气比压力支持模式具有更高的药物沉降率。但在临床实践中应充分考虑模式改变对患者病情、特别是肺呼吸力学的影响，不应以单纯地增加药物沉降率作为调整呼吸模式的唯一条件。建议机械通气患者雾化治疗时，床头抬高 30°~50°，采取健侧卧位，利于药液沉积到患侧。气道高反应（bronchial hyperresponsiveness, BHR）患者以控制症状为主，包括抗炎、抗过敏、解除气道平滑肌痉挛等。应时刻保持呼吸道顺畅，雾化结束时及时漱口和洗脸，以免残留药物引起刺激和不良反应。

此外，因振动筛孔雾化器的雾化杯位于呼吸机管路的上方，可减少被管路中冷凝水污染的风险，且可随时通过雾化杯开口添加雾化药液，无需断开呼吸机回路^[82]。但目前振动

筛孔雾化装置耗材成本高，仅在部分医疗机构开展应用，所以应充分评估雾化的利弊后，根据疾病治疗需求、雾化装置特征及药物成本效益，选择最适宜的雾化设备、雾化药物及雾化疗程，以达到最佳临床预期效果。

4 结语

过去几年，我国多种呼吸道疾病主要以感染性疾病出现高流行为特点，且存在“一病主导、多病同发”态势^[83-84]。雾化吸入疗法因其直接作用于呼吸道、起效快、副作用小等优势，在呼吸系统疾病的治疗中发挥了重要作用。但在实际应用中还存在一定问题，如无指征使用、药物选择不当、使用不规范等，这些问题在一定程度上影响了治疗效果和患者安全。因此，本共识针对临床实践中遇到的问题，提供雾化吸入治疗的临床规范化操作与合理用药建议，推动多学科合作，进一步提高治疗效果和保障患者安全。

利益冲突：所有作者声明无利益冲突

《雾化吸入疗法合理用药专家共识（2024 版）》

编写委员会

编写组长：

刘东 华中科技大学同济医学院附属同济医院

- 赵杰 郑州大学第一附属医院
张玉 华中科技大学同济医学院附属协和医院
审核专家成员名单（按姓氏拼音排序）
陈琦 贵州省人民医院
陈蓉 苏州大学附属第一医院
陈泳伍 中国科学技术大学附属第一医院
董占军 河北省人民医院
贡雪芃 华中科技大学同济医学院附属同济医院
何金汗 四川大学华西医院
胡利华 首都医科大学附属北京儿童医院
黄景彬 中国人民解放军陆军军医大学第二附属医院
黄品芳 福建医科大学附属第一医院
黄萍 浙江省人民医院
菅凌燕 中国医科大学附属盛京医院
孔旭东 中日友好医院
李娟 华中科技大学同济医学院附属同济医院
李晓宇 复旦大学附属中山医院
梁淑红 郑州大学第一附属医院
刘东 华中科技大学同济医学院附属同济医院
刘恩梅 重庆医科大学附属儿童医院
刘丽宏 中日友好医院
刘茂昌 华中科技大学同济医学院附属武汉儿童医院
刘小会 首都医科大学附属北京儿童医院
卢圆圆 湖北省妇幼保健院
陆小霞 华中科技大学同济医学院附属武汉儿童医院
缪丽燕 苏州大学附属第一医院
庞宁 北京大学第三医院
乔逸 中国人民解放军空军军医大学第一附属医院
沈爱宗 中国科学技术大学附属第一医院
沈承武 山东省立医院
师少军 华中科技大学同济医学院附属协和医院
舒赛男 华中科技大学同济医学院附属同济医院
苏娜 四川大学华西医院
王婧雯 中国人民解放军空军军医大学第一附属医院
王晓玲 首都医科大学附属北京儿童医院
王卓 中国人民解放军海军军医大学第一附属医院
魏理 广州医科大学附属第一医院
吴方建 长江航运总医院
谢珊珊 南昌大学第二附属医院
熊爱珍 南昌大学第二附属医院
许淑云 华中科技大学同济医学院附属同济医院

- 游一中 常州市第一人民医院
余爱荣 中国人民解放军中部战区总医院
张宏 贵州省人民医院
张健 上海交通大学医学院附属新华医院
张文婷 华中科技大学同济医学院附属同济医院
张玉 华中科技大学同济医学院附属协和医院
赵杰 郑州大学第一附属医院
赵荣生 北京大学第三医院
朱立勤 天津市第一中心医院
邹东娜 山东省立医院
邹海 复旦大学附属肿瘤医院
左笑丛 中南大学湘雅三医院

- 执笔专家成员名单（按姓氏拼音排序）**
陈蓉 苏州大学附属第一医院
陈泳伍 中国科学技术大学附属第一医院
董占军 河北省人民医院
胡利华 首都医科大学附属北京儿童医院
黄景彬 中国人民解放军陆军军医大学第二附属医院
黄品芳 福建医科大学附属第一医院
黄萍 浙江省人民医院
孔旭东 中日友好医院
庞宁 北京大学第三医院
乔逸 中国人民解放军空军军医大学第一附属医院
魏理 广州医科大学附属第一医院
谢珊珊 南昌大学第二附属医院
严郁 四川大学华西医院
叶晓芬 复旦大学附属中山医院
张宏 贵州省人民医院
张文婷 华中科技大学同济医学院附属同济医院
朱立勤 天津市第一中心医院
邹东娜 山东省立医院
左笑丛 中南大学湘雅三医院

参考文献

1] HICKEYA J, MANSOUR H M. Inhalation aerosols: physical and biological basis for therapy[M]. 3rd Edition. New York, NY: CRC press, 2019: 31-41.
2] LAVORINI F, BUTTINI F, USMANI O S. 100 Years of Drug Delivery to the Lungs[J]. Handb Exp Pharmacol, 2019, 260: 143-159.
3] BORGHARDT J M, KLOFT C, SHARMA A. Inhaled Therapy in Respiratory Disease: The Complex Interplay of Pulmonary Kinetic Processes[J]. Can Respir J, 2018, 2018(1): 1-11.
4] GREGORY K L, WILKEN L, HART M K. Pulmonary disease: aerosol delivery devices; A