

剂型是将药物制成的适合于医疗用途和患者使用的给药形式，任何一种药物在临床应用之前都必须制成与一定给药途径相适应的剂型。药物剂型或给药途径的不同会对药物的体内过程（吸收、分布、代谢和排泄）产生影响，进而影响药物的作用，如改变药物作用的性质、调节药物作用的速度、降低或消除药物的毒副作用、改变药物作用的部位等。近年来，为了实现高效、低毒、定时、定量和定位治疗的目的，研制成功了许多新的剂型，如缓控释制剂、透皮给药制剂、靶向给药制剂、应答式给药系统等，许多制剂已经在临床广泛地使用。

各种剂型都是针对临床治疗过程中需要治疗的不同疾病和用药部位的需要而制成，相同药物的剂型可能有多种。而不同的剂型药物释放机制不同，用法、用量也不尽相同。药物的生物活性在很大程度上受药物的理化性质和给药剂型的影响，正确地使用对疾病能起到很好的治疗作用；不当或错误地使用，不仅影响药物的疗效，起不到应有治疗作用，甚至还会产生不良反应。

本刊从 2008 年第一期起，增设“剂型与疗效”栏目。“剂型与疗效”栏目的开辟，将尝试分别对目前临床使用的不同药物的剂型特点、用法及常用制剂等进行介绍和评价，为临床医生和药师正确、合理地选择和使用这些药物制剂提供参考。

本栏目特邀北京大学第三医院药剂科赵荣生主任药师和解放军 306 医院吴久鸿主任药师做栏目主持。

——编者按

文章编号：1672-3384 (2008) -01-0041-08

吸入给药装置的结构原理及使用

【作者】 文冰亭 赵荣生

北京大学第三医院 (北京 100083)

【中图分类号】 R944.7

【文献标识码】 B

目前国内临床应用的吸入给药装置主要分为 3 类：压力定量气雾吸入器 (pressurized metered-dose inhaler, pMDI) 和储雾罐 (spacer)、干粉吸入器 (dry powder inhaler, DPI)、雾化吸入器 (nebulizer)。其中 DPI 又分为旋转式 (spinhale)、准纳器 (accuhaler/Diskus)、碟式 (diskhaler) 和都保 (turbuhaler) 等；雾化吸入器分为喷射式雾化器和超声雾化器。由于吸入装置的结构多样，精巧而又复杂，不同装置的使用方法亦不尽相同，如果没有经过正

确而充分地示范指导，患者使用这些装置时会存在不同程度的技术问题，从而影响药物发挥治疗作用甚至产生严重的毒副作用。而一些医生、药师和护士由于缺乏对吸入装置结构和使用方法的了解，也不能很好的进行患者用药教育。为此，本文对临床上常见吸入给药装置的结构特点、使用方法和注意事项等进行详细的介绍，旨在帮助临床医生、药师和护士全面地了解并掌握这些装置的正确使用方法，并能够在临床实践中正确地指导患者治疗。

1 压力定量气雾吸入器和储雾罐

1.1 压力定量气雾吸入器

pMDI 是目前临床应用最广的一种吸入给药装置，具有小巧便携、作用快捷、使用方便、无需维护、价格便宜、可多剂量给药等优点。

1.1.1 pMDI 装置的结构和作用原理 pMDI 一般由金属容器、定量阀门和塑料固定座（包含吸口）组成（见图 1）。pMDI 密封的金属贮药罐内为药物、推进剂和表面活性物质或润滑剂等成分组成的药物悬浮液或者溶液，药液通过一个定量阀门可与定量室相通再经喷管喷出^[1]。每次手压驱动，计量活瓣供应 25~100μL 溶液，喷出过程中利用液化推进剂在突然减压瞬间急剧气化迅速喷射而将药物切割成微粒并分散在空气中形成气溶胶，然后由患者吸入呼吸道和肺内^[2]。喷雾初始速度很快，约 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，在 0.1s 后速度可下降 50%^[3]，这时药物气溶胶颗粒较大，约为 30~40μm，随着时间的推移和推进剂不断蒸发，药雾的流速和微颗粒直径才能下降到可吸入的程度，距喷口 10cm 处微粒直径约为 1.4~4.3μm。由于从 pMDI 中输出的药雾初始流速极快和初始颗粒较大，而其吸口短小，这样会在呼吸道上部发生惯性嵌顿，造成药物在口咽部沉积较多，增加经胃肠道药物的吸收量，而在下呼吸道沉积仅 10%左右^[2]。

pMDI 中的氟里昂（CFC）可对某些高敏感病人产生冷氟里昂效应，同时 CFC 可破坏大气臭氧层，

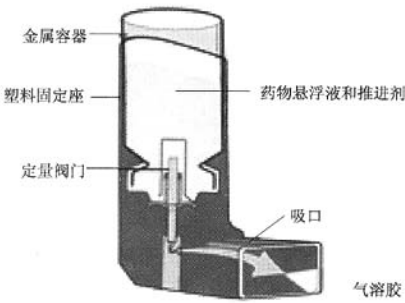


图 1 pMDI 装置结构示意图

不利于环境保护，因此含 CFC 的 pMDI 将逐渐被淘汰。现已找到一种 CFC 的替代品——氟氢烷（HFA），这种物质不含氯，不破坏臭氧层，较 CFC 对温室效应影响小，且用 HFA 的 pMDI 可产生更小的药雾颗粒，使达肺的药量，特别是周边气道的药量有明显增加，可望取得更好的临床效果。目前含 HFA 的倍氯米松气雾剂等产品正在全球推广使用。

1.1.2 pMDI 的使用方法和注意事项 如图 2 所示，使用 pMDI 的基本步骤为：①使用前摇动吸入器 3~4 次以使悬浮药液混匀。②取掉盖子。③口部远离吸入器，呼气。④将吸入器吸口放入口中上下齿之间，闭紧双唇。⑤开始缓慢吸气。将吸入器小管按下一次，并继续吸气直到不能再吸入为止。⑥移开吸入器，同时屏住呼吸 10s，然后呼气。⑦如果需要第二次吸药，应于休息 3min 后，再次摇动

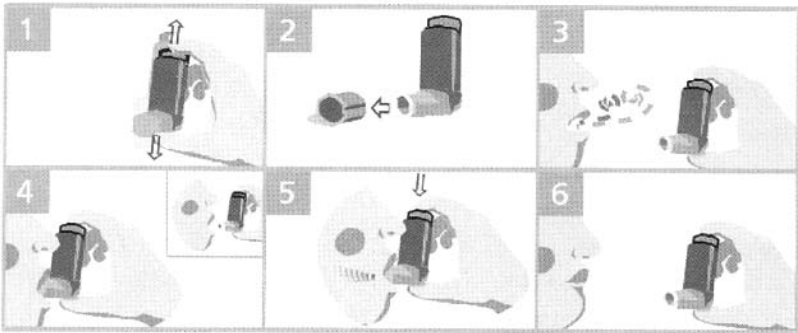


图 2 pMDI 使用方法示意图^[6]

吸入器 3~4 次，重复步骤③~⑥。⑧用水反复漱口，漱液吐出，不要咽下。

注意事项：由于装置内各种成分的密度相差大，静置后可能出现分层，故每次使用前必须充分摇匀。pMDI 内的定量阀门均位于装置底部，要保证每次喷药的剂量准确，使用时必须保持喷嘴在下的垂直位^[1]。每次用药后应记录，以便预知何时需要使用新的吸入器。极端温度对 pMDI 的应用有影响，应在室温保存，切勿冷藏。室外低温环境下使用应先用手捂热吸入器，不可用其他方式加热，以免引起爆炸^[5]。由于使用 pMDI 有较高的吸入技术要求，对于婴幼儿和年老体弱的患者，较难完成吸气和喷药动作的协调，因此 pMDI 适用于年龄不小于 6~7 岁的能够配合用药的患者。

1.2 压力定量气雾吸入器和储雾罐

使用 pMDI，重症患者每次吸入的量很少，老人、儿童及低教育程度的患者较难掌握其操作要领。针对 pMDI 的不足，加拿大哮喘协会建议^[5] 任何使用 pMDI 的患者，不分年龄，都应考虑使用储雾罐作为辅助工具。使用 pMDI 加储雾罐吸药的协同性要求低，适用年龄范围大并且减少了推进剂等产生的气道内应激反应。有报道^[4]，哮喘急性发作时通过压力定量气雾吸入器加储雾罐使用大剂量 β_2 激动剂可达到用喷射雾化器治疗同样的效果。由于储雾罐携带不方便，比单用 MDI 费用增加，也限制了其在临床的广泛使用。

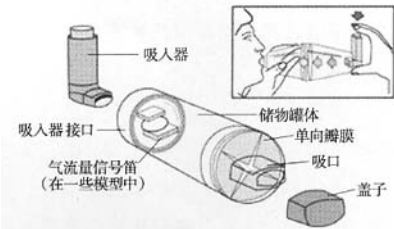


图 3 pMDI 和储雾罐装置结构示意图^[5]

1.2.1 pMDI 和储雾罐装置的结构和作用原理 理想的储雾罐应由吸入器接口、气流量信号笛、储雾罐体、单向瓣膜和吸口组成（见图 3）。当药物喷入储雾罐后，储雾罐装置增加了 pMDI 喷嘴和口腔的距离，储雾罐的缓冲有利于药雾流速减缓和药雾微颗粒变小，药物气溶胶能够在储雾罐内悬浮数秒钟，病人可以以任何吸气流速持续反复多次吸气，将药物吸入肺内。这样使患者有足够的时间吸入，同时不需要单独使用 pMDI 所要求的深吸气与撤压动作之间的同步过程，适合于老人与儿童使用，且防止喷雾散失的同时提高了吸入药量和治疗效果。有报道^[1] 这样可以使吸入肺部的药液量增加到 33%，支气管解痉作用较常规 pMDI 增强 1 倍，且根据储雾罐的不同，最终有约 30%~70% 的药物留存在储雾罐内，明显减少了口咽部药物留存量，提高了安全性。

1.2.2 配有储雾罐的 pMDI 的使用方法和注意事项 如图 4 所示，使用配有储雾罐的 pMDI 的基本步骤

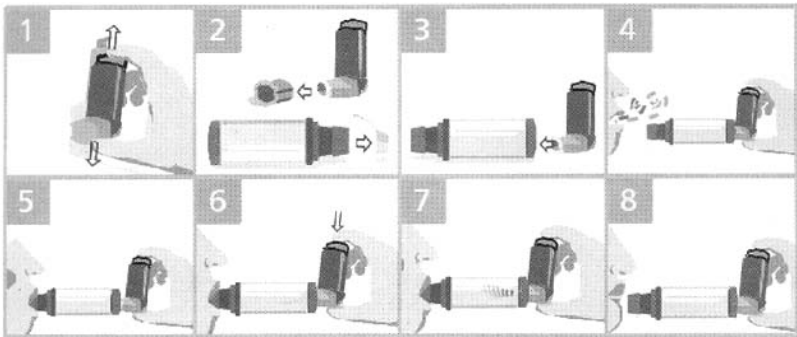


图 4 pMDI 和储雾罐使用方法示意图^[6]

为：①使用前将吸入器摇动3~4次以使悬浮药液混匀。②取掉吸入器和储雾罐的盖子。③将吸入器吸口插入储雾罐。④先将口部远离储雾罐，然后呼气。⑤将储雾罐吸口放入口中上下齿之间，双唇包紧储雾罐吸口。⑥按压吸入器上部1次。⑦缓慢吸气，直到无法再吸入为止。如果听到哨音，表明吸气太快，请慢慢吸入。⑧从口中将储雾罐拿开，同时屏住呼吸10s，然后呼气。⑨重复上述吸气方式4、5次，过程中不要再次按压吸入器上部。⑩如果需要第二次吸药，休息3min后，重复步骤④~⑨。⑪用水反复漱口，漱液吐出，不要咽下。

注意事项：使用pMDI加储雾罐多剂量给药时，应单剂量重复吸药，不能一次多剂量吸药。如果使用了面罩，给药后应清洗喷雾接触的皮肤表面^[6]。应选用合适的储雾罐，如使用容量过大的储雾罐，可使吸入肺内的药量减少。使用塑料储雾罐时由于静电作用可能使附壁药物增多，可在清洁时使用少量清洁剂并自然晾干，以降低静电作用。现已有金属储雾罐，无静电影响，但价格较昂贵。其他注意事项同单独使用pMDI时的注意事项。

2 干粉吸入器 (DPI)

2.1 旋转式 DPI

2.1.1 旋转式 DPI 装置的结构和作用原理 旋转吸入器是一种单剂量胶囊吸入器，使用时药物胶囊置于装置底部，经两侧针刺破后，胶囊随吸入气流旋转，同时释放其内含的药物颗粒^[1]。装置的结构简单，使用方便，内在阻力低；缺点在于使用时必须每次装药，防潮性能较差，药粉容易受潮固结而影响输出量。

2.1.2 旋转式 DPI 的使用方法和注意事项 如图5所示，使用旋转式 DPI 的基本步骤为：①手持吸入器（吸口朝下）扭松螺旋。②将胶囊橘红色一端置入螺旋叶的插口，并检查螺旋叶是否旋转顺畅。③将吸入器本体扭回，固定在吸口上。④将灰色外壳向下滑动直到听见“咔哒”声响，然后再将灰色外壳退回原来位置。如此，胶囊就被穿孔，药物才能被吸出。⑤手拿吸入器，远离嘴巴，慢慢呼气。然

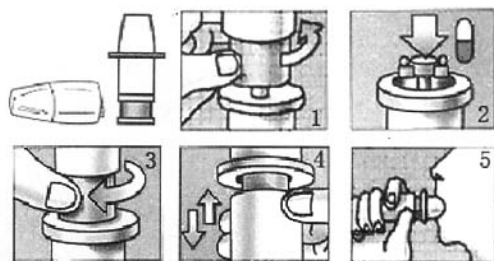


图5 旋转式 DPI 使用方法示意图^[10]

后以上唇含住吸口部突出的外环，头稍微向仰。⑤尽可能深深的吸气，接着暂停呼吸10s或更久些。将吸入器从嘴巴移开，然后缓缓地吐气。⑦重复⑤、⑥的步骤，直到确定胶囊内没有残留药粉（可能需重复2~3次）。如果发现胶囊内药粉仍未吸干净，再次操作④的步骤，然后重复⑤、⑥的步骤。⑧吸入药物后，用水反复漱口，漱液吐出，不要咽下。如果喉咙有轻微的刺激感，可以喝温水缓解。

注意事项：每周用温水清洗吸入器，使吸入器能保持最佳的状态。注意保存在温暖、干燥处。

2.2 准纳器

2.2.1 准纳器装置的结构和作用原理 准纳器是一种新型多剂量型 DPI，含有28或者60个剂量（见图6）。其基本装置结构是将药物的微粉密封在铝箔

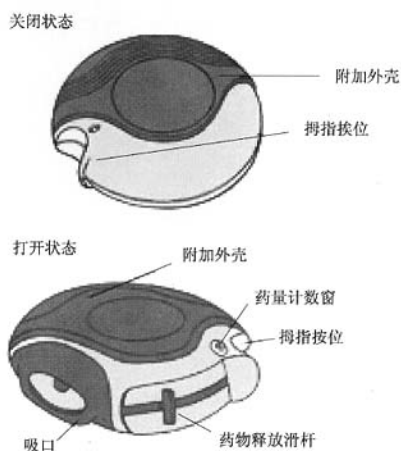


图6 准纳器（舒利迭）结构装置示意图^[5]

制成的盘状输送带的囊泡内，输送带缠绕在一个塑料转盘装置中，并通过该转盘输送。口器外有一个保护性的外部封盖，当操作杆滑回后，口器打开，刺破一个囊泡，然后被患者吸入肺部。准纳器的每个剂量单位都是单独包装并密封，以确保药品不受温度和湿度的影响，且准纳器上的计数窗可准确提示患者所剩余的吸药次数，能为不同的患者提供准确的药物剂量，为医师和患者提供了更为有效的管理依据^[2]。该装置的药物输出部分结构并不复杂，装置的内在阻力也较低，适用年龄范围广，特别是方便老人和儿童使用（儿童适用年龄不小于4岁）。由于吸气阻力低，绝大多数的药物在吸气初即被吸出，增加吸气流速并不能增加肺部药量，使用准纳器时肺部药物沉积量可达12%~17%^[2]。

2.2.2 准纳器使用方法和注意事项 如图7所示，使用准纳器吸入一次药量的基本步骤为：①打开准纳器：用手掌握住准纳器，拇指向一侧推动附加外壳，直至听到一声轻响。②推动滑杆直至最远程，便上好了一次药量。请勿随意推动滑杆，这样会造成药物的浪费。③口部远离吸口，呼气。④将吸口轻轻放入口中，闭紧双唇。⑤深深地平稳吸气，直到不能再吸入为止。⑥移开准纳器。⑦同时屏住呼吸10s，然后缓缓呼气。⑧将拇指按位推回原位，发出咔哒声表示准纳器已关闭，滑动杆自动复位。⑨用水反复漱口，漱液吐出，不要咽下。

注意事项：每次用药前后都应查看药量计数窗

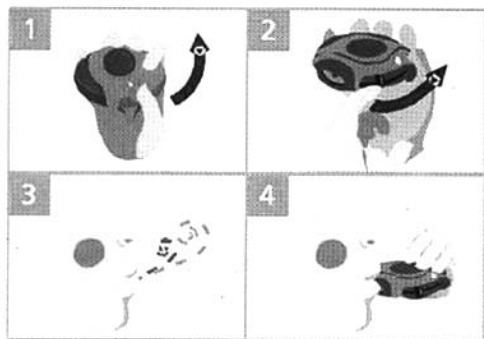


图7 准纳器（舒利迭）使用方法示意图^[6]

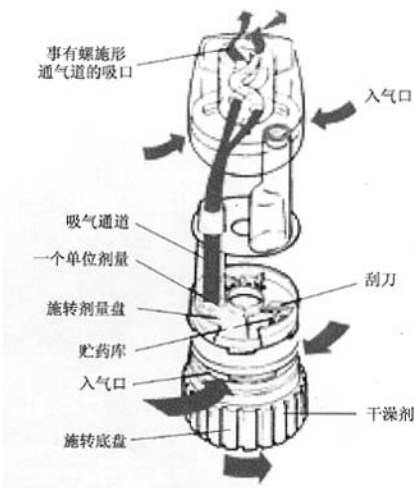


图8 都保结构装置示意图^[5]

中的数字，记录剩余药量。使用时装置的位置并不影响药物的吸入。应用准纳器、都保或任何其他干粉式吸入器时，不要使用储雾罐^[6]。

目前临床使用的准纳器主要为舒利迭（丙酸氟替卡松和沙美特罗的复合制剂），提供了3种不同剂量规格，分别是每吸丙酸氟替卡松100 μ g和沙美特罗50 μ g（4岁以上的儿童哮喘患者）、每吸丙酸氟替卡松250 μ g和沙美特罗50 μ g（成人持续哮喘患者）、每吸丙酸氟替卡松500 μ g和沙美特罗50 μ g（重度持续哮喘患者）。满足GINA（The Global Initiative for Asthma）的吸入激素剂量转换表中对不同严重程度和不同年龄哮喘患者的推荐剂量，提高了病人的用药依从性^[8]。该给药装置不适用于年龄小于4岁的儿童。

2.3 都保

2.3.1 都保装置的结构和作用原理 都保是一种贮存剂量型DPI（见图8），给药时不需使用添加剂，通过激光打孔的转盘精确定量。其口器部分的内部结构采用了独特的双螺旋通道，气流在局部产生湍流，以利于药物颗粒的分散，增加了微颗粒的输出量和吸入肺部的药量^[1]。由于吸气部分结构复杂，装置的内在阻力略高，属中阻力型，吸入药量与吸

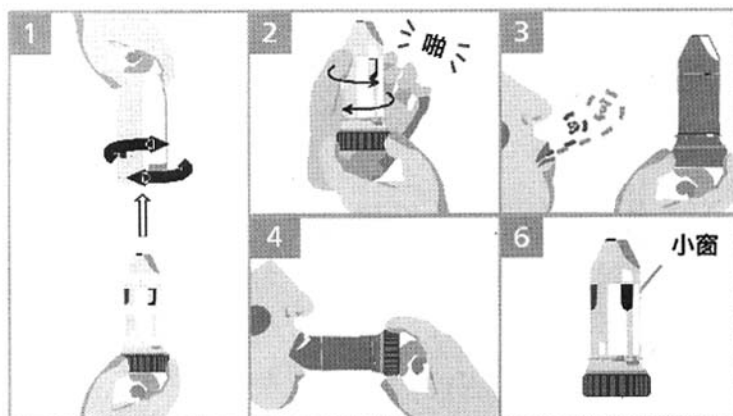


图9 都保使用方法示意图^[6]

气流速直接相关，使用时应尽可能采用快速的峰流速吸气方式吸药。在理想的吸气流速 $60 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 时，吸入肺部的药量可超过 20%，显著高于 MDI；吸气流速在 $35 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 时，吸入药量可达到 $(14.8 \pm 3.2) \%$ ，适用于 5 岁以上的儿童。常用的有博利康尼都保（硫酸特布他林）、普米克都保（布地奈德）、奥克斯都保（富马酸福莫特罗）、信必可都保（布地奈德-福莫特罗）等。

2.3.2 都保使用方法和注意事项 如图 9 所示，使用都保吸入 1 次药量的基本步骤为：①扭开并取下盖子。握住吸入器，保持吸口向上。②向一个方向转动有颜色的把手，直至不能转动为止；然后再转回原位，直至听到“啪”一声轻响。③口部远离吸入器吸口，呼气。④将吸口放入上下齿之间，双唇包紧吸口，用力深深经口吸气。⑤将吸入器移开，同时屏住呼吸约 10s，呼气。⑥如果需吸入多个剂量可重复步骤②~⑤。⑦吸入所需剂量后，盖上盖子，用水反复漱口，漱液吐出，不要咽下。

注意事项：每次用药前后都应查看吸口下方药量计数窗中的数字，记录剩余药量。对没有药量计数窗的都保，小窗中如有红色标志出现，表明药物即将用完。由于贮药池位于装置的上端，使用时必须垂直旋转。应用准纳器、都保或任何其他干粉吸入器时，不要使用储雾罐。

2.4 碟式吸入器

2.4.1 碟式吸入器装置的结构和作用原理 碟式吸入器由含 4 或 8 个药物囊泡的转轮和滑盘组成，吸口结构简单，属低阻力型干粉吸入器。使用时先刺破铝箔，吸入肺内的药量为 10% 左右，增加吸气流速并不能提高吸入量；使用中需替换药物转盘，仍显不便，现已较少使用（见图 10、11）。

2.4.2 碟式吸入器使用方法和注意事项 使用碟式吸入器的基本步骤为：①将吸口封套移除及确定吸口清洁。②如果需要一个新的药碟，拿着白色吸入器的边角轻轻向外拉出，直到可以完全看见吸纳器两边的卡扣。用力按下两边的卡口，然后把吸纳器的滑盘和转轮拉出。③将药碟有数字一面向上放在

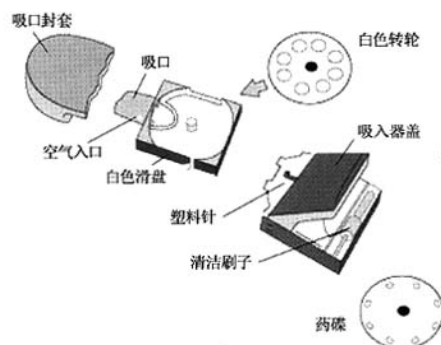


图 10 碟式吸入器结构装置示意图^[5]

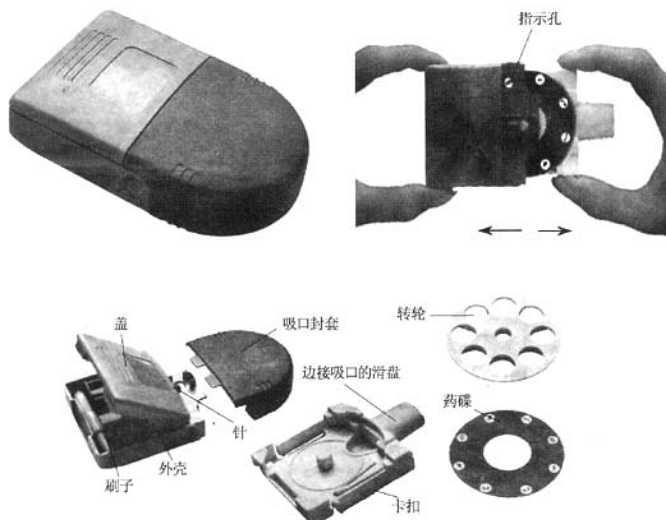


图 11 碟式吸入器结构装置示意图^[9]

白色转轮上。然后将滑盘完全套回吸入器的封套里。④拿着吸入器的边角（重复的）轻轻地拉出和推入，直到药碟碟面的最高数字 4 或者 8 被旋转到指示孔中。剩余的剂量数目会显露在指示孔中。⑤将滑盘完全推入，装置保持水平，尽量将盖子竖高至完全笔直的位置，确保将双面箔的两边表面刺穿。而当泡囊上面，特别是下面被刺穿时会感觉到少许助力。然后将盖关闭。⑥保持碟式吸入器在水平位置，口部远离吸入器吸口，尽可能呼气直到没有空气残留在肺部。⑦保持碟式吸入器在水平位置，将吸口放入上下齿之间，双唇包紧吸口。注意不要封住吸口两旁任何一侧的空气入口。尽可能深和快的吸气进口腔。不要呼气。⑧将吸入器移开，同时屏住呼吸约 10s。⑨缓慢呼气。⑩如果还需要 1 个剂量的药物，将滑盘再次拉出和推入 1 次来将药碟旋转到下 1 个剂量。重复步骤⑤~⑨。⑪在使用完碟式吸入器后，将吸口封套盖回。⑫用水反复漱口，漱液吐出，不要咽下。

注意事项：在未将药碟放入碟式吸入器之前，不可把药碟的双面箔刺穿。除非在需要吸入时，否则不要将药碟双面箔刺穿。除非滑盘完全套回吸入

器的封套内或是已被完全移离，例如在清洁碟式吸入器的时候，否则不要试图将盖拉起。不要将转轮和空的药碟一起扔掉。在碟式吸入器的尾部内有一把刷子，用来清理残留在吸入器内的药粉，应该在未放置一个新药碟之前将滑盘和转轮从吸入器移离的时候处理^[9]。由于碟式吸入器操作较复杂，医生、药师或者护士应详细指导患者用药，并告知患者应详细阅读药品使用说明书。

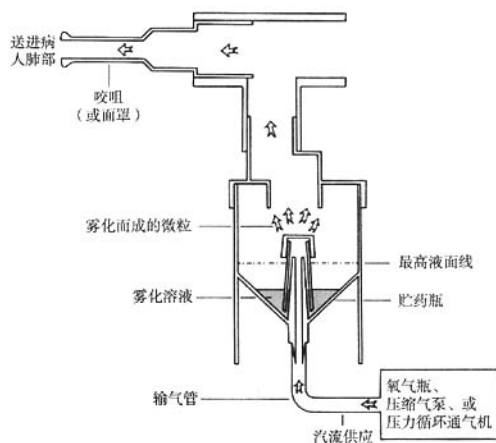


图 12 喷射式雾化器结构装置示意图^[7]

3 雾化吸入器

3.1 喷射式雾化器

3.1.1 喷射式雾化器装置的结构和作用原理 为临床上最常用的雾化器之一，如图 12 所示。以压缩空气或氧气为动力，高速气流通过细口喷嘴，在其周围产生负压，携带贮液罐药液卷进高速气流并将其粉碎成大小不一的雾滴^[3]。使用时把药物稀释到合适浓度后放入雾化器里，一端连上氧气瓶、压缩气泵或者压力循环通气机，另一端连上面罩或者被病人咬咀，开始气流供应即可进行雾化治疗。常用气流量 $6\sim 8\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ，产生的微粒直径在 $2\sim 4\mu\text{m}$ ，雾粒在肺内沉积约 10%。它可喷雾多样药物，较少需要患者呼吸协调动作，且无需氟里昂作为助推剂，携带方便、易操作；但缺点是雾化器易污染而可能导致交叉感染，吸入药物浪费严重，需要高压气流作为动力，治疗时间较长等，因而限制了其广泛使用。目前主要用于不能正确掌握 pMDI、严重气促无法深吸气的危重哮喘患者的吸入治疗。

3.1.2 喷射式雾化器使用方法 如图 13 所示，使用喷射式雾化器的基本步骤为：①用清洁的针筒或吸管，将指定剂量的药物雾化溶液注入雾化器中。用清水冲洗针筒或吸管，再用来量度适量的稀释液，稀释液与药品雾化液同置于雾化器中，使总容量为 2mL。②盖好雾化器，并接上咬咀或面罩。③利用塑料管，将雾化器接驳至压缩气泵，压力循环通气机或者氧气瓶。④接上电源，开通气泵或者通气机；如用氧气瓶，则需打开阀门，调校流速。⑤气雾开始出现时把咬咀放入病人口中，或将面罩盖上面部。要病人张开口慢慢呼吸，将气雾深深吸入肺中。⑥溶液必须完全雾化，才可停止治疗，关上电源或阀门。清洗雾化设备。⑦病人使用后用水反复漱口，漱液吐出，不要咽下。如用面罩需清洗面部接触药雾的皮肤表面。

3.2 超声波雾化器装置

超声波雾化器是通过超声薄板的高频振动，使药液转化成气溶胶雾粒，超声雾化器产生的气雾量

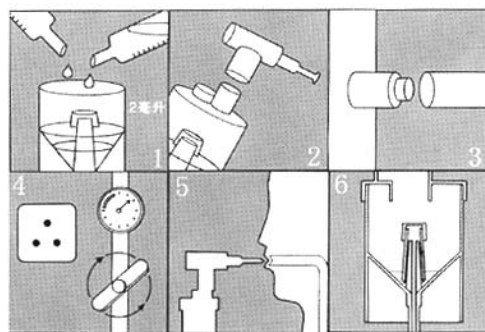


图 13 喷射式雾化器使用方法示意图^[7]

比喷射雾化器要大，消耗药液一般为 $1\sim 2\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ，产生的气雾微粒也较大，一般为 $3.7\sim 10.5\mu\text{m}$ ，气雾微粒在肺内的沉降率约 10%以上。以前应用较为普遍，但由于其产生的气溶胶的密度大，吸入后呼吸道内氧分压相对偏低，长时间吸入（超过 20 min）可引起呼吸道湿化过度而致呼吸困难或支气管痉挛，有缺氧或低氧血症的患者不宜使用。另外，超声雾化可能会破坏糖皮质激素的结构，影响疗效，现在已很少用于哮喘的治疗。

【参考文献】

- [1] 洪建国. 哮喘治疗中吸入装置的应用. 中国医刊, 2003, 38 (11): 25-27
- [2] 贺孝良, 李昌崇. 哮喘吸入治疗装置新进展. 实用儿科临床杂志, 2007, 22 (4): 309-311
- [3] 李洁, 孙兵, 詹庆元. 几种装置应用于机械通气雾化吸入治疗的比较. 国际呼吸杂志, 2006, 26 (3): 229-231
- [4] 陈玉娟, 杨兆辉, 陈锋, 等. 不同吸入装置治疗支气管哮喘的效能比较. 医师进修杂志 (内科版), 2004, 27 (8): 46-48
- [5] 加拿大哮喘协会 (The Asthma Society of Canada). How to Use Your Inhaler. <http://www.asthma.ca>
- [6] 加拿大哮喘协会 (The Asthma Society of Canada). 哮喘基础手册之药物篇第 1 版. <http://www.asthma.ca>. 2005, 1
- [7] 葛兰素威康公司. 全乐宁雾化溶液使用说明
- [8] 葛兰素史克公司. 舒利迭使用说明
- [9] 葛兰素公司. 碟式吸入器/喘宁碟干粉剂吸入系统病人使用说明书
- [10] 台湾三军总医院. 气喘. <http://www.tsgh.ndmctsg.edu.tw/>