

Эффективность небулайзерной терапии у детей

к.м.н. Н.Г. Колосова

ГБОУ ВПО «Первый МГМУ имени И.М. Сеченова» Минздрава России

Для цитирования. Колосова Н.Г. Эффективность небулайзерной терапии у детей // PMЖ. 2015. № 18. С. 1086–1090.

Широкое распространение ингаляционной терапии при лечении бронхолегочных заболеваний обусловлено преимуществами, которые связаны с доставкой препарата непосредственно в респираторный тракт. К их числу относятся создание высоких концентраций препарата, быстрое начало действия лекарственного средства, возможность уменьшения общей дозы препарата, снижение риска системных побочных эффектов, отсутствие различий в активности печеночного метаболизма и его влияния на эффективность лечения. Для доставки препаратов в ингаляциях используют различные устройства, однако оптимальными для лечения патологии нижних дыхательных путей являются ингаляционные системы, создающие респираторную фракцию частиц размером 2–5 мкм. Именно с размером частиц связано попадание лекарственного вещества в тот или иной отдел бронхолегочной системы (табл. 1). Эффективность лечения во многом определяется правильным выбором средства доставки с учетом возраста, индивидуальных предпочтений больного, а также клинической картины заболевания.

Порой происходят ошибки при использовании ингаляционных устройств, что может приводить к неравномерному распределению лекарственного вещества в дыхательных путях, необоснованному увеличению объема лечения и, соответственно, общей стоимости терапии, росту числа побочных эффектов. Все ингаляционные устройства в зависимости от правильности техники ингаляции могут иметь различную легочную депозицию (отношение дозы препарата, поступившей в легкие, к номинальной разовой дозе (указанной на ингаляторе)). Современные технические средства обеспечивают доставку в легкие в среднем 5–15% номинальной дозы препарата. Увеличение легочной депозиции – одна из задач при проведении ингаляционной терапии. Ряд ингаляционных устройств имеют возрастные ограничения (табл. 1).

Небулайзер – универсальная система для ингаляции лекарств у детей любого возраста, т. к. не требует

специальной техники вдоха и применяется даже у новорожденных. Небулайзерная терапия – один из видов ингаляционной терапии, применяемой при заболеваниях органов дыхания. В настоящее время небулайзерная терапия может быть использована для лечения широкого круга заболеваний у детей: бронхиальной астмы, бронхообструктивного синдрома, стенозирующего ларинготрахеита, риносинусита (при использовании носовых насадок). Основной целью небулайзерной терапии является достижение максимального местного терапевтического эффекта в дыхательных путях при незначительных проявлениях или отсутствии побочных явлений [2].

Небулайзер был создан J. Sales-Girons в Париже (Франция) в 1859 г., в качестве источника энергии использовалась струя пара. Слово «небулайзер» (от лат. nebula – туман, облачко) стало применяться в отношении приборов, превращающих жидкий лекарственный препарат в аэрозоль. Ингаляционная терапия использовалась для ингаляции паров смол и антисептиков у больных туберкулезом. В современных приборах диспергирование лекарственного препарата, происходящее при образовании аэрозоля, увеличивает общий объем лекарственной взвеси, а также поверхность ее контакта со слизистой оболочкой респираторного тракта, что существенно повышает эффективность воздействия. Преимуществами такой ингаляционной терапии являются возможность использования у детей с периода новорожденности, точность дозирования лекарственных препаратов, доставка большей дозы препарата и получение эффекта за более короткий промежуток времени, простая техника проведения ингаляций, в т. ч. в домашних условиях. Отсутствие необходимости синхронизировать вдох с потоком аэрозоля (не требует совершения форсированных дыхательных маневров) позволяет применять ингаляции независимо от тяжести заболевания. Небулайзеры – единственные средства доставки лекарственного препарата в альвеолы, также возможно подключение в контур подачи кислорода, проведение искусственной вентиляции легких [3].

В зависимости от заболевания небулайзерная терапия может выполнять различные задачи: уменьшение бронхоспазма, отека слизистой, воспалительной активности, улучшение дренажной функции бронхиального дерева, муколитическое действие и др. В последние годы расширились возможности применения ингаляционной терапии для лечения большинства бронхолегочных заболеваний: могут быть использованы все стандартные растворы для ингаляций и их комбинации (можно одновременно применять 2 и более лекарственных препаратов) (табл. 2) [4].

Разнообразие фирм и приборов на российском рынке создает трудности в выборе качественного прибора. В зависимости от принципа генерации аэрозоля различают компрессорные (струйные), ультразвуковые

Таблица 1. Выбор средств доставки в зависимости от возраста [1]

Ингаляционное устройство	До 4 лет	4–6 лет	7 лет и старше
Небулайзер	+	+	+
ДАИ + спейсер небольшого объема	+		
ДАИ + спейсер большого объема (750 мл)		+	+
ПИ		±	+
ДАИ			+

Примечание: ДАИ – дозированный аэрозольный ингалятор; ПИ – порошковый ингалятор

и mesh-небулайзеры (табл. 3). Небулайзеры должны быть сертифицированы в соответствии с **европейским стандартом prEN 13544-1** для небулайзеров, наличие которого подтверждает заявленные характеристики и является знаком качества прибора.

Современные небулайзеры должны иметь следующие характеристики:

- 50% и более генерируемых частиц аэрозоля должны иметь размер менее 5 мкм (так называемая респираторная фракция);
- остаточный объем лекарственного вещества после ингаляции – не более 1 мл;
- рекомендуемый воздушный поток – 6–10 л/мин;
- производительность – не менее 0,2 мл/мин.

В компрессорных небулайзерах образование аэрозоля происходит при подаче воздуха в камеру распыления посредством компрессора. Принцип компрессорного (струйного) небулайзера основан на эффекте Бернулли (1732): воздух или кислород (рабочий газ) входит в камеру небулайзера через узкое отверстие Вентури, на выходе из этого отверстия давление падает, и скорость газа значительно возрастает, что приводит к засасыванию в эту область пониженного давления жидкости через узкие каналы из резервуара камеры. Жидкость при встрече с воздушным потоком разбивается на мелкие частицы размерами 15–500 микрон (первичный аэрозоль). В дальнейшем эти частицы сталкиваются с «заслонкой» (пластинка, шарик и т. д.), в результате чего

Таблица 2. Лекарственные формы для ингаляционной терапии [4]

Группы медикаментов	Показания	Название	Дозировка
Антибиотики	У пациентов с муковисцидозом при инфекции <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>ect.</i> (тобрамицин, колистиметат натрия). При инфекции <i>Pneumocystis carinii</i> (пентамидин)	Гентамицин	80 мг в 2,0 мл 0,9% раствора NaCl, 1–2 р./сут
		Тобрамицин	80–300 мг, 2 р./сут
		Колистиметат натрия	1 млн ед. в 3,0 мл раствора NaCl, 2 р./сут
		Пентамидин	300–600 мг, 1 р./сут
М-холинолитики	Бронхиальная астма, хронический обструктивный бронхит	Ипратропия бромид	0,025% 0,1–0,5 мг, 3–4 р./сут. Детям до 1 года: 0,125 мг (10 капель), 1–2 р./сут. Детям 1–3 лет: 0,25 мг (20 капель) в 2–3 мл 0,9% раствора NaCl
β_2 -агонисты	Бронхиальная астма, обструктивный бронхит	Фенотерол	0,25–0,5 мг, до 4 р./сут
		Сальбутамол	0,1% 2,5 мл (1 небула – 25 мг) на ингаляцию, не разводить. Детям до 1 года: 0,1–0,15 мг/кг, не более 5 мг на ингаляцию, растворить в 2–3 мл 0,9% раствора NaCl
Комбинированный М-холинолитик и β_2 -агонист	Бронхиальная астма, обструктивный бронхит	Ипратропия бромид + фенотерол	0,25–0,5 мг, 3–6 р./сут 0,5–1,0 мг, 3–6 р./сут
Муколитики и мукокинетики	Муковисцидоз, бронхоэктазы, хроническая обструктивная болезнь легких, острый и хронический бронхит	Дорназа альфа	2,5 мг, 1–2 р./сут
		Ацетилцистеин	150–300 мг, 1–2 р./сут
		Амброксол	7,5–22,5 мг, 1–2 р./сут
Антимикотики	Инфекции, вызванные грибами, при иммунодефиците	Амфотерицин В	5–10 мг, 2 р./сут
Кромоны	Бронхиальная астма, хронический обструктивный бронхит	Динатрия кромогликат	20 мг, 4 р./сут
		Недокромил натрия	10 мг, 2–4 р./сут
Глюкокортикоиды	Бронхиальная астма, хронический обструктивный бронхит	Будесонид	250–500 мкг, 2 р./сут

Таблица 3. Сравнительная характеристика небулайзеров

Параметр	Компрессорный (струйный) небулайзер	Ультразвуковой небулайзер	Mesh-небулайзер
Преимущества	Универсальность, относительная дешевизна, доступность, возможность распыления любых предназначенных для ингаляций растворов	Компактность, бесшумность, не требуют замены небулизационных камер, респираторная фракция – более 90%, средний размер аэрозольных частиц – 4–5 мкм	Компактность, бесшумность при работе, возможность использования всех препаратов, которые противопоказаны к использованию в ультразвуковых небулайзерах; наименьший остаточный объем, следовательно, экономия препарата
Недостатки	Высокий уровень шума, вес	Антибиотики, гормональные, муколитические (разжижающие мокроту) препараты могут разрушаться под воздействием ультразвука	–

образуется вторичный аэрозоль – ультрамелкие частицы размерами 0,5–10 мкм (около 0,5% от первичного аэрозоля). Вторичный аэрозоль далее ингалируется, а большая доля частиц первичного аэрозоля (99,5%) осаждаются на внутренних стенках камеры небулайзера и вновь вовлекается в процесс образования аэрозоля. Компрессорные небулайзеры могут отличаться постоянным выходом аэрозоля (конвекционные) или усилением высвобождения аэрозоля во время вдоха (активируемые вдохом), а также синхронизироваться с дыханием. Таким образом, соотношение выхода аэрозоля во время вдоха и выдоха увеличивается, повышается количество вдыхаемого препарата, сокращаются потеря препарата (до 30%) и время небулизации [3, 11].

В ультразвуковых небулайзерах превращение жидкости в аэрозоль достигается за счет высокочастотной вибрации пьезоэлектрических кристаллов. Вибрация от кристалла передается на поверхность раствора, где происходит формирование «стоячих» волн. При достаточной частоте ультразвукового сигнала на перекрестье этих волн возникает «микрочан» – образуется аэрозоль. Размер частиц обратно пропорционален частоте сигнала. Как и в струйном небулайзере, частицы аэрозоля сталкиваются с «заслонкой», более крупные возвращаются в раствор, а более мелкие – ингалируются. Продукция аэрозоля в ультразвуковом небулайзере практически бесшумная и более быстрая, чем в компрессорных [5].

Mesh-небулайзеры (электронно-сетчатые) сочетают в себе достоинства ультразвуковых и компрессорных небулайзеров. Они, как и обычные ультразвуковые небулайзеры, компактны и бесшумны при работе, но, в отличие от последних, обладают пониженной частотой ультразвука, что позволяет использовать в них даже те препараты, которые противопоказаны к использованию в ультразвуковых. Также mesh-небулайзеры характеризуются наименьшим остаточным объемом, следовательно, позволяют наиболее экономно расходовать лекарственные средства [6].

На российском рынке широко представлены небулайзеры фирмы **OMRON Healthcare (Япония)**, которые представляют собой универсальные аппараты для применения в пульмонологии и обладают рядом достоинств. **Все небулайзеры OMRON сертифицированы в соответствии с европейским стандартом prEN 13544-1.**



Компрессорные небулайзеры **OMRON** снабжены современной технологией виртуальных клапанов (V.V.T. – Virtual Valve Technology) (рис. 1). В основе данной технологии лежит уникальное строение небулайзерной камеры и загубника со специальными отверстиями, которые во время ингаляции работают как клапаны.

Благодаря использованию V.V.T. небулайзеры создают достаточную респираторную фракцию с оптимальными характеристиками ингалируемых частиц (средний размер частиц – 3,0 мкм), что увеличивает эффективность проводимой терапии. Данная технология позволяет оптимизировать воздушный поток у детей, особенно раннего возраста, что способствует минимальным потерям лекарства во время ингаляции и небольшому остаточному объему (0,7 мл) [7].

В мембранном небулайзере **OMRON MicroAir U22** используется mesh-технология. В основе данной V.M.T.-технологии (V.M.T. – Vibrating Mesh Technology) лежит инновационный принцип формирования аэрозоля, при котором жидкое лекарственное вещество просеивается через металлическую сетку-мембрану, содержащую около 6 тыс. круглых отверстий, при этом образуется мелкодисперсный аэрозоль высокого качества. Осевые вибрации встроенного рожка, в отличие от применяющихся в традиционных ультразвуковых небулайзерах, очень малы (117–180 кГц) и не разрушают структуры высокомолекулярных медикаментов. Компактный и бесшумный мембранный небулайзер **OMRON MicroAir U22** удобен в использовании, может работать под любым углом наклона от батарей (4 ч ингаляций) или сетевого адаптера. Что очень важно в педиатрии, он эффективен и при малом объеме лекарства (от 0,5 мл), а остаточный объем – самый незначительный (0,1 мл) по сравнению с таковым у других небулайзеров. Несмотря на компактные размеры, респираторная фракция составляет 60%, наряду с высокой легочной депозицией обеспечивает высокую эффективность ингаляционной терапии при назначении меньших доз лекарственных препаратов. Клинические исследования продемонстрировали возможность эффективного использования с различными лекарственными препаратами [10]. Перечисленные характеристики делают актуальным использование данного типа небулайзера у маленьких детей, пациентов на постельном режиме, пациентов, ведущих активный образ жизни [8].

При проведении ингаляции у детей используют мундштук или маску. Следует обязательно подбирать размер маски, чтобы она плотно прилегала к лицу ребенка. Маска приблизительно вдвое уменьшает доставку аэрозоля в легкие, кроме того, при расстоянии маски от лица 1 см депозиция аэрозоля падает более чем в 2 раза, а при отдалении на 2 см – на 85%. К тому же носовая депозиция увеличивается с возрастом: у детей в возрасте 8 лет в носовой полости осаждаются около 13% аэрозоля, у детей 13 лет – 16%, а у взрослых (средний возраст – 36 лет) – 22%. Крик и плач ребенка также уменьшают количество лекарственного препарата, попадающего в дыхательные пути [2, 9]. Некоторые струйные небулайзеры (например, **OMRON C24 Kids**) оснащены игровыми насадками, что позволяет отвлечь ребенка во время проведения ингаляции.

Выбор систем доставки аэрозоля зависит от многих факторов и прежде всего от индивидуальных особенностей дыхания пациента. Оценка изменений анатомии дыхательных путей вследствие того или иного заболевания (эмфизема, ателектазы, бронхоэктазы) и способности координации движений помогает правильно выбрать способ доставки лекарственного препарата.



OMRON

Здоровье в к@ждый Дом

Уникальные технологии OMRON в помощь детским врачам

Детский компрессорный
небулайзер

OMRON C24 Kids
с технологией виртуальных
клапанов (V.V.T.)



Меш небулайзер

OMRON U22
с технологией
вибрирующей
сетки-мембраны
(V.M.T.)



- Подходят для детей младших возрастных групп
- Широкий спектр распыляемых препаратов
- Малый остаточный объем лекарственного препарата
- Быстрая и легкая очистка и дезинфекция
- Сертификация в соответствии с Европейским стандартом EN 13544-1

**КЛИНИЧЕСКИ
АПРОБИРОВАНЫ**
с лекарственными препаратами



Эксклюзивный дистрибьютер
медицинской техники
OMRON в России

www.csmedica.ru
Бесплатная горячая линия
по России: 8-800-555-00-80

- www.ok.ru/csmedica
- www.facebook.com/csmedica
- www.vk.com/csmedica
- www.instagram.com/csmedica
- www.youtube.com/csmedica

OMRON U22 (NE-U22-E) Регистрационное удостоверение P3N. 2014/1732 от 11.07.2014
OMRON NE-C24 Kids (NE-C8015-KDRU) Регистрационное удостоверение № ФСЗ 2011/11332 от 13.08.2012
* Тонометры OMRON - по данным IMS Health, розничный аудит в РФ за период январь-декабрь 2014 года.
Небулайзеры OMRON - по данным IMS Health "Аудит" розничных продаж дополнительного ассортимента в РФ* за период июль - декабрь 2014 года.
* Выявлены в клинически апробированных небулайзерах OMRON Comp Air (NE-C28-RU), OMRON U22 (NE-U22-E), OMRON Comp Air Pro (NE-C900 (NE-C900-RU) используют только специально предназначенные лекарственные препараты для ингаляционной терапии. Небулайзеры OMRON соответствуют Европейскому стандарту EN 13544-1.

Реклама

Эффективность ингаляции будет определять выраженность, быстроту наступления действия, минимизацию системных эффектов. Особая проблема у детей – нерегулярный дыхательный паттерн, связанный с диспноэ, кашлем, плачем и т. д., что делает непредсказуемой доставку аэрозоля.

Вязкость и поверхностное натяжение раствора лекарственного препарата влияют на выход аэрозоля и его характеристики. Растворы антибиотиков имеют очень высокую вязкость, поэтому надо использовать мощные компрессоры и небулайзеры, активируемые вдохом. Осмолярность аэрозоля влияет на его депозицию: при прохождении через увлажненные дыхательные пути могут происходить увеличение размеров частиц гипертонического аэрозоля и уменьшение гипотонического.

Не следует использовать в небулайзерах:

- Минеральную воду
- Все растворы, содержащие масла
- Отвары и настои трав
- Растворы аминифиллина, папаверина, платифиллина, дифенгидрамина и им подобные средства, не предназначенные для ингаляционной терапии

Таким образом, небулайзеры должны использоваться, когда лекарственное вещество не может быть доставлено в дыхательные пути при помощи других ингаляторов; необходима доставка препарата в альвеолы (например, препараты сурфактанта при остром респираторном дистресс-синдроме); физическое состояние

пациента не позволяет правильно использовать портативные ингаляторы. Небулайзер является также единственным возможным средством доставки аэрозольных препаратов у детей до 3 лет. Ингаляции с помощью небулайзера не проводятся при тяжелых заболеваниях легких, осложняющихся легочным кровотечением (спонтанный пневмоторакс, буллезная эмфизема легких, туберкулез).

Литература

1. Бронхиальная астма у детей. Стратегия лечения и профилактика. Национальная программа. 4-е изд-е. М., 2012. 281 с.
2. Геппе Н.А., Мокина Н.А. Современная ингаляционная терапия: Практическое руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 128 с.
3. Авдеев С.Н. Современные возможности небулайзерной терапии: принципы работы и новые технические решения // PMJ. 2013. № 19. С. 945–952.
4. Геппе Н.А. Ингаляционная небулайзерная терапия заболеваний респираторной системы у детей: Практическое руководство для врачей. М., 2008.
5. Hess D.R., Myers T.R., Rau J.L. A guide to aerosol delivery devices. Irving TX: AACR, 2007.
6. Vecellio L. The mesh nebulizer: a recent technical innovation for aerosol delivery // Breathe. 2006. Vol. 2. P. 253–260.
7. Sukumaran T., Pawankar R., Ouseph J. Asthma diagnosis and treatment – 1009. A clinical study of NE-C900 (OMRON) nebulizer // World Allergy Organization Journal. 2013. Vol. 6 (Suppl 1). P. 9.
8. Newman S.P., Pitcairn G.R., Pickford A. et al. The MicroAir electronic-mesh nebulizer deposits aerosol in the lungs more efficiently than a conventional jet nebulizer. Drug Delivery to the Lungs XV. The Aerosol Society, London, 2004. P. 228–231.
9. Waldrep J. C., Berlinski A., Dhand R. J. // Aerosol. Med. 2007. Vol. 20. N 3. P. 310–319.
10. Smaldone G.C., Morra L. Stony Brook Health Science Center Stony Brook. New York 11794#8172. February 2002.
11. Denyer J. The Adaptive Aerosol Delivery (AAD) Technology: Past, Present and Future // J Aerosol Med. 2010. Vol. 32. P. 1–10.

The screenshot shows the website www.RMJ.ru. At the top, there is a search bar and navigation links like 'Главная', 'Подписка', 'Контакты', 'Форум', 'Карты номеров', and 'Карты сайта'. The main content area features a navigation menu on the left with categories like 'Текущий номер', 'Архив журналов по годам', and 'Выставки'. The central part displays an article titled 'Акушерство. Гинекология' with a sub-header '№ 23 "Акушерство. Гинекология"' and a date '02 октября 2013 г., № 23'. Below this is another article preview for '№ 24, 2013. Педиатрия'. On the right side, there is a 'Последние темы форума:' section and a 'Новости' section with a date '13.10.2010'. At the bottom, there is a footer with contact information, copyright notice, and a list of journals included in the website's database.