

вируса Sars-Cov2, что говорит об активности вирусной части сайта связывания, как целостной структуры во взаимодействии с ACE2.

В заключение, приведем, полученную нами расчетную структуру сайта связывания «RBM Sars-Cov2 – ACE2 клетки» (рисунок 2). Достаточно четко определены границы каждой из зон лигандирования.

Выводы

Применение квантово-механических расчетов для описания образования сайта связывания позволит определить наиболее уязвимые места в данном процессе и наметить наиболее вероятные структуры и механизмы, позволяющие блокировать этот процесс.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Structure of the SARS-CoV-2 spike receptor-binding domain bound to the ACE2 receptor / J. Lan, J. Ge, J. Yu [et al.]. // Nature. – 2020. – Vol. 581 (7807). – P. 215–220.
2. Borkotoky, S. Interactions of angiotensin-converting enzyme-2 (ACE2) and SARS-CoV-2 spike receptor-binding domain (RBD): a structural perspective / S. Borkotoky, D. Dey, Z. Hazarika // Mol Biol Rep. – 2023. – Vol. 50 (3). – P. 2713–2721.
3. Zn²⁺ and Cu²⁺ Interaction with the Recognition Interface of ACE2 for SARS-CoV-2 Spike Protein / A. Pelucelli, M. Peana, B. Orzel [et al.]. // Int J Mol Sci. – 2023. – Vol. 24 (11). – 9202 p.

УДК 53:[544.772:615.032.23]

М. С. Россолова, В. П. Николаенко

Научный руководитель: к. т. н, доцент В. А. Банный

Учреждение образования

«Гомельский государственный медицинский университет»

г. Гомель, Республика Беларусь

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ВВЕДЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ МЕТОДОМ ИНГАЛЯЦИИ

Введение

В последние годы заболевания дыхательной системы, такие как астма и хроническая обструктивная болезнь легких, становятся все более распространенными, что подчеркивает необходимость эффективной терапии. Ингаляционная терапия – это метод лечения и профилактики, при котором лекарственные вещества вводятся в организм в виде аэрозолей или электроаэрозолей. Аэрозоль представляет собой двухфазную систему, где газообразная среда (воздух) служит дисперсионной основой для взвешенных в ней жидких или твердых частиц. В физиотерапии аэрозоли находят применение для доставки различных лечебных составов, таких как растворы лекарственных веществ, минеральные воды, фитопрепараты, масла и, в некоторых случаях, порошкообразные препараты. К другим достоинствам ингаляционной терапии по сравнению с традиционными методами фармакотерапии относятся полная безболезненность введения лекарств, сохранение их целостности при прохождении через желудочно-кишечный тракт и снижение частоты и интенсивности побочных реакций на лекарственные препараты [1].

Цель

Изучить физико-технические принципы введения лекарственных средств методом ингаляции и технологии, лежащие в основе создания различных типов ингаляторов.

Материал и методы исследования

В работе проведен сравнительный анализ и практическое опробирование различных типов ингаляторов, доступных в аптеках г. Гомеля. В качестве объектов исследования выбраны следующие типы ингаляторов: паровой ингалятор В. Well WN-118 (Швейцария),

масляный ингалятор DoTerra (США), ультразвуковой ингалятор Omron NE-C28 (Япония). Также проведено анкетирование граждан, чтобы понять, какие ингаляторы наиболее популярны среди покупателей и как, в каких случаях и какой тип ингалятора фармацевты рекомендуют использовать.

Результаты исследования и их обсуждения

Существует многообразие типов ингаляторов, отличающихся по физико-техническим принципам функционирования и параметрами аэрозольного потока. Принцип работы ингалятора основан на законе Даниила Бернулли, который имеет важное значение в гидродинамике и применяется в различных областях, включая аэродинамику и медицинскую технику. Уравнение Бернулли описывает закон сохранения энергии для несжимаемой жидкости в потоке и устанавливает связь между давлением, скоростью потока и высотой. Основная формулировка уравнения звучит следующим образом: $P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{const}$. Паровые ингаляции проводят с помощью парового ингалятора (типа ИП-2). К таким относится ингалятор В. Well WN-118. Готовят ингаляции, получая пар из смеси легкоиспаряющихся медикаментов (ментола, эвкалипта, тимола) с водой, а также из отвара листьев шалфея, ромашки. В числе преимуществ таких приборов стоит отметить положительное воздействие самого пара, который не только транспортирует лекарство к очагу воспаления, но и прогревает дыхательные пути, улучшая в них циркуляцию крови и активизируя обменные процессы, а также способствует разжижению и выведению мокроты. Среди недостатков: разрушающее воздействие нагревания на большинство лекарственных препаратов, недостаточная концентрация действующего вещества, поступающего в дыхательные пути, низкий терапевтический эффект, риск обжигающего воздействия горячего пара. Применяются паровые ингаляции при заболеваниях верхних дыхательных путей. В связи с высокой температурой пара эти ингаляции противопоказаны при тяжелых формах туберкулеза, при острой пневмонии, плеврите, кровохарканье, артериальной гипертонии, ишемической болезни сердца.

Масляные ингаляции представляют собой метод, основанный на распылении подогретых аэрозолей различных масел с профилактической или лечебной целью. Преимущественно используются масла растительного происхождения, такие как эвкалиптовое, персиковое и миндальное. При проведении ингаляции масло распыляется, образуя тонкий защитный слой на слизистой оболочке дыхательных путей, что предотвращает раздражение и снижает всасывание вредных веществ. Существует ряд недостатков: риск аллергических реакций, неэффективность при серьезных заболеваниях, необходимость контроля дозировки.

Ультразвуковые ингаляции основываются на диспергировании лекарственных растворов с помощью ультразвуковых волн (A&D модель UN-233 или Omron NE-C28). Аэрозоли, получаемые при этом методе, характеризуются узким диапазоном размеров частиц, высокой плотностью и стабильностью, а также низким содержанием кислорода и способностью глубоко проникать в дыхательные пути. Для распыления с использованием ультразвука можно применять различные лекарственные вещества, чаще всего обладающие бронхолитическим, секретолитическим и метаболическим действием. Однако, такие устройства имеют ряд существенных недостатков, из-за которых они не нашли такого же широкого применения у потребителей, как другие типы подобных аппаратов. К таким недостаткам относятся ограниченный круг применяемых препаратов, нагрев лекарства в процессе небулизации, разрушающий его структуру и меняющий свойства, а также довольно высокая стоимость.

Сравнительные характеристики различных типов ингаляторов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Типы ингаляторов и их характеристики

Типы ингаляторов и характеристики	Паровой ингалятор B.Well WN-118	Масляной ингалятор DoTerra	Ультразвуковой ингалятор Omron NE-C28
Максимальная температура	43–45 °С	не применимо (не нагревает)	не применимо (производит холодный пар)
Выходное давление	0,5–0,6 атм	1–3 бар	0,8 атм
Дисперсность	5–10 мкм	1–5 мкм	3–5 мкм
Время работы	20–30 минут	зависит от масла (30–60 минут)	30 минут
Главный элемент ингалятора	нагревательный элемент	диффузор	ультразвуковая мембрана
Преимущества	положительное воздействие пара, который транспортирует лекарство к очагу воспаления и прогревает дыхательные пути	подогретое масло распыляется, образуя тонкий защитный слой на слизистой оболочке дыхательных путей	узкий диапазон размеров частиц, высокая их плотность и стабильность, способность глубоко проникать в дыхательные пути
Недостатки	термодеструкция лекарственных препаратов, низкая концентрация действующего вещества, поступающего в дыхательные пути, риск ожога горячим паром	риск аллергических реакций, неэффективность при серьезных заболеваниях, необходимость контроля дозировки	неспособны образовывать аэрозоль из вязких лекарственных растворов и суспензий, термодеструкция лекарств, высокая стоимость

Выводы

Корректное применение ингаляционных устройств оказывает значительное влияние на успешность лечения болезней дыхательных путей. Ключевым моментом эффективной ингаляции является осведомленность пациентов о методах и принципах функционирования ингаляторов, что обусловлено их обучением и наличием информационных материалов.

Изучены физико-технические принципы введения лекарственных средств методом ингаляции и технологии, лежащие в основе создания различных типов ингаляторов. Показана роль законов гидродинамики, в частности уравнения Бернулли, в оптимизации аэрозольной терапии.

Объединение физики аэрозолей и клинической практики способно улучшить результаты терапии. Необходимы дальнейшие исследования для создания новаторских решений в области ингаляционной терапии, а также для расширения знаний пациентов о правильном применении ингаляторов. Это позволит не только улучшить контроль над заболеваниями дыхательной системы, но и повысить качество жизни пациентов в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов, А. В. Аэрозоли и ингаляционная терапия / А. В. Баранов. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 320 с.
2. Рябов, Н. И. Уравнения механики жидкости / Н. И. Рябов. – М. : Академический проект, 2005. – 250 с.
3. Авдеев, С. Н. Устройство доставки ингаляционных препаратов при терапии заболеваний дыхательных путей / С. Н. Авдеев. – Рус. мед. журн. – 2002. – Т. 10, № 5. – С. 255–261.