

Биологические и виртуальные модели кровотечений

А.А. АНДРЕЕВ, А.Ю. ЛАПТИЁВА, А.С. КАНИВЕЦ, К.Д. КЕДА

Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко

Кровотечения являются одним из наиболее опасных патологических процессов и хирургических осложнений, последствий травм. При желудочно-кишечных язвенных кровотечениях летальность составляет от 3 до 75%, и связана со следующими патофизиологическими факторами: гиповолемией, эндотоксикозом, парезом кишечника и полиорганной дисфункцией.

Изучение новых способов остановки кровотечений, отработка мастерства и подготовка хирургов, гемостатических характеристик различных препаратов требует воспроизведения максимально реалистичных, максимально приближенных к клиническим условиям моделей кровотечений и является актуальной задачей современной хирургии.

Ключевые слова: кровотечения, моделирование, биологические модели, виртуальные модели

Кровотечения являются одним из наиболее опасных патологических процессов и хирургических осложнений, последствий травм. При желудочно-кишечных язвенных кровотечениях летальность составляет от 3 до 75%, и связана со следующими патофизиологическими факторами: гиповолемией, эндотоксикозом, парезом кишечника и полиорганной дисфункцией [11, 12].

Изучение новых способов остановки кровотечений, отработка мастерства и подготовка хирургов, гемостатических характеристик различных препаратов требует воспроизведения максимально реалистичных, максимально приближенных к клиническим условиям моделей кровотечений.

На сегодняшний день известно значительное количество различных моделей кровотечений на лабораторных животных.

Одной из наиболее удобных является модель воспроизведения данного патологического процесса на паренхиматозных органах брюшной полости: печени и селезенке. Демонстрация интраоперационного кровотечения при травматизации паренхимы печени может выполняться путем выполнения срединной лапаротомии и резекции нижнего края печени [6].

Для демонстрации кровотечения в герметичной полости – травматического разрыва паренхиматозных органов проводили срединную лапаротомию и выполняли травмирование печени путем нанесения удара по ней универсальным ударным аппаратом, либо же отсечением части печени [3]. Важным моментом данного моделирования являлось введение

гепарина из расчета 750 ЕД на 1 кг массы животного [3]. Ключевым моментом является факт послойного ушивания лапаротомной раны, и развитие кровотечения в герметичных условиях [3]. Данная модель способна продемонстрировать травматические разрывы печени, тупые повреждения печени, вызванное гепарином кровотечение с развитием коагулопатии [3].

Модель позволяющая воспроизводить недостаточную герметичность наложенных швов при операциях на органах брюшной полости, показывающая надежность гемостаза может формироваться следующим образом [17]. Проводят оперативное вмешательство на печени с наложением на нее гемостатических швов [17]. Для определения герметичности культи печени посредством шприца с манометром создается давление в общем желчном протоке. В момент разгерметизации швов проводили фиксацию давления на нагнетания на манометре [17].

Развитие желудочно-кишечных кровотечений сопровождается развитием острой печеночной дисфункции, нарушениям гомеостаза, дестабилизации кислотно-основного состояния (КОС), повышению фибринолитической активности крови (ФАК), активации коагуляционной системы крови, синдрому диссеминированного внутрисосудистого свертывания, для изучения которых, повышения качества оказания помощи пациентам с данной нозологией также необходимо создание биологической модели данного патологического процесса [12]. Острое язвенное кровотечение, как правило, развивается в результате

хронического социального и иммобилизационного стрессового воздействия, для воспроизведения данных факторов, животные в течение 4 месяцев проживают в условиях большой скученности, после чего следует иммобилизационная стресс нагрузка в течение 1 месяца (фиксации крыс за лапки на доске спиной вниз в течение 4 часов) [19]. По истечении данного срока почти у всех крыс развиваются эрозивные поражения желудка, наблюдается хроническое язвообразование с развитием острого язвенного кровотечения [19].

Другим способом моделирования желудочно-кишечных кровотечений является воздействие фармакологических препаратов – после двух часов нахождения животных без пищи и воды, им внутривентрикулярно в течение 5 дней вводится индометацин в дозировке 4,5-5 мг/кг, что приводит к 100% язвенно-геморрагическому воздействию на слизистую желудка [19].

В экспериментальных исследованиях применяется способ язвообразования с последующим развитием желудочно-кишечного кровотечения, основанный на применении стрессовых факторов: животных лишали воды и пищи и фиксировали спиной вниз на 12-14 часов при температуре +5°C, при этом производили электрическое воздействие на передние лапки игольчатыми электродами в течение 3 часов при напряжении 5-10 В, частоте 50 Гц, продолжительности импульса 50 м/с.

Для принятия решений и способности оптимально распорядиться материальными ресурсами при лечении больным с желудочно-кишечными кровотечениями помогает разработка организационно-технологической модели с использованием методики IDEF0, основанной на применении подходов структурного анализа и проектирования (SADT), разработанных Дугласом Т. Россом в США в начале 70-х годов [4]. Методика IDEF0 на сегодняшний день помогает выделить ключевые фрагменты деятельности, представить сложные процессы наглядно, обозначить основные критерии эффективности, но охватывает наибольший набор лечебно-диагностических действий при язвенных гастродуоденальных кро-

вотечениях предусмотренных современными клиническими рекомендациями и протоколами [7]. Концепция методики IDEF0 – описание систем графическим языком, его основа – это функциональный блок, который описывает все, что происходит в системе; интерфейсные дуги дают сведения на входе и выходе функционального блока, методах управления, расходуемых ресурсах и применяемых механизмах [4]. В целом все представлено в виде функциональных блоков, каждый из которых содержит процедуры, направленные на получение информации о самочувствии пациента или на изменение его состояния [4]. В начале каждого функционального блока есть пациент в конкретном состоянии с набором необходимых данных, а на выходе этот же пациент с измененными и уточненными данными, сравнительно ясной тактикой действий, которые отражаются на диаграммах, учитываются лечебные диагностические мероприятия, направленные на остановку кровотечения, предупреждение рецидива, возмещение кровопотери и поддержание общего состояния [4]. Методика IDEF0 использует кадровые, материально-технические, организационные возможности лечебного учреждения, шкалу оценки, методы прогноза течения болезни, международные клинические рекомендации, клинические протоколы диагностики и лечения язвенных гастродуоденальных кровотечений [4]. Имитатор является основой информационно-аналитической системы, имеет функцию поддержки принятия врачебных решений.

Моделирование исключительно важно у геронтологических больных, так как у них увеличивается частота встречаемости желудочно-кишечных кровотечений, а частый прием ими на постоянной основе различных антикоагуляционных препаратов требует быстрой диагностики жизнеугрожающих состояний и их лечения высококвалифицированным врачом [8]. Для обучения ведению пациентов с аномальной коагуляцией и наличием кровотечений из нижних отделов желудочно-кишечного тракта используют высокоточный симулятор [8]. При проведении исследований

71% и 86% врачей оценили моделирование как реалистичное и полезное соответственно [8].

Используют подобные модели был разработан графический подход для изучения на тренажере кровотоков при трансуретральной резекции предстательной железы [10]. Самым сложным шагом в создании данного симулятора – это имитация кровотечения [10]. Создавались видеофильмы, изображающие кровотоки во время резекции, в котором кровоточащие сосуды имели различную степень тяжести и положение в условиях переменного потока жидкости и дифференцировались от фоновой анатомии, которые затем обрабатывались в параметрических базах данных [10]. Фильм позиционируется, ориентируется, трансформируется, составляется и зацикливается на виртуальной сцене, легко меняется в зависимости от состояния потока жидкости [10]. Моделирование позволяет создать необходимые структурно-функциональные свойства объекта, их исследование дает новую информацию о состоянии пациента. Модель отражает знания об рассматриваемом объекте или процессе, позволяет получить новые данные.

Заключение. Отработка практических медицинских навыков во все времена была актуальной задачей. Развитие технологий представляет новые возможности для отработки на биологических моделях и тренажерах сложно-воспроизводимых процессов, в том числе, патологических процессов и их осложнений, манипуляций и операций, направленных на их лечение. Применение реалистичных биологических, математических, графических и видеографических моделей, которые дополняют друг друга, позволяет осуществить охват всех знаний по данной проблеме для подготовки высококвалифицированного специалиста. Такие исследования могут лечь в основу разработки новых клинических протоколов или рекомендаций лечения больных с язвенными гастродуоденальными кровотечениями.

Список литературы:

1. Абакумов М. М. Особенности диагностики и определения рациональной лечебной тактики при закрытой

сочетанной травме живота / М. М. Абакумов, Н. В. Лебедев, В. И. Малярчук // Рос. мед. журн. – 2003. - № 2. С.17-20.

2. Боулз, К., Кануто, Д., Теран, Дж., Датсон, Э., Плюрад, Д., Элдридж, Дж. и Бенхараш, П. Современные методы и достижения в моделировании кровоизлияний после травмы. Американский хирург – 2017. - 83(10), 1137-1141.
3. Гаин, Ю. М., Александрова, О. С., Гапанович, В. Н., Владимирская, Т. Э., Шерстюк, Г. В., & Веялкина, Н. Н. Моделирование открытой и закрытой травмы живота, осложнённой смертельным внутрибрюшным кровотечением с признаками геморрагического шока и ДВС-синдрома. Новости хирургии – 2010. - 18 (3), 17-25.
4. Киселев А.Р., Водолазов А.М., Посненкова О.М., Гриднев В.И. Организационно-технологическая модель оказания медицинской помощи больным с артериальной гипертензией. Кардио-ИТ 2014; 1: 0303.
5. Leontiadis, G. I., Sreedharan, A., Dorward, S., Barton, P., Delaney, B., Howden, C. W., Orhewere, M., Gisbert, J., Sharma, V. K., Rostom, A., Moayyedi, P., Forman, D. Систематические обзоры клинической эффективности и экономической эффективности ингибиторов протонной помпы при острых кровотечениях из верхних отделов желудочно-кишечного тракта. Оценка технологий здравоохранения (Винчестер, Англия) - 2007. - 11(51), 164.
6. Майстренко А.Н., Бежин А.И., Липатов В.А., Чижиков Г.М. Определение объема кровопотери при моделировании травм паренхиматозных органов с аппликацией новых гемостатических средств в эксперименте. Innova – 2018. - (2 (11)), 12-14.
7. Методология функционального моделирования IDEF0. Госстандарт России. Москва, 2000; 75 с.
8. Sangal, R. V., Conlon, L. W. Родентицид, Вызывающий Нижние Желудочно-кишечные кровотечения: Резидентное моделирование. МедЕдПОРТАЛ : журнал учебно-методических ресурсов – 2018. - 14, 10729.
9. Романцов М.Н., Чередников Е.Ф., Глухов А.А., Фурсов К.О. Новые технологии эндоскопического гемостаза в протоколе лечения пациентов с гастродуоденальными кровотечениями. Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2018;11(1):16-23.
10. Колесников Д.Л., Ногтева В.Е., Лобанова А.В., Кукош М.В. Оценка риска рецидива язвенного гастродуоденального кровотечения. Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2019;12(1):17-22.
11. Короткевич, А. Г., Антонов, Ю. А., & Кузнецов, В. В. (2005). Язвенные желудочно-кишечные кровотечения: анализ летальности. Медицина в Кузбассе, (1), 26-30.
12. Острые кровотечения в неотложной хирургии / З. М. Чанчиев, А. В. Четкин, А. Ф. Романчишен, Н. К. Пастухова // Вестник Дагестанской государственной медицинской академии. – 2016. – № 2(19). – С. 45-48
13. Королев, М. П. Желудочно-кишечные кровотечения как проблема хирургии! (терапии?) / М. П. Королев // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2012. – Т. 2. – № 5. – С. 226-257.
14. Ганжий, В. В. Органосохраняющие методы оперативных вмешательств в хирургии язв проксимального отдела желудка, осложненных кровотечением / В. В. Ганжий, С. А. Новак // Украинский журнал малоинва-

- живной и эндоскопической хирургии. – 2007. – Т. 11. – № 2. – С. 28-29.
15. Андреев А.А., Ольшанский М.С., Сухочев Е.Н. Эффективность локального гемостаза после эндоваскулярных вмешательств // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. - 2016. - Т. 9. - №3. - С. 196-203
 16. Овчинников И.Ф., Чередников Е.Ф., Глухов А.А., и др. Оптимизация эндоскопической и медикаментозной терапии у больных с желудочно-кишечными кровотечениями // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. - 2016. - Т. 9. - №2. - С. 102-107.
 17. Устройство для исследования герметичности культи печени после оперативного вмешательства в эксперименте / Краснова А.В., Анюров С.А., Катанов Е.С. / Патент на полезную модель RU 153972U / Оpubл. 10.08.2015. Бюл. №22.
 18. Способ оценки надежности гемостаза после травмы печени у мелких лабораторных животных / Кинзерский А.А., Коржук М.С., Долгих В.Т. / Патент на полезную модель RU RU 2657970 C1 / Оpubл. 18.06.2018. Бюл. №17.
 19. Способ экспериментального моделирования стрессиндуцированного развития острого язвенного кровотечения / Семячкина-Глушковская О.В., Бедникова В.А., Кузнецова А.В., Фролов И.А., Семячкин-Глушковский И.А., Капралов С.В., Анищенко Т.Г., Бибикина О.А., Тучин В.В., Шапкин Ю.Г. / Патент на полезную модель RU 2472231 C1 / Оpubл. 10.01.2013 Бюл. № 1.
 20. Шалимов С.А., Радзиховский А.П., Кейсевич Л.В. Руководство по экспериментальной хирургии. Моделирование заболеваний органов пищеварения. Изд-во: Медицина. 1989. С.172-182)