



УДК 531/534:[57+61]

ВНУТРИБРЮШНОЕ ДАВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

В.С. Туктамышев¹, А.Г. Кучумов¹, Ю.И. Няшин¹, В.А. Самарцев², Е.Ю. Касатова³

¹ Кафедра теоретической механики Пермского национального исследовательского политехнического университета, Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, e-mail: helpinvader@list.ru

² Кафедра общей хирургии Пермской государственной медицинской академии имени академика Е.А. Вагнера, Россия, 614990, Пермь, ул. Куйбышева, 39, e-mail: samarcev-v@mail.ru

³ Кафедра акушерства и гинекологии Пермской государственной медицинской академии имени академика Е.А. Вагнера, Россия, 614010, г. Пермь, ул. Героев Хасана, 24, e-mail: elena.kasatova@googlemail.com

Аннотация. В данной статье представлен обзор, посвященный малоизученной проблеме устойчивого повышения внутрибрюшного давления человека. Несмотря на то что негативные эффекты этого явления были замечены ещё в XIX в., должное внимание со стороны учёных данная проблема получила лишь в конце прошлого столетия. Наиболее серьёзную опасность для жизни человека представляет быстро прогрессирующее повышение внутрибрюшного давления, которое приводит к различным патологическим явлениям во всём организме человека. Главным образом страдают сердечно-сосудистая, дыхательная и мочевыделительная системы, что связано с взаимной компрессией отдельных составляющих внутрибрюшного содержимого. Вместе с тем существуют исследования, показывающие неблагоприятное воздействие относительно низких значений внутрибрюшного давления, поэтому наличие предрасполагающих факторов у пациента требует тщательного мониторинга внутрибрюшного давления и профилактических мероприятий, направленных на уменьшение риска его повышения. Мировым научным сообществом, исследующим представленную проблему, разработаны критерии, по которым определяются степень тяжести и выбор способа лечения внутрибрюшной гипертензии. Несмотря на это, современные клинические наблюдения показывают расхождения с данными критериями, так как пороговые значения внутрибрюшного давления зависят от множества параметров и для каждого человека индивидуальны. Этим обосновано изучение патологических проявлений повышения внутрибрюшного давления человека как междисциплинарной проблемы, в том числе и с точки зрения биомеханики. Предполагается, что подобное исследование может быть проведено в рамках проекта «Виртуальный физиологический человек».

Ключевые слова: внутрибрюшное давление, синдром интраабдоминальной гипертензии, биомеханическое моделирование, проект «Виртуальный физиологический человек».

ВВЕДЕНИЕ

«... Мы обратили внимание, теперь пришло время, чтобы понять!» – именно такими словами начинается одна из научных публикаций, посвящённых патологическому повышению давления внутри брюшной полости человека [16].

© Туктамышев В.С., Кучумов А.Г., Няшин Ю.И., Самарцев В.А., Касатова Е.Ю., 2013

Туктамышев Вадим Саитзянович, к.ф.-м.н., доцент кафедры теоретической механики, Пермь

Кучумов Алексей Геннадьевич, к.ф.-м.н., доцент кафедры теоретической механики, Пермь

Няшин Юрий Иванович, д.т.н., завкафедрой теоретической механики, Пермь

Самарцев Владимир Аркадьевич, д.м.н., завкафедрой общей хирургии лечебного факультета, Пермь

Касатова Елена Юрьевна, к.м.н., доцент кафедры акушерства и гинекологии, Пермь

Авторы статьи обозначают опасность недопонимания серьезной проблемы, изучением которой научное сообщество занялось относительно недавно. Речь идёт о тяжелейшем состоянии здоровья человека, связанном с прогрессирующим повышением внутрибрюшного давления. Без проведения адекватного лечения такого состояния летальность достигает 100% [24]!

В представленной работе сделана попытка систематизации данных о повышенном внутрибрюшном давлении человека. На основе приведённого обзора сформулирована актуальность разработки биомеханической модели в рамках рассматриваемой проблемы.

Первые исследования внутрибрюшного давления были проведены ещё в XIX в. [6, 7, 35]. Так, *Marey* в 1863 г. и *Burt* в 1870 г. описали связь дыхательных движений с колебаниями внутрибрюшного давления. В 1876 г. *Wendt* обнаружил негативное влияние внутрибрюшной гипертензии на способность почек к выработыванию мочи. *Quincke* в 1878 г. установил, что у пациентов с асцитом наблюдается высокое внутрибрюшное давление и связанное с этим нарушение оттока венозной крови из органов брюшной полости.

В начале XX в. *Emerson* с помощью серии экспериментов на собаках обнаружил тенденцию к возрастанию сопротивления венозных сосудов при повышении внутрибрюшного давления, что в результате приводило к сердечной недостаточности [19]. Более поздние исследования (*Ogilvie* (1940), *Baggot* (1951)) были посвящены разработке правильной тактики закрытия хирургических ран передней брюшной стенки после операций на органах брюшной полости. Необходимость в этом появилась из-за регистрации большого числа случаев внутрибрюшной гипертензии, обусловленной уменьшением объёма брюшной полости при ушивании хирургических разрезов её оболочки [48].

В дальнейшем наблюдался рост числа публикаций, посвящённых клиническим наблюдениям за пациентами с внутрибрюшной гипертензией [10, 11, 14, 25, 28, 39–42]. Среди этих работ следует отметить исследование 1984 г., в котором *Kron* с соавт. описали метод непрямого измерения внутрибрюшного давления с помощью катетера, помещённого в мочевой пузырь [25].

В 1989 г. был предложен термин «*abdominal compartment syndrome*» как крайне тяжёлое состояние, связанное с длительным повышением внутрибрюшного давления и приводящее в конечном итоге к дисфункции органов и тканей [21]. В русскоязычной литературе это состояние принято называть синдромом интраабдоминальной гипертензии.

В настоящее время существует множество исследований, связанных с определением, этиологией, патогенезом и лечением данного заболевания.

АНАТОМИЯ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ

Брюшная полость (полость живота) – пространство, расположенное в туловище ниже диафрагмы и целиком заполненное органами и жидкостью. В этом пространстве находятся желудок, двенадцатипёрстная кишка, тонкий и толстый кишечники, печень, поджелудочная железа, селезенка, почки, надпочечники, мочеточники, часть мочеиспускательного канала, внутренние половые органы. Кроме того, вдоль задней стенки брюшной полости проходят крупные кровеносные (брюшная часть аорты, нижняя полая вена) и лимфатические сосуды. Серозная жидкость, выстилающая внутрибрюшное содержимое, обеспечивает низкий коэффициент трения между отдельными его частями. Количество этой жидкости в норме не превышает 50 мл [35].

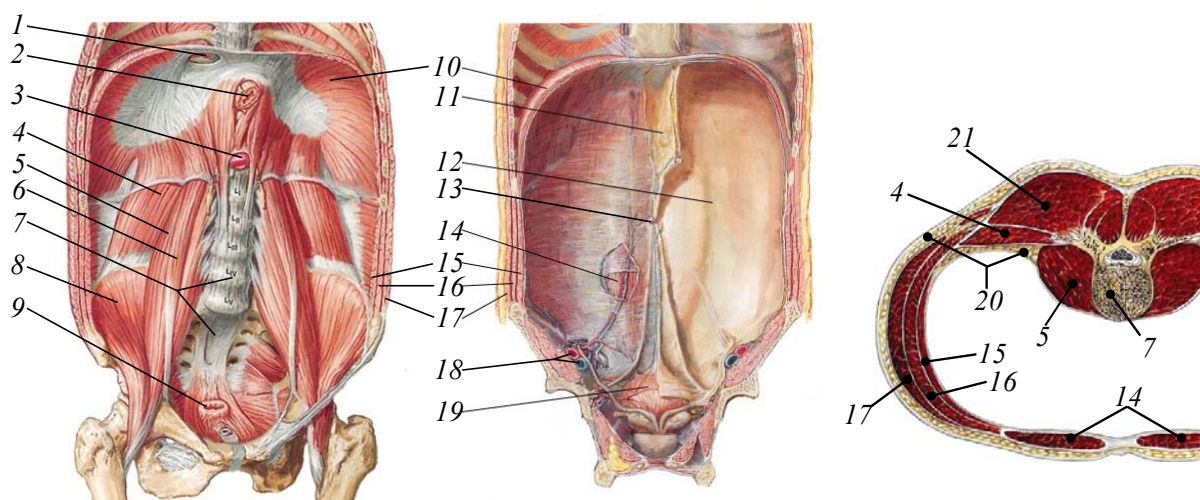


Рис. 1. Оболочка брюшной полости: 1 – отверстие полой вены; 2 – пищевод; 3 – брюшная аорта; 4 – квадратная поясничная мышца; 5 – большая поясничная мышца; 6 – малая поясничная мышца; 7 – позвоночник; 8 – подвздошная мышца; 9 – прямая кишка; 10 – диафрагма; 11 – серповидная связка; 12 – брюшина; 13 – пупок; 14 – прямая мышца живота; 15 – поперечная мышца живота; 16 – внутренняя косая мышца живота; 17 – наружная косая мышца живота; 18 – наружные подвздошные сосуды; 19 – мочевого пузырь; 20 – жировая ткань; 21 – мышца, выпрямляющая туловище

Оболочку полости живота можно условно разделить на четыре части. Сверху брюшное пространство ограничено диафрагмой, сзади – поясничным отделом позвоночного столба и мышцами поясницы, спереди и с боков – мышцами живота, снизу – диафрагмой таза [2, 5] (рис. 1). Следует отметить, что передняя и боковые части оболочки брюшной полости являются эластичными. Это обеспечивает соответствие между постоянно изменяющимся объёмом содержимого брюшной полости и объёмом, заключённым внутри её оболочки.

ВНУТРИБРЮШНОЕ ДАВЛЕНИЕ

При достаточно большом количестве внутрибрюшного содержимого в оболочке полости живота могут возникнуть напряжения, препятствующие свободному расширению. Это, в свою очередь, может привести к возникновению **внутрибрюшного давления**, т.е. взаимной компрессии внутрибрюшных масс и их давлению на оболочку брюшной полости.

Нормальный уровень внутрибрюшного давления у человека в среднем колеблется от 0 до 5 мм рт. ст. [1]. Строго говоря, этот уровень зависит от множества факторов, таких как состояние мышц брюшной стенки, степень ожирения, наполнение полых органов, параметры дыхания и т.д. [11, 44], поэтому в некоторых случаях нормальным может считаться более высокое давление. Например, организм беременной может адаптироваться к хроническому повышению внутрибрюшного давления до 10–15 мм рт. ст. [13]. Остаётся предметом дискуссий и уровень внутрибрюшного давления, определяющий синдром интраабдоминальной гипертензии. Из-за неугасающих споров в 2004 г. на первой конференции Всемирного сообщества по изучению синдрома интраабдоминальной гипертензии (*World Society of the Abdominal Compartment Syndrome*) были определены значения внутрибрюшного давления, соответствующие различным степеням тяжести (табл. 1) [50]. Приведённая классификация основана на усреднённых результатах многолетних клинических и экспериментальных наблюдений [32]. Несмотря на это, в настоящее время некоторые авторы приводят иные пороговые значения внутрибрюшной гипертензии [45].

Таблица 1

Параметры внутрибрюшного давления

Параметр	Описание
Измерение	Внутрибрюшное давление, мм рт. ст., следует измерять в конце выдоха в горизонтальном положении при отсутствии напряжений мышц брюшной стенки с помощью датчика, обнуляемого на уровне средне-подмышечной линии. Эталонным является измерение через мочевой пузырь посредством вливания в него 25 мл стерильного физиологического раствора
Норма	До 5–7 мм рт. ст.
Внутрибрюшная гипертензия (<i>intraabdominal hypertension</i>)	Устойчивое или повторное патологическое повышение ВБД ≥ 12 мм рт. ст.
Классификация внутрибрюшной гипертензии	1-я степень: 12–15 мм рт. ст.; 2-я степень: 16–20 мм рт. ст.; 3-я степень: 21–25 мм рт. ст.; 4-я степень: > 25 мм рт. ст.
Синдром интраабдоминальной гипертензии (<i>abdominal compartment syndrome</i>)	Определяется устойчивой внутрибрюшной гипертензией более 20 мм рт. ст., связанной с возникающей органной дисфункцией/ недостаточностью

ФАКТОРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЮ ВНУТРИБРЮШНОГО ДАВЛЕНИЯ

Причины, приводящие к внутрибрюшной гипертензии, можно условно разделить на три группы:

- 1) факторы, приводящие к увеличению объёма содержимого брюшной полости;
- 2) факторы, уменьшающие объём, образуемый оболочкой брюшной полости;
- 3) факторы, уменьшающие эластичность передней брюшной стенки.

К первой группе можно отнести патологические факторы, такие как заболевания органов брюшной полости (кишечная непроходимость, перитонит, асцит, опухоли и т.д.), пневмоперитонеум (скопление газа в брюшной полости, например, при перфорации язвы), гемоперитонеум (скопление крови в брюшной полости, например, при закрытых травмах живота), а также физиологические факторы, не влекущие за собой вреда организму человека, к примеру, беременность и переедание.

Следует отметить, что методы лечения некоторых заболеваний, не связанных с повышением внутрибрюшного давления, могут также приводить к резкому и весьма длительному увеличению объёма содержимого брюшной полости за счёт патологического скопления в ней жидкости, что в конечном итоге вызывает синдром интраабдоминальной гипертензии. Одним из таких методов является массивная инфузионная терапия, основанная на введении большого количества различных растворов в организм пациента. В исследовании [32] показано, что в 77,5% случаев данный вид интенсивной терапии приводит к ярко выраженной внутрибрюшной гипертензии. С точки зрения статистики, это самый главный фактор, вызывающий устойчивое повышение внутрибрюшного давления и поэтому требующий особого внимания.

Одним из важнейших факторов второй группы представленной классификации является сокращение мышц передней брюшной стенки. Именно напряжение так называемого брюшного пресса способно сократить объём брюшной полости до экстремальных с точки зрения внутрибрюшного давления величин. Например, в момент поднятия штанги внутрибрюшное давление у профессиональных спортсменов может подниматься до 375 мм рт. ст. [34]. Впрочем, столь высокая гипертензия, как правило, не приводит к серьёзным негативным эффектам ввиду кратковременности периода повышенного давления. По аналогичной причине внутрибрюшное давление поднимается при кашле (до 120 мм рт. ст.), смехе (до 67 мм рт. ст.), сгибании и разгибании туловища (до 38 и 140 мм рт. ст. соответственно) и т.д. [33].

Сокращению объёма, образуемого оболочкой брюшной полости, способствуют также хирургические вмешательства, а именно ушивание лапоротомной раны (хирургического разреза брюшной полости) в условиях натяжения её краёв. В большинстве случаев это приводит к устойчивому повышению внутрибрюшного давления (до 15 мм рт. ст.) [25]. Для предотвращения данной проблемы мировой хирургической практикой предлагается множество методов, которые достаточно подробно изложены в работе [1].

Среди факторов, уменьшающих эластичность передней стенки брюшной полости, можно выделить обширные ожоги поверхности брюшной оболочки, а также ожирение. В этих случаях наблюдается низкая податливость брюшной стенки, что, в свою очередь, снижает её способность к компенсации несоответствия между вместимостью и содержимым брюшной полости [37, 38, 46].

Влияние ВНУТРИБРЮШНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

По итогам многолетних наблюдений было доказано, что длительное повышение внутрибрюшного давления влечёт за собой множественные патологические изменения в организме человека. Негативное влияние установившейся внутрибрюшной гипертензии наблюдаются уже при 10 мм рт. ст. [30, 45]. Главным образом страдают сердечно-сосудистая, дыхательная и мочевыделительная системы.

Влияние на сердечно-сосудистую систему. Как уже было отмечено ранее, впервые нарушение кровотока, связанного с внутрибрюшной гипертензией, наблюдал *Quinke* ещё в 1878 г. Современные исследования объясняют такое ухудшение гемодинамики тем, что кровеносные сосуды брюшной полости частично или полностью пережимаются окружающими органами и тканями [26, 47, 49]. В особенности это касается нижней полой вены, проходящей вдоль внутренней части задней стенки брюшной полости (рис. 2). Главной задачей этого сосуда является доставка венозной крови из нижней конечности и органов брюшной полости к сердцу. Таким образом, механическое сдавливание нижней полой вены при внутрибрюшной гипертензии значительно ухудшает возврат большого объёма крови в сердце. Для компенсации нарастающего дефицита миокард отвечает более сильными и частыми сокращениями, которые приводят к быстрому утомлению сердечной мышцы, что в конечном итоге выражается в виде прогрессирующей сердечной недостаточности (рис. 3).

Сдавливание сосудов брюшной полости, обусловленное повышенным давлением в ней, ведёт также к нарушению кровоснабжения органов желудочно-кишечного тракта, в результате чего развивается полиорганная дисфункция [11].

Влияние на дыхательную систему. Повышенное внутрибрюшное давление смещает купол диафрагмы в грудную клетку. Это приводит к уменьшению различных функциональных показателей дыхания, таких как жизненная ёмкость лёгких, дыхательный объём и др. Коллабируются (спадаят) альвеолы и лёгочная ткань в целом. Таким образом, при достаточно длительной внутрибрюшной гипертензии эффективность дыхания резко ухудшается [9, 36] (см. рис. 3).

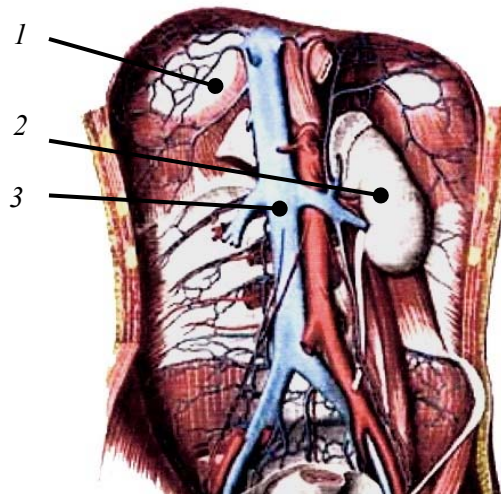


Рис. 2. Задняя стенка брюшной полости (вид изнутри): 1 – диафрагма; 2 – левая почка; 3 – нижняя полая вена

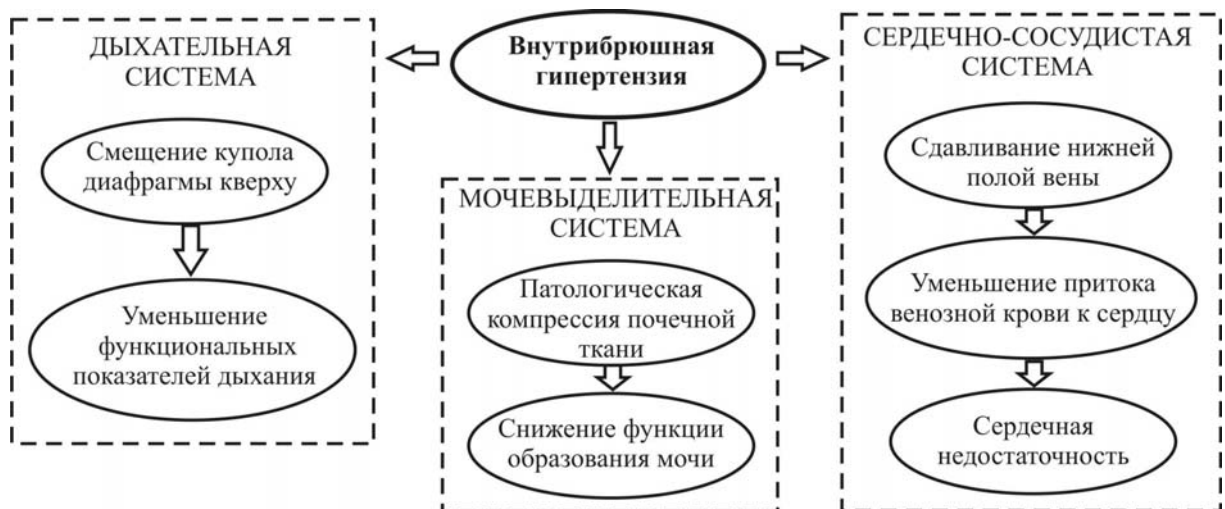


Рис. 3. Влияние внутрибрюшной гипертензии на различные системы организма человека

Влияние на мочевыделительную систему. Длительная компрессия почечной паренхимы окружающими органами и тканями при повышенном внутрибрюшном давлении способствует развитию почечной недостаточности, т.е. уменьшению скорости образования мочи [18]. Уже при первой степени внутрибрюшной гипертензии наблюдается двукратное снижение мочевыделения. Полное прекращение мочевыделения (анурия) наступает при повышении внутрибрюшного давления до 30 мм рт. ст. [29] (см. рис. 3).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что синдром интраабдоминальной гипертензии связан с функциональными нарушениями целых систем организма человека, поэтому наличие предрасполагающих факторов должно сопровождаться обязательным мониторингом внутрибрюшного давления, а устойчивое его повышение – адекватным лечением.

ЛЕЧЕНИЕ СИНДРОМА ИНТРААБДОМИНАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

Целью существующих методов интенсивной терапии при устойчивой внутрибрюшной гипертензии является уменьшение объема содержимого брюшной полости. Выбор способа лечения зависит от степени тяжести пациента.

В случаях относительно низких давлений в брюшной полости (до 20 мм рт. ст.) рекомендуют консервативную терапию в виде удаления желудочного содержимого, постановки клизм, интубаций кишечника (введение трубок в тонкую или толстую кишку для их опорожнения), применения мочегонных препаратов и др. При длительном повышении внутрибрюшного давления свыше 20 мм рт. ст. консервативные методы оказываются неэффективными [11, 31].

Ведущее значение при лечении синдрома интраабдоминальной гипертензии принадлежит хирургическим методам [6], основанным на декомпрессии брюшной полости путём рассечения её передней стенки. Проведение хирургической декомпрессии в течение 6 ч после первых проявлений синдрома интраабдоминальной гипертензии сокращает летальность до 20% [45].

Главной проблемой хирургического лечения остаётся вопрос о закрытии лапаротомной раны, так как, согласно вышеупомянутой причине раннее ушивание разреза стенки брюшной полости в условиях чрезмерного стягивания его краёв может привести к повторному росту внутрибрюшного давления. Лечение пациента с открытой лапаротомной раной также является неудовлетворительным из-за возможных осложнений (инфицирование раневой поверхности и т.д.). В связи с этим в современных медицинских исследованиях предлагаются методики этапного хирургического лечения с использованием специальных устройств, налагаемых на лапаротомный разрез [1, 17, 27]. Выбор оптимальной тактики ведения хирургической декомпрессии брюшной полости остаётся предметом дискуссий.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ВНУТРИБРЮШНОГО ДАВЛЕНИЯ

Установленные на сегодняшний день стандартизованные величины внутрибрюшного давления являются усреднёнными и не всегда отражают реальное состояние того или иного пациента, поэтому важным аспектом при лечении и профилактике внутрибрюшной гипертензии является учёт индивидуальных особенностей, таких как механические свойства различных элементов брюшной полости. Таким образом, к проблеме внутрибрюшной гипертензии следует применять междисциплинарный подход, одним из важнейших направлений которого является комплексное биомеханическое моделирование, отражающее механическое взаимодействие между отдельными составляющими внутрибрюшного содержимого у конкретного человека.

Необходимо отметить, что в мировой научной литературе можно встретить работы, посвящённые изучению внутрибрюшного давления с точки зрения биомеханики. Однако основной интерес в этих работах уделяется исследованию зависимости между повышением внутрибрюшного давления и уменьшением напряжений сжатия в межпозвоночных дисках поясничного отдела позвоночника. При этом авторы опираются либо на собственные экспериментальные данные [22, 23], либо на биомеханические модели, оценивающие усилия в мышцах полости живота [8, 12, 15, 20, 43].

Тезис о междисциплинарности описываемой проблемы подтверждает и тот факт, что повышение давления внутри брюшной полости сказывается практически на всём организме человека (см. рис. 3).

Предполагается, что создание описываемой модели возможно в рамках проекта «Виртуальный физиологический человек», одной из главных целей которого является клиническая интеграция данных, достигаемая построением технологических мостов между областями специализации и обучением мультидисциплинарных специалистов [3, 4]. Такая интеграция данных чрезвычайно важна для патологии, имеющей комплексную этиологию.

Выводы

Представленный в данной работе обзор позволяет сделать вывод о важности внутрибрюшного давления. Вместе с другими показателями состояния организма человека данный параметр может использоваться для комплексного анализа различных патологий. Длительное повышение внутрибрюшного давления (внутрибрюшная гипертензия) проявляется в виде системных нарушений и может привести к тяжёлым последствиям. Таким образом, изучение внутрибрюшной гипертензии человека является актуальной задачей. При этом важным направлением в контексте данной задачи является биомеханическое моделирование, которое, по мнению авторов, позволит ответить на некоторые вопросы о взаимодействии внутренних органов и сосудов брюшной полости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельфанд Б.Р., Проценко Д.Н., Подачин П.В., Чубченко С.В., Лапина И.Ю. Синдром интраабдоминальной гипертензии: состояние проблемы // Медицинский алфавит. Неотложная медицина. – 2010. – Т. 12, №3. – С. 36–43.
2. Задняя стенка брюшной полости [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bone-surgery.ru>. (дата обращения: 12.01.2013).
3. Кучумов А.Г., Няшин Ю.И., Самарцев В.А., Гаврилов В.А., Менар М. Моделирование билиарной системы как шаг к построению виртуальной модели физиологии человека // Российский журнал биомеханики. – 2011. – Т. 15, № 2. – С. 32–48.
4. Няшин Ю.И., Еловикова А.Н., Коркодинов Я.А., Никитин В.Н., Тотьмянина А.В. Взаимодействие зубочелюстной системы с другими системами организма в рамках концепции виртуального физиологического человека // Российский журнал биомеханики. – 2011. – Т. 15, № 3. – С. 8–26.
5. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека: в 3 т. – М.: Медгиз, 1963. – Т. 1. – 477 с.
6. Хрипун А.И., Кузнецов Н.А., Махуова Г.Б., Перевезенцев И.Ю., Сатторов И.А. Синдром интраабдоминальной гипертензии. История и современное состояние вопроса // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2010. – № 3. – С. 374–378.
7. Abdominal compartment syndrome [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.trauma.org/archive/history/acs.html> (дата обращения: 14.01.2013).
8. Bartelink D.L. The role of abdominal pressure in relieving the pressure on the lumbar intervertebral discs // Journal of Bone and Joint Surgery. – 1957. – Vol. 39. – P. 718–725.
9. Bloomfield G.L., Ridings P.C., Blocher C.R. A proposed relationship between increased intra-abdominal, intrathoracic and intracranial pressure // Critical Care Medicine. – 1997. – Vol. 25, No. 3. – P. 496–503.
10. Caldwell C.B., Ricotta J.J. Changes in visceral blood flow with elevated intraabdominal pressure // Journal of Surgery Research. – 1987. – Vol. 43. – P. 14–20.
11. Cheatham M.L., Malbrain M.L., Kirkpatrick A., Sugrue M., Parr M., De Waele J., Balogh Z., Leppaniemi A., Olvera C., Ivatury R., D'Amours S., Wendon J., Hillman K., Wilmer A. Results from the International conference of experts on intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome. II. Recommendations // Intensive Care Medicine. – 2007. – Vol. 33, No. 6. – P. 951–962.
12. Cholewicki J., Juluru K., McGill S.M. Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine // Journal of Biomechanics – 1999. – Vol. 32. – P. 13–17.
13. Chun R., Baghirzada L., Tiruta C., Kirkpatrick A.W. Measurement of intra-abdominal pressure in term pregnancy: a pilot study // International journal of obstetric anesthesia. – 2012. – Vol. 21, No. 2. – P. 135–139.
14. Cullen D.J., Coyle J.P., Teplick R., Long M.C. Cardiovascular, pulmonary, and renal effects of massively increased intra-abdominal pressure in critically ill patients // Critical Care Medicine. – 1989. – Vol. 17. – P. 118–121.
15. Daggfeldt K., Thorstensson A. The role of intra-abdominal pressure in spinal unloading // Journal of Biomechanics. – 1997. – Vol. 30, No. 11/12. – P. 1149–1155.
16. De Waele J.J., De Laet I., Malbrain M.L. Intraabdominal hypertension and abdominal compartment syndrome: we have paid attention, now it is time to understand! // Acta Clinica Belgica. – 2007. – Vol. 62. – S6–S8.
17. De Waele J.J., Hoste E.A.J., Malbrain M.L. Decompressive laparotomy for abdominal compartment syndrome – a critical analysis // Critical Care. – 2006. – Vol. 10, No. 2. – P. 51.
18. Doty J.M., Saggi B.H., Blocher C.R., Fakhry I., Gehr T., Sica D., Sugerman H.J. Effects of increased renal parenchymal pressure on renal function // Journal of trauma. – 2000. – Vol. 48, No. 5. – P. 874–877.

19. Emerson H. Intra-abdominal pressures // *Archives of internal medicine*. – 1911. – Vol. 7, No. 6. – P. 754–784.
20. Essendrop M., Andersen T.B., Schibye B. Increase in spinal stability obtained at levels of intra-abdominal pressure and back muscle activity realistic to work situations // *Applied Ergonomics*. – 2002. – Vol. 33. – P. 471–476.
21. Fietsam R., Villalba M., Glover J.L., Clark K. Intra-abdominal compartment syndrome as a complication of ruptured abdominal aortic aneurysm repair // *American surgeon*. – 1989. – Vol. 55. – P. 396–402.
22. Hodges P.W., Cresswell A.G., Daggfeldt K., Thorstensson A. *In vivo* measurement of the effect of intra-abdominal pressure on the lumbar spine // *Journal of Biomechanics*. – 2001. – Vol. 34. – P. 347–353.
23. Hodges P.W., Eriksson A.E., Shirley D., Gandevia S.C. Intra-abdominal pressure and abdominal wall muscular function: spinal unloading mechanism // *Journal of Biomechanics*. – 2005. – Vol. 38. – P. 1873–1880.
24. Kimball E.J., Rollins M.D., Mone M.C., Hansen H.J., Baraghoshi G.K., Johnston C., Day E.S., Jackson P.R., Payne M., Barton R.G. Survey of ICU physicians on the recognition and management of intraabdominal hypertension and abdominal compartment syndrome // *Critical Care Medicine*. – 2006. – Vol. 34, No. 9. – P. 2340–2348.
25. Kron I.L., Harman P.K., Nolan S.P. The measurement of intra-abdominal pressure as a criterion for abdominal re-exploration // *Annals of surgery*. – 1984. – Vol. 199, No. 1. – P. 28–30.
26. Kuntscher M.V., Germann G., Hartmann B. Correlations between cardiac output, stroke volume, central venous pressure, intraabdominal pressure and total circulating blood volume in resuscitation of major burns // *Resuscitation*. – 2006. – Vol. 70, No. 1. – P. 37–43.
27. Leppaniemi A. Surgical management of abdominal compartment syndrome; indications and techniques // *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and emergency medicine*. – 2009. – Vol. 17. – P. 17.
28. Lenz R.J., Thomas T.A., Wilkins D.G. Cardiovascular changes during laparoscopy // *Anaesthesia*. – 1976. – Vol. 31. – P. 4–12.
29. Malbrain M.L. Abdominal pressure in the critically ill // *Current opinion in critical care*. – 2000. – Vol. 6, No. 1. – P. 17–29.
30. Malbrain M.L. Is it wise not to think about intraabdominal hypertension in the ICU? // *Current opinion in critical care*. – 2004. – Vol. 10, No. 2. – P. 132–145.
31. Malbrain M.L., Cheatham M.L., Kirkpatrick A., Sugrue M., Parr M., De Waele J., Balogh Z., Leppaniemi A., Olvera C., Ivatury R., D'Amours S., Wendon J., Hillman K., Johansson K., Kolkman K., Wilmer A. Results from the International conference of experts on intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome. I. Definitions // *Intensive Care Medicine*. – 2006. – Vol. 32, No. 11. – P. 1722–1732.
32. Malbrain M.L., Chiumello D., Pelosi P., Bihari D., Innes R., Ranieri V.M., Del Turco M., Wilmer A., Brienza N., Malcangi V., Cohen J., Japiassu A., De Keulenaer B.L., Daelemans R., Jacquet L., Laterre P.F., Frank G., De Souza P., Cesana B., Gattinoni L. Incidence and prognosis of intraabdominal hypertension in a mixed population of critically ill patients: A multiple-center epidemiological study // *Critical Care Medicine*. – 2005. – Vol. 33, No. 2. – P. 315–322.
33. Mens J., Van Dijke G.H., Pool-Goudzwaard A., Van Der Hulst V., Stam H. Possible harmful effects of high intra-abdominal pressure on the pelvic girdle // *Journal of Biomechanics*. – 2006. – Vol. 39, No. 4. – P. 627–635.
34. Miyamoto K., Linuma N., Maeda M., Wada E., Shimizu K. Effect of abdominal belts on intra-abdominal pressure, intra-muscular pressure in erector spinae muscles and myoelectrical activities of trunk muscles // *Clinical Biomechanics*. – 1999. – Vol. 14, No. 2. – P. 79–87.
35. Norton J.A., Barie P.S., Bollinger R.R., Chang A.E., Lowry S.F., Mulvihill S.J., Pass H.I., Thomson R.W. *Surgery: basic science and clinical evidence*. – Springer, 2008. – 2442 p.
36. Obeid F., Saba A., Fath J. Increases in intra-abdominal pressure affect pulmonary compliance // *Archives of Surgery*. – 1995. – Vol. 130. – P. 544–548.
37. Oda J., Ueyama M., Yamashita K., Inoue T., Noborio M., Ode Y., Aoki Y., Sugimoto H. Hypertonic lactated saline resuscitation reduces the risk of abdominal compartment syndrome in severely burned patients // *Journal of Trauma*. – 2006. – Vol. 60, No. 1. – P. 64–71.
38. O'Mara M.S., Slater H., Goldfarb I.W., Caushaj P.F. A prospective, randomized evaluation of intra-abdominal pressures with crystalloid and colloid resuscitation in burn patients // *Journal of Trauma*. – 2005. – Vol. 58, No. 5. – P. 1011–1028.
39. Ravitch M.M. Omphalocle: secondary repair with the aid of pneumoperitoneum // *Archives of Surgery*. – 1969. – Vol. 99. – P. 166–170.
40. Richardson J.D., Trinkle J.K. Hemodynamic and respiratory alterations with increased intra-abdominal pressure // *Journal of surgical research*. – 1976. – Vol. 20. – P. 401–404.
41. Shenansky J.H., Gillenwater J.Y. The renal hemodynamic and functional effects of external counterpressure // *Surgery, gynecology & obstetrics*. – 1972. – Vol. 134. – P. 253–258.

42. Smith J.H., Merrell R.C., Raffin T.A. Reversal of postoperative anuria by decompressive celiotomy // Archives of internal medicine. – 1985. – Vol. 145. – P. 553–554.
43. Stokes I.A.F., Gardner-Morse M.G., Henry S.M. Intra-abdominal pressure and abdominal wall muscular function: spinal unloading mechanism // Clinical Biomechanics. – 2010. – Vol. 25, No. 9. – P. 859–866.
44. Sugerman H., Windsor A., Bessos M., Wolfe L. Intra-abdominal pressure, sagittal abdominal diameter and obesity co-morbidity // Journal of internal medicine. – 1997. – Vol. 241, No. 1. – P. 71–79.
45. Surgue M. Abdominal compartment syndrome // Current opinion in critical care. – 2005. – Vol. 11, No. 4, – P. 333–338.
46. Tuggle D.W., Skinner S.L., Garza J., Blot S. The abdominal compartment syndrome in burned patients // Acta Clinica Belgica. – 2007. – Vol. 62. – S136–S140.
47. Valenza F., Irace M., Guglielmi M., Gatti S., Bottino N., Tedesco C., Maffioletti M., Maccagni P., Fossali T., Aletti G., Gattinoni L. Effects of continuous negative extra-abdominal pressure on cardiorespiratory function during abdominal hypertension: an experimental study // Intensive Care Medicine. – 2005. – Vol. 31, No. 1. – P. 105–111.
48. Van Hee R. Historical highlights in concept and treatment of abdominal compartment syndrome // Acta Clinica Belgica. – 2007. – Vol. 62. – S9–S15.
49. Vivier E., Metton O., Piriou V., Lhuillier F., Cottet-Emard J.M., Branche P., Duperret S., Viale J.P. Effects of increased intra-abdominal pressure on central circulation // British journal of anaesthesia. – 2006. – Vol. 96, No. 6. – P. 701–707.
50. World society of the abdominal compartment syndrome [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.wsacs.org> (дата обращения: 12.01.2013).

INTRA-ABDOMINAL PRESSURE OF HUMAN

**V.S. Tuktamyshev, A.G. Kuchumov, Yu.I. Nyashin,
V.A. Samarcev, E.Yu. Kasatova (Perm, Russia)**

The given paper contains a review of the little-known problem of the human intra-abdominal pressure steady increase. Despite the fact, that the negative effects of this phenomenon have been detected in the XIX century, this problem has begun to be developed by the scientists only from the end of the XX century. Rapid progressive increase in the intra-abdominal pressure leading to various pathological phenomena in the whole body is dangerous to human life. It mainly affects the cardiovascular, the respiratory, and the urinary systems due to the compression of the individual components of the mutual abdominal contents. Nevertheless, there are studies showing the adverse effects of insufficient intra-abdominal pressure values. Therefore, the presence of predisposing factors in the patient requires a close monitoring of the intra-abdominal pressure and prophylactic measures to reduce the risk of its increase. The international scientific community, which is involved in the given problem investigation, worked out the criteria determining the disease severity and treating methods for abdominal hypertension reduce. Despite this fact, the current clinical observations show discrepancies with the data standards because abdominal pressure thresholds are patient-specific and depend on many parameters. This justified the study of pathological features of an increased intra-abdominal pressure as multi-disciplinary problem including biomechanics. It is assumed that such a study may be conducted within the framework of the «Virtual Physiological Human» concept.

Key words: intra-abdominal pressure, abdominal compartment syndrome, biomechanical modelling, Virtual Physiological Human (VPH).

Получено 01 марта 2013