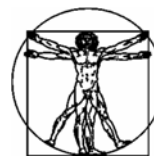


УДК

**Российский
Журнал
Биомеханики**
www.biomech.ru

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

Туктамышев В С Кучумов А Г Няшин Ю И Самарцев В А Касатова Е Ю
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

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 1860 г. Так *Marey* в 1860 г. и *Burt* в 1860 г. описали связь дыхательных движений с колебаниями внутрибрюшного давления. В 1860 г. *Wendt* обнаружил негативное влияние внутрибрюшной гипертензии на способность почек к выработыванию мочи. *Quinke* в 1860 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 1860-х гг. *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.

Более поздние исследования *Ogilvie* и *Baggot* 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.

В дальнейшем наблюдался рост числа публикаций, посвящённых клиническим наблюдениям за пациентами с внутрибрюшной гипертензией.

Среди этих работ следует отметить исследование 1960 г. в котором *Kron* с соавт. описали метод непрямого измерения внутрибрюшного давления с помощью катетера, помещённого в мочевой пузырь.

В 1960 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. В русскоязычной литературе это состояние принято называть синдромом интраабдоминальной гипертензии.

В настоящее время существует множество исследований, связанных с определением этиологии, 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 сосуды: 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 100 мл.

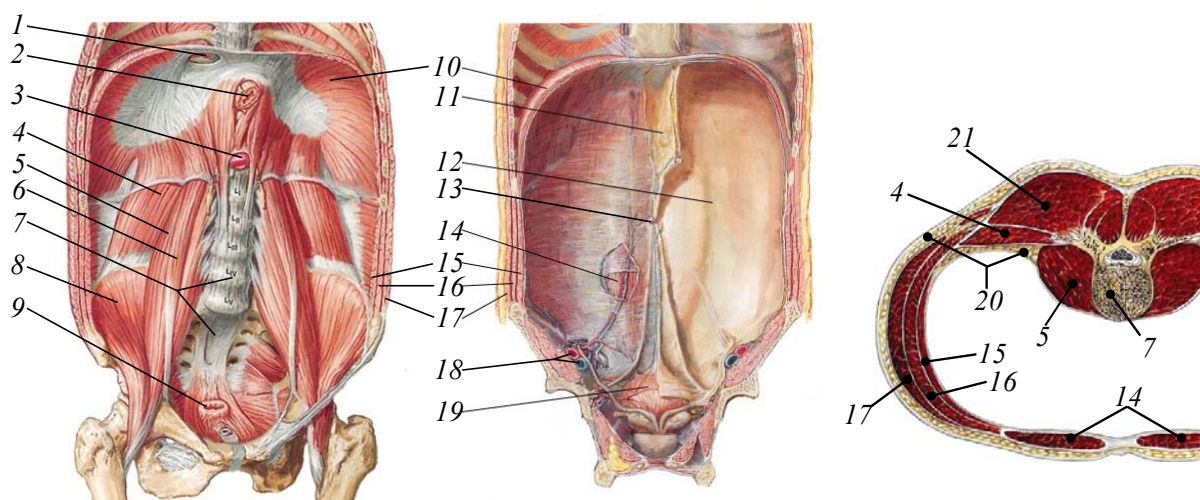


Рис Оболочка брюшной полости 1 отверстие полой вены 2 пищевод 3 брюшная аорта 4 квадратная поясничная мышца 5 большая поясничная мышца 6 малая поясничная мышца 7 позвоночник 8 подвздошная мышца 9 прямая кишка 10 диафрагма 11 серповидная связка 12 брюшина 13 пупок 14 прямая мышца живота 15 поперечная 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. рис 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 12 мм рт.ст. Строго говоря, этот уровень зависит от множества факторов, таких как состояние мышц брюшной стенки, степень ожирения, наполнение полых органов, параметры дыхания и т.д. поэтому в некоторых случаях нормальным может считаться более высокое давление. Например, организм беременной может адаптироваться к хроническому повышению внутрибрюшного давления до 12-15 мм рт.ст. Остаётся предметом дискуссий и уровень внутрибрюшного давления, определяющий синдром интраабдоминальной гипертензии. Из-за неугасающих споров в 1996 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. Приведённая классификация основана на усреднённых результатах многолетних клинических и экспериментальных наблюдений. Несмотря на это, в настоящее время некоторые авторы приводят иные пороговые значения внутрибрюшной гипертензии.

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 мочевого пузырь посредством вливания в него мл стерильного физиологического раствора
Норма	До мм рт ст
Внутрибрюшная гипертензия <i>intraabdominal hypertension</i>	Устойчивое или повторное патологическое повышение ВБД $\geq$ мм рт ст
Классификация внутрибрюшной гипертензии	я степень мм рт ст я степень мм рт ст я степень мм рт ст я степень мм рт ст
Синдром интраабдоминальной гипертензии <i>abdominal compartment syndrome</i>	Определяется устойчивой внутрибрюшной гипертензией более 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

факторы приводящие к увеличению объёма содержимого брюшной полости

факторы уменьшающие объём образуемый оболочкой брюшной полости

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 показано что в случаях 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 120 мм рт.ст. 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 60 мм рт.ст., смехе до 40 мм рт.ст., сгибании и разгибании туловища до 30 мм рт.ст. соответственно и т.д.

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 120 мм рт.ст. 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.

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 120 мм рт.ст. 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 *Quincke* ещё в 1876 г. Современные исследования объясняют такое ухудшение гемодинамики тем, что кровеносные сосуды брюшной полости частично или полностью пережимаются окружающими органами и тканями.

В особенности это касается нижней полой вены, проходящей вдоль внутренней части задней стенки брюшной полости (рис. 1). 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. 2).

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

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, спадают альвеолы, и лёгочная ткань в целом. Таким образом, при достаточно длительной внутрибрюшной гипертензии эффективность дыхания резко ухудшается (рис. 3).

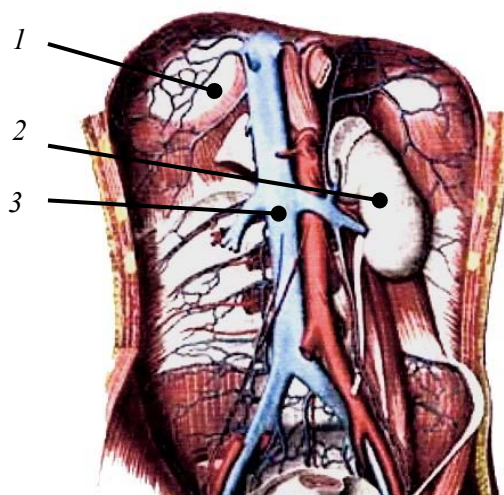


Рис Задняя стенка брюшной полости вид изнутри 1 диафрагма 2 левая почка 3 нижняя полая вена

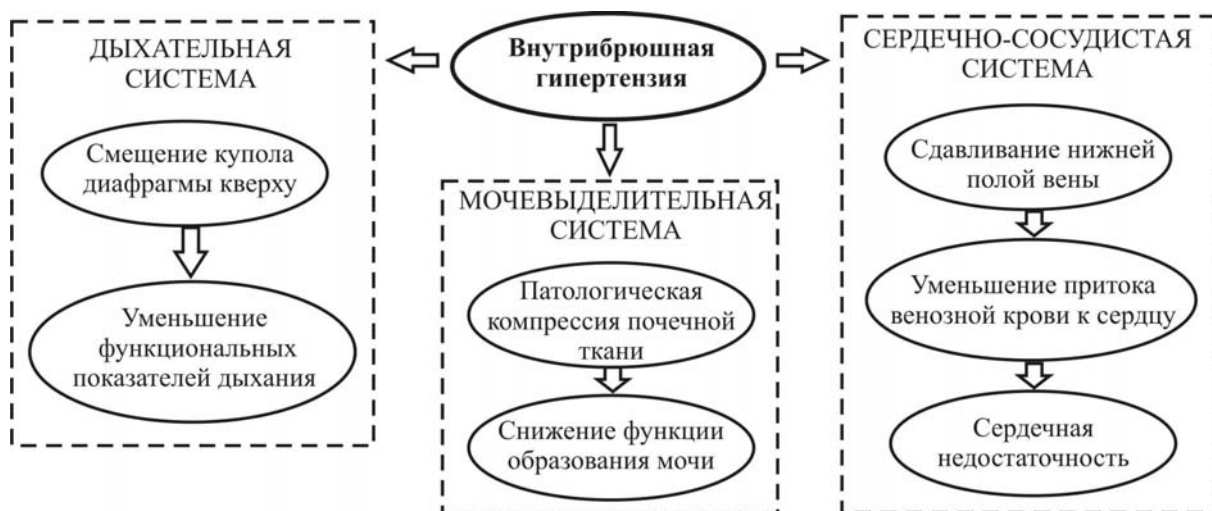


Рис Влияние внутрибрюшной гипертензии на различные системы организма человека

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 Уже при первой степени внутрибрюшной гипертензии наблюдается двукратное снижение мочевыделения Полное прекращение мочевыделения анурия наступает при повышении внутрибрюшного давления до мм рт ст см рис

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 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 мм рт ст консервативные методы оказываются неэффективными

Ведущее значение при лечении синдрома интраабдоминальной гипертензии принадлежит хирургическим методам основанным на декомпрессии брюшной полости путём рассечения её передней стенки Проведение хирургической декомпрессии в течение ч после первых проявлений синдрома интраабдоминальной гипертензии сокращает летальность до

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 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 либо на биомеханические модели оценивающие усилия в мышцах полости живота

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

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 междисциплинарных специалистов

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

- Гельфанд Б.Р., Проценко Д.Н., Подачин П.В., Чубченко С.В., Лапина И.Ю. Синдром интраабдоминальной гипертензии: состояние проблемы. Медицинский алфавит: Неотложная медицина. Т. №. С. Электронный ресурс. дата обращения.
- 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. Т. №. С.
- 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. Т. №. С.
- Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. в т. М: Медгиз. Т. с.
- 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. №. С. Электронный ресурс. дата обращения.

In vivo

дата обращения

Электронный ресурс

INTRA-ABDOMINAL PRESSURE OF HUMAN

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

Key words:

Получено 01 марта 2013