

КОЛЕБАНИЯ ВНУТРИБРЮШНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ДЫХАНИЯ

¹Касатова Е.Ю., ²Туктамышев В.С.

¹ГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера», Пермь, Россия (614000, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 26), e-mail: elena.kasatova@googlegmail.com

²ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия (614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29), e-mail: helpinvader@list.ru

Целью данного исследования является оценка влияния объема вдыхаемого воздуха на внутрибрюшное давление. Экспериментальные исследования проведены на четырех женщинах. Спирометрические показатели измерены с помощью компьютерного спирографа «Спиро-Спектр» (Нейрософт, Россия). Внутрибрюшное давление определялось посредством видеорегистрации высоты столбика жидкости в мерной трубке системы Unometer™ AbdoPressure™. Анализ изменения внутрибрюшного давления в процессе дыхания показал, что искомая зависимость близка к линейной. Параметры корреляционной функции при этом зависят от ряда индивидуальных особенностей. Относительно высокие внутрибрюшное давление в конце выдоха и индекс массы тела определяют более высокую чувствительность давления в полости живота к объему вдыхаемого воздуха. Повышение внутрибрюшного давления в процессе вдоха увеличивает компрессию органов и тканей в брюшной полости и должно учитываться, особенно у людей с риском развития внутрибрюшной гипертензии.

Ключевые слова: внутрибрюшное давление, спирография, внутрибрюшная гипертензия

OSCILLATIONS OF INTRA-ABDOMINAL PRESSURE DURING RESPIRATION

¹Kasatova E.Y., ²Tuktamyshev V.S.

¹E.V. Vagner Perm State Medical University, Perm, Russia (614000, Perm, Petropavlovskajast., 26), e-mail: elena.kasatova@googlegmail.com

²Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia (614990, Perm, Komsomolskyst., 29), e-mail: helpinvader@list.ru

The aim of the present investigation was to evaluate the influence of the volume respiratory air on the intra-abdominal pressure. Experiments were carried out on four women. Spirometric parameters measured by computer spiograph «Spiro-Spectrum» (Neurosoft, Russia). Abdominal pressure was determined by the video recording the height of the column of fluid in a measuring tube of the system Unometer™ AbdoPressure™. Analysis of changes in intra-abdominal pressure during respiration showed that the desired relationship is close to linear. Parameters of the correlation function depends on a number of individual characteristics. Relatively high intra-abdominal pressure at end-expiration and body mass index, give a higher sensitivity of the pressure in the abdominal cavity to the volume of inspired air. Elevation of the intra-abdominal pressure during inspiration increases compression of organs and tissues in the abdomen and should be considered, especially in people at risk of developing intra-abdominal hypertension.

Keywords: intra-abdominal pressure, spiography, intra-abdominal hypertension

Внутрибрюшное давление (ВБД) обусловлено взаимной компрессией внутрибрюшных масс и их давлением на оболочку брюшной полости. При этом в органах и тканях, находящихся в полости живота, возникают механические напряжения. Резкое и устойчивое повышение ВБД (внутрибрюшная гипертензия) может стать причиной нарушений в работе органов и систем организма человека [9].

Нормальными для человека принято считать значения ВБД в интервале от 5 до 7 мм рт. ст. [9]. В то же время норма зависит от множества факторов, таких как состояние мышц брюшной стенки, степень ожирения и т.д. В некоторых случаях нормальным может считаться и более высокое давление.

Патологические состояния, связанные с негативным влиянием ВБД, наблюдаются при 10 мм рт. ст. и выше. Описанию этих состояний посвящено большое количество научных обзоров, клинических и экспериментальных исследований. В частности, отмечается, что при внутрибрюшной гипертензии частично или полностью пережимается нижняя полая вена, проходящая вдоль внутренней части задней стенки брюшной полости. При этом значительно ухудшается возврат большого объема венозной крови в сердце. Для восстановления нормального кровотока миокардом осуществляются более сильные и частые сокращения, которые приводят к сердечной недостаточности [3, 7, 8-10].

При внутрибрюшной гипертензии купол диафрагмы смещается кверху. При этом возможно спадение альвеол и сдавливание легочной ткани. Таким образом, при достаточно длительной внутрибрюшной гипертензии эффективность дыхания резко ухудшается [9, 10, 11, 13].

Длительное сжатие почечной ткани окружающими органами при внутрибрюшной гипертензии приводит к развитию почечной недостаточности, т.е. уменьшению скорости образования мочи [18]. Полное прекращение мочевыделения наблюдается при повышении внутрибрюшного давления до 30 мм рт. ст. [9, 10, 12, 13].

Вместе с тем кратковременное увеличение ВБД способствует снижению нагрузки на элементы поясничного отдела позвоночного столба в процессе поднятия и удержания тяжестей [1, 4]. Данный эффект может быть достигнут при сокращении мышц передней стенки брюшной полости. Давление в полости живота при этом может достичь экстремально высоких значений (например, в момент поднятия штанги внутрибрюшное давление у профессиональных спортсменов может подниматься свыше 300 мм рт. ст.). Однако патологические явления в организме человека не наблюдаются ввиду малой длительности периода повышения внутрибрюшного давления.

Измерение внутрибрюшного давления

Наиболее точным методом измерения ВБД является прямой метод. С помощью данного метода измерение производится непосредственно в полости живота через хирургические разрезы стенки брюшной полости. Более широкое распространение получили непрямые методы. К таким методам относятся измерение ВБД через желудок, прямую кишку, нижнюю полую вену и мочевого пузыря [2]. Давление, регистрируемое внутри соответствующего органа, хорошо коррелирует с внутрибрюшным давлением, измеренным прямым способом.

В современной медицинской практике чаще всего ВБД человека измеряется при помощи прибора Unometer™ AbdoPressure™ (Unomedical, Дания) через мочевого пузыря. Этот метод является эталонным, так как обладает наибольшей точностью и безопасностью

[10, 14]. Процедура измерения основана на введении катетера Фолея в мочевой пузырь через мочеиспускательный канал. Пациент при этом находится в положении лежа на спине. С целью расслабления тканей стенки мочевого пузыря на первом этапе производится его полное опорожнение. Затем в пузырь вводится примерно 25 мл физиологического раствора, после чего свободный конец катетера соединяется с мерной трубкой. По высоте столбика жидкости в трубке определяется внутрипузырное давление. В процессе измерения стенка мочевого пузыря выполняет роль пассивной мембраны, которая с большой степенью точности передает давление в полости живота.

При измерении таким способом внутрибрюшным давлением считается давление, возникающее в мочевом пузыре в конце выдоха [9]. При вдохе купол диафрагмы смещается книзу, что создает дополнительную компрессию органов и тканей полости живота, в результате чего ВБД увеличивается. Однако данные эффекты не регистрируются. Вместе с тем в научной литературе можно встретить результаты клинических исследований, которые подтверждают важность учета интегральных характеристик значений ВБД, получаемых при постоянном мониторинге [6]. Поэтому изучение индивидуальных закономерностей колебаний ВБД в процессе дыхания является целесообразным.

Помимо практического интереса [2, 6], исследование колебаний внутрибрюшного давления в процессе дыхания представляет теоретическую ценность, так как полученные данные предполагается использовать для последующего биомеханического анализа напряженно-деформированного состояния элементов брюшной полости в различных фазах дыхания.

Материалы и методы

В эксперименте приняли участие 4 женщины в возрасте от 22 до 42 лет с индексом массы тела (ИМТ) в интервале 16,1–23,7 кг/м². Все исследования были проведены на базе кафедры акушерства и гинекологии факультета дополнительного профессионального образования Пермского государственного медицинского университета имени Е.А. Вагнера.

Мониторинг дыхательных объемов производился с помощью компьютерного спирометра «Спиро-Спектр» (Нейрософт, Россия) [5]. Одновременно с этим благодаря видеорегистрации высоты столбика жидкости в мерной трубке системы Unometer™ AbdoPressure™ осуществлялось непрерывное измерение ВБД испытуемой. За нулевой объем при проведении спирометрии принимался конец выдоха при спокойном дыхании. В каждом из четырех испытаний регистрация исследуемых параметров производилась при спокойном дыхании и дыхании с достаточно глубокими вдохами. Время каждого испытания не превышало 3 мин.

Статистический анализ данных, а также их графическая визуализация были проведены в программной среде пакета прикладных программ «Matlab».

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 (а–г) приведены результаты исследования для каждой из испытуемых соответственно. Точками показаны наблюдаемые значения ВБД в зависимости от объема вдыхаемого воздуха.

Разброс наблюдаемых данных связан в основном с погрешностями при визуальном определении высоты столбика жидкости в шкале измерительной трубки, а также с неравномерными колебаниями ВБД при дыхании.

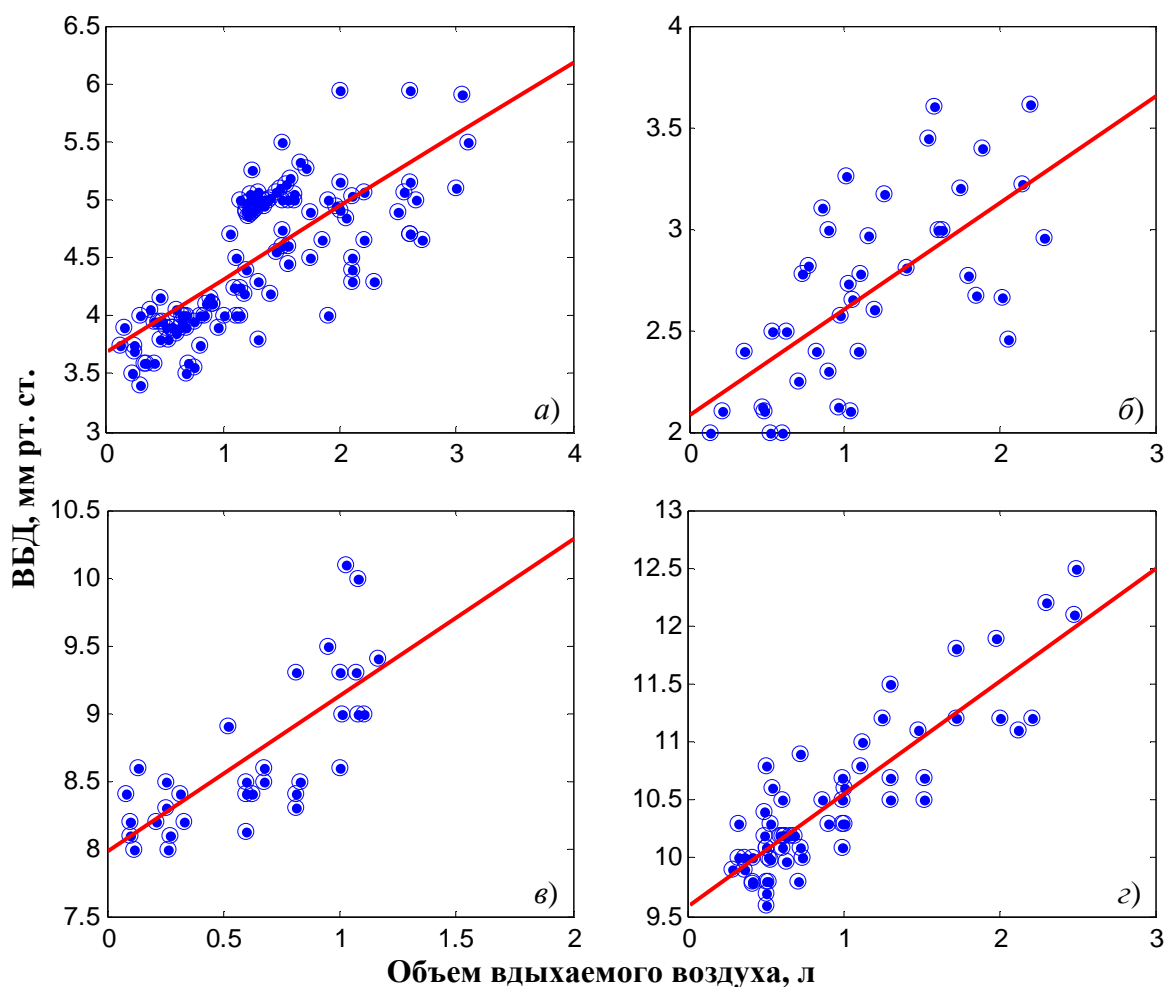


Рис. 1. Экспериментальные значения ВБД при дыхании.

а) – испытуемая № 1, б) – испытуемая № 2, в) – испытуемая № 3, г) – испытуемая № 4

Линиями на рисунке 1 показаны корреляционные функции вида $y = ax + b$, где y – ВБД, x – объем вдыхаемого воздуха. Соответствующие параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1

Статистические данные испытуемых

Испытуемая	ИМТ, кг/м ²	Параметры корреляционной функции	Коэффициент корреляции
------------	------------------------	----------------------------------	------------------------

		<i>a</i>	<i>b</i>	
№ 1	23,8	0,62	3,7	0,74
№ 2	16,1	0,52	2,08	0,66
№ 3	23,7	1,15	8,98	0,74
№ 4	23,4	0,97	9,59	0,88

Из приведенных исследований (рис. 1) можно сделать вывод о том, что ВБД колеблется при дыхании в пределах 3 мм рт. ст. Данное обстоятельство оказывается важным в тех случаях, когда значение стандартно измеряемого ВБД (в конце выдоха) достаточно близко к состоянию внутрибрюшной гипертензии. При этом на стадии вдоха давление в полости живота станет выше порогового значения, что может повлечь за собой указанные выше негативные последствия. Полученные результаты согласуются с выводами, приведенными в работе [6], в которой авторы подчеркивают важность усредненных (интегральных) по времени показателей внутрибрюшного давления.

Из таблицы 1 видно, что, несмотря на разброс наблюдаемых значений, во всех случаях статистическая зависимость между исследуемыми переменными достаточно близка к линейной. При этом физический смысл параметра *b* представляет собой значение ВБД, измеренное в конце выдоха. Коэффициент *a* в свою очередь отражает чувствительность ВБД к объему вдыхаемого воздуха. Согласно таблице 1 величина этого коэффициента, по всей видимости, связана одновременно с индексом массы тела и с ВБД в конце выдоха (в сущности, с параметром *b*). Действительно, при низких показателях ИМТ и параметра *b* значение коэффициента *a* у испытуемой № 2 относительно небольшое. Ситуация является обратной для испытуемых № 3 и № 4. Высокий ИМТ при достаточно небольшой величине *b* отражается малым значением *a* (испытуемая № 1). Тем не менее для установления более точных зависимостей между этими параметрами требуются дополнительные исследования.

Заключение

ВБД повышается при увеличении объема легких. Данный факт необходимо учитывать, когда измеренное стандартным методом значение ВБД (в конце выдоха) граничит с интервалом, определяющим внутрибрюшную гипертензию. В этом случае рост давления в полости живота при вдохе может оказать негативное влияние на состояние органов и тканей брюшной полости. Скорость увеличения ВБД в процессе вдоха, вероятно, зависит от ИМТ и ВБД в конце выдоха. Для установления более точных количественных зависимостей между рассматриваемыми в данной работе параметрами требуется большее количество аналогичных исследований.

Список литературы

1. Туктамышев В.С., Безматерных В.В. Моделирование влияния внутрибрюшного давления на нагружение позвоночного столба // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 3. – С. 704.
2. Туктамышев В.С., Касатова Е.Ю., Няшин Ю.И. Исследование зависимости между давлением выдыхаемого воздуха и внутрибрюшным давлением человека // *Российский журнал биомеханики*. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 73–78.
3. Туктамышев В.С., Кучумов А.Г., Няшин Ю.И., Самарцев В.А., Касатова Е.Ю. Внутрибрюшное давление человека // *Российский журнал биомеханики*. – 2013. – Т. 17, № 1. – С. 22–31.
4. Туктамышев В.С., Соломатина Н.В. Влияние внутрибрюшного давления на состояние поясничного отдела позвоночника // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 8. – С. 77–81.
5. Спиро–Спектр [электронный ресурс]: – URL: <http://www.neurosoft.ru/rus/product/spiro-spectrum/index.aspx> (Дата обращения: 4.03.2015).
6. Achmadi-Noorbakhsh S., Malbrain M.L. Integration of inspiratory and expiratory intra-abdominal pressure: a novel concept looking at mean intra-abdominal pressure // *Annals of Intensive Care*. – 2012. – № 2. – S18.
7. Caldwell C.B., Ricotta J.J. Changes in visceral blood flow with elevated intraabdominal pressure // *Journal of Surgery Research*. – 1987. – № 43. – P. 14–20.
8. 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, № 1. – P. 37–43.
9. 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, № 11. – P. 1722–1732.
10. 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, № 2. – P. 315–322.
11. Obeid F., Saba A., Fath J. Increases in intra-abdominal pressure affect pulmonary compliance // *Archives of Surgery*. – 1995. – Vol. 130. – P. 544–548.
12. Shenansky J.H., Gillenwater J.Y. The renal hemodynamic and functional effects of external counterpressure // *Surgery, gynecology & obstetrics*. – 1972. – Vol. 134. – P. 253–258.
13. Surgue M. Abdominal compartment syndrome // *Current opinion in critical care*. – 2005. – Vol. 11, № 4. – P. 333–338.
14. UnoMeter™ Abdo-Pressure™ [электронный ресурс]. – URL: <http://www.convatec.co.uk/faecal-management/iap-monitoring/product-range/unometer-abdo-pressure> (Дата обращения: 4.03.2015).

Рецензенты:

Сандакова Е.А., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой акушерства и гинекологии ФДПО ГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера» Минздрава России, г. Пермь;

Черкасова В.Г., д.м.н., заведующая кафедрой медицинской реабилитации и спортивной медицины ФДПО ГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера» Минздрава России, г. Пермь.