



## ПЛЕВРАЛЬНАЯ МАНОМЕТРИЯ ПРИ ЛЕЧЕБНОМ ТОРАКОЦЕНТЕЗЕ КАК СРЕДСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДИКТОРОВ НЕЖЕЛАТЕЛЬНОГО ИСХОДА У ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ ПЛЕВРАЛЬНОГО ВЫПОТА

Омский государственный медицинский университет<sup>1</sup>,  
Городская клиническая больница № 1 им. А.Н. Кабанова<sup>2</sup>, г. Омск,  
Российская Федерация

**Цель.** Определить прогностическое значение колебаний внутриплеврального давления, ассоциированных с актом дыхания, при торакоцентезе и удалении патологического содержимого из плевральной полости.

**Материал и методы.** В исследование включено 36 пациентов, страдающих синдромом плеврального выпота, которым проводился торакоцентез со стороны выпота и выполнялась непрерывная внутриплевральная манометрия, проводился контроль в объеме повторного осмотра, рентгенографии органов грудной клетки и ультразвукового исследования плевральных полостей. По их результатам пациенты были разделены на 3 группы: группа 1 – пациенты с расправляемым легким и без осложнений (n=18), группа 2 – пациенты с нерасправляемым легким (n=18), также была выделена подгруппа 2-1 – пациенты, у которых торакоцентез осложнился пневмотораксом (n=6). Критериями сравнения явились объем удаленной жидкости (мл); среднее внутриплевральное давление (см вод. ст.); амплитуда колебаний давления, связанная с актом дыхания, между пиками вдоха и выдоха при спокойном дыхании до и после удаления жидкости (см вод. ст.); эластичность плевры; изменение амплитуды колебаний внутриплеврального давления после удаления жидкости.

**Результаты.** Обнаружено, что с неблагоприятным прогнозом были статистически значимо связаны эластичность плевры и изменение амплитуды (p=0,00283). Также обнаружено, что с развитием пневмоторакса связано повышение эластичности плевры в сочетании со снижением колебаний внутриплеврального давления (p=0,00199). Значимых связей развития нежелательных исходов в данной выборке с другими критериями сравнения обнаружено не было.

**Заключение.** Зависимость исходов подтверждена для эластичности плевры и установлена для изменения колебаний внутриплеврального давления, ассоциированных с актом дыхания. Объективным предиктором нерасправляемости легкого, а также возникновения пневмоторакса после торакоцентеза, наряду с повышением эластичности плевры, является снижение амплитуды ассоциированных с актом дыхания колебаний внутриплеврального давления.

*Ключевые слова:* плевральный выпот, внутриплевральное давление, торакоцентез, пневмоторакс, нерасправляемое легкое, плевральная манометрия

**Objective.** To determine the prognostic value of the fluctuations of the intrapleural pressure associated with the act of breathing during thoracocentesis and draining of fluid from the pleural cavity.

**Methods.** The study included 36 patients who suffered from pleural effusion and underwent thoracocentesis. The continuous intrapleural manometry during the procedure was performed. Then control examinations included repeated examination, chest X-ray and ultrasound examination of the pleural cavities. According to their results, patients were divided into 3 groups: group 1 – patients with straightened lungs and without complications (n=18), group 2 – patients with unexpandable lung (n=18), subgroup 2-1 – patients, which thoracocentesis, complicated by pneumothorax (n=6). The comparison criteria were the volume of the removed liquid (ml), the mean intrapleural pressure (cm H<sub>2</sub>O), the amplitude of the pressure fluctuations associated with the act of breathing, between the inspiration and expiration peaks in quiet breathing before and after the removal of the liquid (cm H<sub>2</sub>O), the pleural elasticity and change of amplitude of the pressure fluctuations after the draining.

**Results.** It was found that association among the pleural elasticity and the amplitude change and unexpandable lung were statistically significant (p=0.00283). It was also found out that, with the development of pneumothorax, an increase in pleural elasticity is associated with a decrease in intrapleural pressure fluctuations (p=0.00199). There were no significant associations of development of unwanted outcomes with other comparison criteria.

**Conclusions.** Association with outcomes is confirmed for pleural elasticity and change of the amplitude of the fluctuations of intrapleural pressure associated with the act of breathing. An objective predictor of unexpandable lung, as well as the occurrence of pneumothorax after thoracocentesis, along with an elevation of pleural elasticity, is a decrease in the amplitude of oscillations of pleural pressure associated with the act of breathing.

*Keywords:* pleural effusion, intrapleural pressure, thoracocentesis, pneumothorax, unexpandable lung, pleural manometry.

**Pleural Manometry in Therapeutic Thoracentesis to Determine the Predictors of Unwanted Outcomes in Patients with Pleural Effusion**

A.R. Khasanov, M.S. Korzhuk, K.G. Bezmogin, O.O. Zhukova, A.A. Kinzerskiy

**Научная новизна статьи**

Способ непрерывного измерения внутриплеврального давления при терапевтическом торакоцентезе с использованием устройства, состоящего из датчика давления, аналого-цифрового преобразователя, позволяет определить, зарегистрировать и проанализировать его колебания. Впервые доказано, что снижение амплитуды колебаний внутриплеврального давления на вдохе и выдохе при торакоцентезе является предиктором нежелательного исхода, а именно развития пневмоторакса и нерасправляемого легкого.

**What this paper adds**

The method of continuous measurement of intrapleural pressure in therapeutic thoracentesis using devices consisting of a pressure sensor, an analog-to-digital converter, allows determining, registering and analyzing its fluctuations. For the first time it has been proved that a decrease in the amplitude of oscillations of intrapleural pressure in inspiration and exhalation in case of thoracentesis is a predictor of an undesirable outcome, i.e. pneumothorax and unexpandable lung.

**Введение**

Плевральная полость в норме является замкнутым сосудом, содержащим жидкость. Одна из особенностей плевры, отличающая ее от других органов, поддержание в полости между ее париетальным и висцеральным листками постоянного отрицательного давления. В физиологических условиях для нормального акта дыхания оно составляет от -3 до -5 см вод. ст. Внезапные и значительные изменения во внутриплевральном давлении ассоциированы с заболеваниями дыхательной системы, плевры и легких. Такие осложнения могут стать жизнеугрожающими [1].

Плевральный выпот представляет собой клинический симптомокомплекс, характеризующийся накоплением в плевральной полости жидкости, имеющей различное происхождение и свойства. Этот синдром всегда вторичен по отношению к другим заболеваниям, однако плевральный выпот, несмотря на это, является одним из торакальных осложнений, которые значительно снижают качество жизни за счет дыхательной недостаточности и боли.

Основным способом симптоматического лечения плеврального выпота является дренирование плевральной полости посредством лечебного торакоцентеза. При этом сама манипуляция сопряжена с осложнениями, которые могут возникнуть как по причине особенностей техники проведения манипуляции, так и из-за поражения патологическим процессом легкого и плевры. Чаще всего осложнениями, встречающимися после эвакуации жидкости из плевральной полости с помощью торакоцентеза, являются пневмоторакс и реэкспансионный отек легкого. Пневмоторакс после торакоцентеза плевральной полости встречается в 0-19% и может стать летальным осложнением [2]. Реэкспансионный отек легкого ассоциирован в

первую очередь с удалением большого объема патологического содержимого (не менее 700 мл), а также компрессионным ателектазом до торакоцентеза, сохранявшимся более 3 суток. Это осложнение возникает после 1% всех процедур торакоцентеза, а при использовании активной аспирации его частота возрастает до 14% [3]. Оно связано в первую очередь со сбросом достаточно большого объема крови из большого круга в бассейн легочных сосудов расправленного легкого, а во-вторых, с повреждением эндотелия легочных сосудов за счет внезапно возникшего разрежения. Фиброзные изменения висцеральной плевры и нерасправляемое легкое существенно усугубляют интенсивность повреждения эндотелия при реэкспансии [4].

Понимание данных механизмов приводит к необходимости контроля за респираторной механикой во время проведения манипуляции, а также о нежелательном использовании высокого разрежения при эвакуации из плевральной полости, которое может привести к осложнениям с высоким риском летальности.

**Цель.** Определить прогностическое значение колебаний внутриплеврального давления, ассоциированных с актом дыхания, при торакоцентезе и удалении патологического содержимого из плевральной полости.

**Материал и методы**

В исследовании участвовали 64 пациента с синдромом плеврального выпота, проходивших стационарное лечение в Городской клинической больнице № 1 им. А.Н. Кабанова, г. Омск, в отделениях хирургии, торакальной хирургии, пульмонологии, терапии. Все пациенты, участвовавшие в клиническом исследовании, дали на это письменное добровольное информированное согласие, исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской

декларации Всемирной медицинской ассоциации [5].

Критериями включения явились следующие: наличие показаний для проведения лечебно-диагностической пункции плевральной полости (торакоцентеза) с целью купирования одышки и уменьшения интенсивности болевого синдрома (дыхательная недостаточность 2 степени, болевой синдром при рецидивирующем плеврите); письменное добровольное согласие пациента на проведение манипуляции.

Критериями исключения стали следующие: искусственная вентиляция легких, выявление внутриплевральных осложнений до проведения торакоцентеза (пневмоторакса, гемоторакса, острой и хронической эмпиемы плевры), оперативное вмешательство на органах грудной полости на стороне торакоцентеза в анамнезе, отказ пациента от участия в исследовании.

Из всех пациентов, вошедших в исследование, только 36 пациентов удовлетворяли всем критериям включения, они составили общую выборку. Причиной отсева большинства пациентов (n=20), не вошедших в исследование, стала разгерметизация системы для удаления патологического содержимого из плевральной полости, что нарушало чистоту исследования плеврального давления. Другой причиной отсева стало выявление при пункции плевральной полости воздуха или вязкого экссудата при свернувшемся гемотораксе или острой эмпиеме плевры, что также не позволяло исследовать барические гидродинамические процессы с использованием настоящего оборудования в реальном времени.

В проанализированной выборке мужчин было 23, женщин – 13. Возраст участников ис-

следования составил 62,0 (56,0; 67,5) года (Me (Q1;Q3)) (таблица 1). Двухсторонний процесс отмечен у 21 участника исследования, при этом торакоцентез выполнялся слева у 15 пациентов, справа – у 21 пациента. Кратность торакоцентеза с соответствующей стороны на момент исследования составила 2,0 (1,0; 3 3,5) раза (Me (Q1;Q3)). Умерли в течение трех месяцев после проведения манипуляции 8 пациентов. Основными нозологическими формами у пациентов в выборке, осложнившимися плевральными выпотами, были следующие морфологически верифицированное злокачественное новообразование любой локализации (n=13), хроническая сердечная недостаточность с явлениями полисерозита (n=6), пневмония с уточненным возбудителем и парапневмоническим экссудативным плевритом (n=7), закрытая травма груди с посттравматическим экссудативным плевритом или гемотораксом (n=5), цирроз печени (n=2), синдром плеврального выпота неуточненной, на момент включения в исследование, этиологии (n=3).

Критериями сравнения явились следующие появление субъективно неприятных ощущений, связанных с актом дыхания, при проведении торакоцентеза (оценивалось как бинарная переменная, 0 – без проявлений, 1 – с появлением кашля, усилением одышки и боли в груди, нарушением сознания, снижением среднего артериального давления более чем на 20 мм рт. ст.); объем удаленной жидкости (мл); среднее внутриплевральное давление (см вод. ст.); амплитуда колебаний давления, связанная с актом дыхания, между пиками вдоха и выдоха при спокойном дыхании до и после удаления жидкости (см вод. ст.);

Таблица 1

Общая характеристика участников исследования

Показатели	Вся выборка (n=36)	В том числе		
		Группа 1 Расправляемое легкое (n=18)	Группа 2 Нерасправляемое легкое (n=18)	В том числе Подгруппа 2-1 Есть осложнения (n=6)
Мужчин, чел	23	12	11	4
Женщин, чел	13	6	7	4
Двухсторонний процесс, чел	21	13	8	5
Торакоцентез слева, чел	14	6	8	2
Торакоцентез справа, чел	22	12	10	4
Кратность торакоцентеза, шт (Me (Q <sub>1</sub> ;Q <sub>3</sub> ))	2,0 (1,0; 3,5)	2,0 (1,0; 2,0)	2,0 (1,0; 2,0)	2,5 (2,0; 4,0)
Умерло в течение 3 месяцев после манипуляции, чел	8	5	3	1
Пациенты с проявлениями клиники реэспансионного отека легкого	9	4	5	2
Возраст, лет, Me ((Q <sub>1</sub> ;Q <sub>3</sub> ))	62,0 (56,0; 67,5)	62,0 (56,0; 68,0)	61,5 (56,0; 66,0)	61,0 (57,0; 64,0)

эластичность плевры, которая определялась формулой (1):

$$E_{pl} = \frac{P_{pl1} - P_{pl2}}{V_{liq}} \text{ см вод. ст./л,} \quad (1)$$

где  $E_{pl}$  – эластичность плевры,  $V_{liq}$  – объем удаленной жидкости,  $P_{pl1}$  – внутриплевральное давление до удаления жидкости,  $P_{pl2}$  – внутриплевральное давление после удаления жидкости [6].

Лечебный торакоцентез проводился всем без исключения пациентам, включенным в исследование, при котором по игле или катетеру была получена выпотная жидкость. Манипуляция проводилась после информированного добровольного согласия по стандартной методике с введением в плевральную полость катетера по Seldinger [7]. Торакоцентез проводился в наиболее «зависимой точке» плеврального выпота, с наибольшим разобщением листков плевры по данным физикального обследования (перкуссии и аускультации грудной клетки), подтвержденного результатами лучевых и ультразвукового исследований, в положении пациента сидя с усиленным кифозом в грудном отделе позвоночника. Во время пункции плевральной полости до введения катетера проводилась местная инфильтрационная анестезия с использованием раствора новокаина 0,5% в дозе 15–30 мл, а при отягощенном аллергологическом анамнезе – иными анестетиками. Изделие для введения в плевральную полость было представлено стерильным одноразовым катетером диаметром 1,4 мм производства фирмы «Курган Синтез» (Россия).

Плевральная манометрия производилась с помощью разработанного авторами оригинального способа измерения внутриплеврального давления. После введения катетера в плевральную полость к системе удаления жидкости через стерильные патрубков и тройник подсоединялся плевральный манометр. Он состоял из защищенного бактериальным фильтром датчика давления, расположенного на трубке, подсоединенного к тройнику на магистрали для удаления жидкости из плевральной полости по катетеру, аналого-цифрового преобразователя и электронного устройства (планшетного компьютера) с программным обеспечением L-Graph фирмы L-Card (Россия) для регистрации сигнала, отражающего внутриплевральное давление в реальном времени (рис.).

После этого выполнялась эвакуация патологического содержимого гравитационным дренированием с водяным замком до прекращения

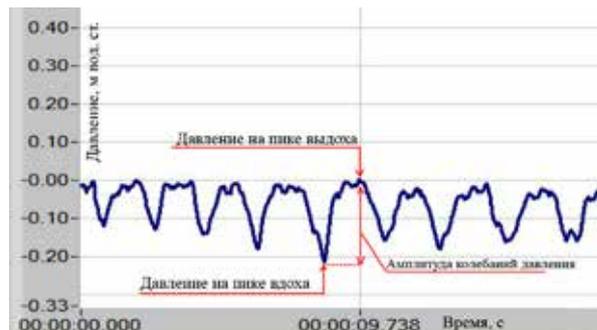


Рис. График измерения внутриплеврального давления в динамике, записываемый программой L-Graph (фирма L-Card, Россия).

его поступления по катетеру или до появления субъективно неприятных ощущений у пациента: нарастание одышки более чем на 5 дыхательных движений в 1 минуту, приступ кашля. Данные изменения были расценены как предвестники начинающегося реэкспансионного отека легкого. Аспирация при торакоцентезе не использовалась с целью предупреждения повреждения плевры, усиления болевого синдрома, а также выраженного снижения чистоты исследования. Показатели плеврального давления отображались и записывались на электронном устройстве все время, пока катетер находился в плевральной полости.

В дальнейшем, после торакоцентеза, все пациенты в течение первых 24 часов находились под наблюдением с целью исключения или подтверждения данных о нерасправляемом легком и пневмотораксе. При осмотре оценивались: появление или усиление жалоб на боль в груди со стороны проведения вмешательства и одышку; частота дыхательных движений; проводилась топографическая и сравнительная перкуссия и аускультация над проекционными поверхностями легких; определялись показатели артериального давления, пульса и его свойств. Выполнялась ультразвуковая диагностика и рентгенография органов грудной клетки.

Подтверждали нерасправляемость легкого следующие факты: отсутствие поступления жидкости по катетеру под действием гравитации самостоятельно в конце манипуляции или появление жалоб и клинической картины, свидетельствующей о начинающемся реэкспансионном отеке легкого в сочетании с сохранением гидроторакса, заложением диафрагмальных синусов или его осумкованием по данным контрольной рентгенографии. Данными ультразвукового исследования, подтверждающими пневмоторакс, были следующие «силуэт» летучей мыши при установке ультразвукового датчика во 2–4 межреберьях по среднеключичной линии со стороны проводи-

мого ранее торакоцентеза, появление «баркода» при сканировании датчиком в М-режиме. Рентгенографическими признаками пневмоторакса явились появление просветления в легочном поле и линии висцеральной плевры с коллапсом легкого, а также горизонтальный уровень свободной жидкости [8].

Учитывая исходы манипуляции, из выборки было сформировано 3 группы пациентов: группа № 1 – пациенты с расправляемым легким и без осложнений (n=18), группа № 2 – пациенты с нерасправляемым легким (n=18), из которой также была выделена подгруппа № 2-1 – пациенты, у которых торакоцентез осложнен пневмотораксом (n=6). Ни у одного из пациентов, у которых в процессе манипуляции у которых возникли клинические проявления реэкспансионного отека (n=9) легкого, данное осложнение подтверждено не было.

### Статистика

Проверка гипотезы о виде распределения количественных данных проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка (Колмогорова-Смирнова). Поскольку не все количественные данные имели нормальное распределение, то для их описания указаны медиана, первый и третий квартили. Категориальные данные

описывались указанием количества единиц наблюдения, принадлежащих каждой категории.

Для оценки взаимосвязи между исходом торакоцентеза и переменными-предикторами (эластичность плевры, изменение амплитуды) был применен способ логистической регрессии. Предикторы были количественными переменными, поэтому перед включением в модель была проведена проверка на коллинеарность с помощью коэффициента корреляции Кендалла. Исходы плевральной пункции оценивались по расправлению легкого (кодировались как бинарная переменная: 0 – расправление; 1 – нерасправление) и по развитию осложнения (кодировались как бинарная переменная: 0 – нет осложнений; 1 – есть осложнения). Полученный цифровой материал обработан с использованием метода бинарной логистической регрессии в программе StatPlus: mac Pro 6 (AnalystSoft inc).

### Результаты

Плевральная манометрия позволила выявить значимые различия между группами по таким признакам, как изменение колебаний внутриплеврального давления и эластичность плевры (таблица 2).

Таблица 2

Показатели	Результаты исследования (Me (Q1;Q3))				P
	Вся выборка (n=36) Среднее значение (первый квартиль, третий квартиль)	Группа 1 Расправляемое легкое (n=18)	В том числе Группа 2 Нерасправляемое легкое (n=18)	В том числе Подгруппа 2-1 Есть осложнения (n=6)	
Объем удаленной жидкости, мл.	650,0 (525,0; 1125,0)	700,0 (600,0; 1150,0)	600,0 (500,0; 950,0)	600,0 (550,0; 700,0)	>0,1
Среднее значение внутриплеврального давления до удаления жидкости (Ppl1), см вод. ст.	8,1 (0,7; 14,9)	7,0 (3,2; 18,5)	8,5 (-3,0; 11,2)	1,6 (-10,0; 11,2)	>0,1
Среднее значение внутриплеврального давления после удаления жидкости (Ppl2), см вод. ст.	2,1 (-10,6; 9,4)	3,1 (-4,2; 24,1)	1,1 (-14,2; 5,0)	-4,4 (-15,4; 3,3)	>0,1
Амплитуда колебаний внутриплеврального давления до удаления жидкости (Apr1), см вод. ст.	3,0 (2,2; 3,8)	3,1 (2,2; 5,1)	3,0 (1,9; 3,2)	3,0 (2,5; 4,9)	>0,1
Амплитуда колебаний внутриплеврального давления после удаления жидкости (Apr2), см вод. ст.	3,0 (1,8; 4,0)	3,5 (3,0; 6,4)	1,8 (1,0; 3,2)	1,6 (1,0; 3,2)	>0,1
Эластичность плевры (Epl), см вод.ст./ л	15,9 (6,9; 30,1)	11,0 (5,1; 21,9)	22,6 (10,5; 32,0)	29,0 (25,3; 43,6)	<0,05
Изменение амплитуды (AV), см вод. ст.	0,1 (-0,6; 1,2)	0,8 (0,0; 2,1)	-0,3 (-2,0; 0,2)	-0,9 (-2,0; 0,7)	<0,05

При оценке взаимосвязи между достижением расправления легкого и переменными-предикторами (эластичность плевры, изменение амплитуды колебаний давления) обнаружено, что с неблагоприятным прогнозом были статистически значимо связаны эластичность плевры и изменение амплитуды ( $p=0,00283$ ).

При оценке взаимосвязи между развитием пневмоторакса и переменными-предикторами (эластичность плевры, изменение амплитуды) при построении модели взаимосвязи между развитием пневмоторакса и переменными-предикторами (эластичность плевры, изменение амплитуды) обнаружено, что с неблагоприятным прогнозом были статистически значимо связаны как эластичность плевры, так и изменение амплитуды ( $p=0,00199$ ). Проверка переменных-предикторов (эластичность плевры, изменение амплитуды) на коллинеарность не выявила между ними статистически значимых связей ( $\tau=0,028988$ ;  $p=0,803554$ ), что позволяет включать их в модель.

Не выявлено достоверной связи между появлением признаков реэкспансионного легкого во время процедуры и развитием нерасправления легкого или пневмоторакса.

Всем пациентам в подгруппе с пневмотораксом после контрольной рентгенографии была выполнена установка внутриплеврального дренажа с целью контроля за плевральной полостью и предупреждения развития напряженного пневмоторакса. У 4 пациентов из 6 в подгруппе с осложнениями было отмечено значительное снижение внутриплеврального давления ниже нуля. У оставшихся двух имелось исходное отрицательное значение внутриплеврального давления, при этом после удаления жидкости было отмечено выравнивание давления на уровне близком к нулю в сочетании со снижением амплитуды его колебаний. Только у одного из них был выявлен сохраняющийся сброс воздуха по дренажу.

### Обсуждение

Повышение показателя эластичности плевры при нерасправляемом легком отражает зависимость падения среднего внутриплеврального давления от объема удаленной жидкости, вне зависимости от изначального уровня внутриплеврального давления. При нерасправляемом легком, а тем более при пневмотораксе, такое явление, а также снижение амплитуды колебаний внутриплеврального давления могут быть объяснены невозможностью расправления легкого ввиду наличия плевральных сращений, пониженной воздушности самого легкого. Это

не позволяет ему занять всю освобождающуюся полость, при этом сила экскурсий грудной клетки при отсутствии болевого синдрома, не уменьшается, что и является причиной дальнейшего нарастания разрежения в плевральной полости и уменьшения колебаний давления на вдохе и выдохе.

Амплитуда колебаний внутриплеврального давления достоверно снижается в группе с нерасправляемым легким, что также говорит о том, что легкое становится менее подвижным в условиях натяжения его спайками, наличие внутриплевральных сращений ограничивает движение грудной стенки относительно плевральной полости. Также немаловажным является то, что в сформировавшихся спайках плевральной полости имеются нервные волокна, реагирующие на перерастяжение, что подтверждается данными эксперимента J. F. Montes et al. [9]. Это не позволяет, в свою очередь, проводить полноценную экскурсию гемоторакса с пораженной стороны, что и отражается на барических показателях.

Из немногих исследований, посвященных изменению внутриплеврального давления, стоит выделить работу, проведенную R.C. Boshuizen et al. В ней отмечается рост амплитуды колебаний внутриплеврального давления на вдохе и выдохе при дренировании плевральной полости у пациентов с синдромом плеврального выпота при помощи терапевтического торакоцентеза [10]. Важным отличием данных вышеуказанных авторов от результатов нашего исследования является способ удаления жидкости из плевральной полости. В описанном в данной статье исследовании использовался метод гравитационного дренирования, у R.C. Boshuizen et al. использовалась активная аспирация с разрежением – 20 см вод. ст. Контрольные значения, по которым высчитывалась разница амплитуд, записывались до удаления жидкости и на момент прекращения поступления ее по катетеру, в то время как у R.C. Boshuizen et al. контрольные значения записывались до удаления жидкости и после удаления 200 мл жидкости. Также стоит отметить, что в исследовании вышеуказанных авторов не рассматривалась связь изменения показателей внутриплеврального давления и развития пневмоторакса после торакоцентеза. Таким образом, данные исследований являются несопоставимыми и требуют дальнейшего изучения характеристик внутриплеврального давления.

Стоит отметить, что пневмоторакс при изменении внутриплеврального давления на фоне удаления жидкости не связан с сообщением плевральной полости с окружающей средой или

трахеобронхиальным деревом, а представляет собой так называемый pneumothorax ex vacuo [11]. Такой пневмоторакс чаще всего является рентгенологической находкой и не является причиной нарастающей дыхательной недостаточности и, как правило, разрешается без каких-либо вмешательств, что также подтверждает отсутствие связи нарастания клинических проявлений дыхательной недостаточности и боли с появлением пневмоторакса в исходе торакоцентеза с эвакуацией жидкости. При этом важно не забывать о возможности повреждения легкого катетером или иглой и последующем развитии напряженного клапанного пневмоторакса при торакоцентезе, ассоциированного с развитием дыхательной недостаточности и сдавлением органов средостения. Такое осложнение, несомненно, требует установки плеврального дренажа и подключения активной аспирации [12]. При этом, из-за наличия легочной фистулы, внутриплевральное давление стремится к нулевому значению так же, как и амплитуда его колебаний.

Таким образом, понимание взаимосвязи клинической картины и барических процессов в плевральной полости у пациентов при пневмотораксе после торакоцентеза дает возможность выстроить верную тактику и не проводить излишние инвазивные манипуляции, тем самым позволяя избежать риска дополнительных осложнений.

### Выводы

1. Клинические особенности течения заболевания и показатели ультразвуковой, лучевой и лабораторной диагностики у пациентов (в том числе усиление симптомов кашля, боль в груди, одышка, появление коллапса) в процессе эвакуации плеврального выпота не позволяют достоверно прогнозировать исход манипуляции и должны быть дополнены объективными данными.

2. Разработанное устройство плевральной манометрии, состоящее из датчика давления, аналого-цифрового преобразователя и электронного устройства для отображения и регистрации, позволяет контролировать плевральное давление в режиме реального времени.

3. Из показателей, определяемых при плевральной манометрии, зависимость от исходов подтверждена для эластичности плевры и установлена для изменения колебаний внутриплеврального давления, ассоциированных с актом дыхания.

4. Объективным предиктором нерасправленности легкого, а также возникновения пневмоторакса после торакоцентеза, наряду с повышением эластичности плевры, является снижение

амплитуды ассоциированных с актом дыхания колебаний внутриплеврального давления при гравитационном дренировании плевральной полости через сосуд с водяным замком.

### Финансирование

Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований Омского государственного медицинского университета.

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей изделий медицинского назначения авторы не получали.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликт интересов отсутствует.

### Этические аспекты Одобрение комитета по этике

Исследование одобрено этическим комитетом Омского государственного медицинского университета.

### ЛИТЕРАТУРА

- Zielinska-Krawczyk M, Krenke R, Grabczak EM, Light RW. Pleural manometry-historical background, rationale for use and methods of measurement. *Respir Med.* 2018 Mar;136:21-28. doi: 10.1016/j.rmed.2018.01.013
- Gordon CE, Feller-Kopman D, Balk EM, Smetana GW. Pneumothorax following thoracentesis: a systematic review and meta-analysis. *Arch Intern Med.* 2010 Feb 22;170(4):332-39. doi: 10.1001/archinternmed.2009.548
- Genofre EH, Vargas FS, Teixeira LR, Vaz MAC, Marchiil E. Reexpansion pulmonary edema. *J Pneumologia.* 2003;29(2):101-106. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-35862003000200010>
- Sohara Y. Reexpansion pulmonary edema. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2008 Aug;14(4):205-9. [http://www.atcs.jp/pdf/2008\\_14\\_4/205.pdf](http://www.atcs.jp/pdf/2008_14_4/205.pdf)
- World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA.* 2013 Nov 27;310(20):2191-94. doi: 10.1001/jama.2013.281053
- Lan RS, Lo SK, Chuang ML, Yang CT, Tsao TC, Lee CH. Elastance of the pleural space: a predictor for the outcome of pleurodesis in patients with malignant pleural effusion. *Ann Intern Med.* 1997 May 15;126(10):768-74. doi: 10.7326/0003-4819-126-10-199705150-00003
- Seldinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta Radiol.* 1953 May;39(5):368-76. <https://doi.org/10.3109/00016925309136722>
- Moon Jun Na. Diagnostic tools of pleural effusion. *Tuberc Respir Dis (Seoul).* 2014 May;76(5):199-10. Published online 2014 May 29. doi: 10.4046/trd.2014.76.5.199
- Montes JF, Garcia-Valero J, Ferrer J. Evidence

of innervation in talc-induced pleural adhesions. *Chest*. 2006 Sep;130(3):702-9. doi: 10.1378/chest.130.3.702

10. Boshuizen RC, Sinaasappel M, Vincent AD, Goldfinger V, Farag S, van den Heuvel MM. Pleural pressure swing and lung expansion after malignant pleural effusion drainage: the benefits of high-temporal resolution pleural manometry. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2013 Jul;20(3):200-5. doi: 10.1097/LBR.0b013e31829af168

11. Staes W, Funaki B. "Ex vacuo" pneumothorax. *Semin Intervent Radiol*. 2009 Mar;26(1):82-85. doi: 10.1055/s-0029-1208386

12. Corcoran JP, Psallidas I, Wrightson JM, Hallifax RJ, Rahman NM. Pleural procedural complications: prevention and management. *J Thorac Dis*. 2015 Jun;7(6):1058-67. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2015.04.42

#### REFERENCES

1. Zielinska-Krawczyk M, Krenke R, Grabczak EM, Light RW. Pleural manometry-historical background, rationale for use and methods of measurement. *Respir Med*. 2018 Mar;136:21-28. doi: 10.1016/j.rmed.2018.01.013
2. Gordon CE, Feller-Kopman D, Balk EM, Smetana GW. Pneumothorax following thoracentesis: a systematic review and meta-analysis. *Arch Intern Med*. 2010 Feb 22;170(4):332-39. doi: 10.1001/archinternmed.2009.548
3. Genofre EH, Vargas FS, Teixeira LR, Vaz MAC, Marchil E. Reexpansion pulmonary edema. *J Pneumologia*. 2003;29(2):101-106. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-35862003000200010>
4. Sohara Y. Reexpansion pulmonary edema. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2008 Aug;14(4):205-9. [http://](http://www.atcs.jp/pdf/2008_14_4/205.pdf)

#### Адрес для корреспонденции

644112, Российская Федерация,  
г. Омск, ул. Перелета, д. 7,  
Омский государственный  
медицинский университет,  
кафедра общей хирургии,  
тел.: +7 913 621 48 03,  
e-mail: roverbover@bk.ru,  
Хасанов Альгис Равильевич

#### Сведения об авторах

Хасанов Альгис Равильевич, очный аспирант, кафедра общей хирургии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Российская Федерация.  
<http://orcid.org/0000-0002-5724-3391>

Коржук Михаил Сергеевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей хирургии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Российская Федерация.  
<http://orcid.org/0000-0002-4579-2027>

Безмозгин Кирилл Геннадьевич, врач-торакальный хирург, Городская клиническая больница № 1 им. А.Н. Кабанова, г. Омск, Российская Федерация.  
<http://orcid.org/0000-0001-6183-1711>

Жукова Ольга Олеговна, ординатор кафедры общей хирургии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Российская Федерация.  
<http://orcid.org/0000-0002-6666-3814>

- www.atcs.jp/pdf/2008\_14\_4/205.pdf
5. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013 Nov 27;310(20):2191-94. doi: 10.1001/jama.2013.281053
  6. Lan RS, Lo SK, Chuang ML, Yang CT, Tsao TC, Lee CH. Elastance of the pleural space: a predictor for the outcome of pleurodesis in patients with malignant pleural effusion. *Ann Intern Med*. 1997 May 15;126(10):768-74. doi: 10.7326/0003-4819-126-10-199705150-00003
  7. Seldinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta Radiol*. 1953 May;39(5):368-76. <https://doi.org/10.3109/00016925309136722>
  8. Moon Jun Na. Diagnostic tools of pleural effusion. *Tuberc Respir Dis (Seoul)*. 2014 May;76(5):199-10. Published online 2014 May 29. doi: 10.4046/trd.2014.76.5.199
  9. Montes JF, García-Valero J, Ferrer J. Evidence of innervation in talc-induced pleural adhesions. *Chest*. 2006 Sep;130(3):702-9. doi: 10.1378/chest.130.3.702
  10. Boshuizen RC, Sinaasappel M, Vincent AD, Goldfinger V, Farag S, van den Heuvel MM. Pleural pressure swing and lung expansion after malignant pleural effusion drainage: the benefits of high-temporal resolution pleural manometry. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2013 Jul;20(3):200-5. doi: 10.1097/LBR.0b013e31829af168
  11. Staes W, Funaki B. "Ex vacuo" pneumothorax. *Semin Intervent Radiol*. 2009 Mar;26(1):82-85. doi: 10.1055/s-0029-1208386
  12. Corcoran JP, Psallidas I, Wrightson JM, Hallifax RJ, Rahman NM. Pleural procedural complications: prevention and management. *J Thorac Dis*. 2015 Jun;7(6):1058-67. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2015.04.42

#### Address for correspondence

644112, The Russian Federation,  
Omsk, Perelet Str., 7,  
Omsk State Medical University,  
General Surgery Department,  
Tel. +7 913 621 48 03,  
e-mail: roverbover@bk.ru,  
Algis R. Khasanov

#### Information about the authors

Khasanov Algis R., Post-Graduate Student, General Surgery Department, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation.  
<http://orcid.org/0000-0002-5724-3391>

Korzhuk Mikhail S., MD, Professor, Head of General Surgery Department, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation.  
<http://orcid.org/0000-0002-4579-2027>

Bezmozgin Kirill G., Thoracic Surgeon, A.N. Kabanov Omsk City Clinical Hospital №1, Omsk, Russian Federation.  
<http://orcid.org/0000-0001-6183-1711>

Zhukova Olga O., Intern of General Surgery Department, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation.  
<https://orcid.org/0000-0002-6666-3814>

Кинзерский Александр Анатольевич, заочный аспирант, кафедра общей хирургии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Российская Федерация.  
<https://orcid.org/0000-0001-5749-1873>

Kinzerskiy, Alexander A., Post-Graduate Student, General Surgery Department, Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation.  
<https://orcid.org/0000-0001-5749-1873>

**Информация о статье**

*Поступила 16 марта 2018 г.  
Принята в печать 14 января 2019 г.  
Доступна на сайте 28 февраля 2019 г.*

**Article history**

*Arrived 16 March 2018  
Accepted for publication 14 January 2019  
Available online 28 February 2019*

---