

# ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ КОЛЕБАНИЙ ВНУТРИПЛЕВРАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ТОРАКОЦЕНТЕЗЕ У ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ ПЛЕВРАЛЬНОГО ВЫПОТА<sup>1</sup>

## DIAGNOSTIC SIGNIFICANCE OF PLEURAL PRESSURE SWING IN PATIENTS WITH PLEURAL EFFUSION SYNDROME UNDERWENT THORACOCENTESIS

**A. Khasanov  
M. Korzhuk  
K. Bezmozgin  
A. Blokh**

*Summary.* Pleural effusion often complicates many systemic diseases and significantly reduces the quality of patient's life. In our study, we developed a device and method for measuring pleural pressure during thoracocentesis and drainage of the pleural cavity. A prospective clinical study included 36 clinical cases of patients who underwent inpatient and outpatient treatment with pleural effusion, which was performed thoracocentesis with pleural manometry recording. The control values of the parameters of pleural pressure were recorded before and after the evacuation of the fluid from the pleural cavity. The digital material is processed using the methods of regression statistics and ROC analysis. Depending on the outcomes of the manipulation, the sample was divided into groups with a straightened ( $n = 18$ ) and an unexpandable lung ( $n = 18$ ), and a subgroup of patients with pneumothorax ( $n = 6$ ) appeared after thoracocentesis. It has been proven that a decrease in the amplitude of pleural pressure swing after fluid removal is a predictor of the unexpandable lung.

*Keywords:* pleural manometry, pleural effusion, pleuritis, thoracocentesis, hydrothorax.

**Хасанов Альгис Равильевич**

Ассистент, ФГБОУ ВО «Омский государственный  
медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации  
roverbover@bk.ru

**Коржук Михаил Сергеевич**

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Омский государственный  
медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации  
gensurg@mail.ru

**Безмозгин Кирилл Геннадьевич**

Соискатель, ФГБОУ ВО «Омский государственный  
медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации  
gin113564@gmail.com

**Блох Алексей Игоревич**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Омский государственный  
медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации  
blokh\_ai@mail.ru

*Аннотация.* Плевральный выпот часто осложняет многие системные заболевания и значительно снижает качество жизни пациентов. В нашей работе мы разработали устройство и способ измерения внутриплеврального давления при торакоцентезе и дренировании плевральной полости. Было проведено проспективное клиническое исследование, включавшее 36 клинических случаев пациентов, проходивших стационарное и амбулаторное лечение с синдромом плеврального выпота, которым проводился торакоцентез с плевральной манометрией. Контрольные значения параметров внутриплеврального давления записывались до и после окончания эвакуации жидкости из плевральной полости. Полученный цифровой материал обработан с использованием методов регрессионной статистики и ROC-анализа. В зависимости от исходов манипуляции выборка была разделена на группы с расправленным ( $n=18$ ) и нерасправляемым легким ( $n=18$ ), также была выделена подгруппа пациентов с возникшим после торакоцентеза пневмотораксом ( $n=6$ ). Было доказано, что снижение амплитуды колебаний внутриплеврального давления после удаления жидкости является предиктором нерасправляемого легкого.

*Ключевые слова:* плевральная манометрия, плевральный выпот, плеврит, торакоцентез, гидроторакс.

<sup>1</sup> Статья выполнена в рамках Гранта. Грант фонда содействия инновациям «Умник-2017», договор #12561, грантополучатель Безмозгин Кирилл Геннадьевич

## Введение

**О**дним из самых частых респираторных осложнений многих заболеваний является синдром плеврального выпота. Такое осложнение значительно снижает качество жизни за счет дыхательной недостаточности, кашля и боли, а также может иметь рецидивирующий характер. Это может стать доминирующим фактором по необходимости и сложности потребных медицинских мероприятий. Он обусловлен дисбалансом между секрецией и поглощением жидкости мезотелием плевры. Основным способом симптоматического лечения плеврального выпота является удаление объема патологического содержимого плевральной полости посредством терапевтического торакоцентеза.

При торакоцентезе по разным причинам могут возникать осложнения манипуляции. В их числе может быть и пневмоторакс, который встречается в 0–19% случаев [5].

Важным параметром, характеризующим процессы, происходящие в плевральной полости, является внутриплевральное давление, а также его колебания и изменения при удалении патологического содержимого из плевральной полости. Внутриплевральное давление можно определить только инвазивным методом посредством введения в плевральную полость через грудную стенку катетера или иглы. В норме внутриплевральное давление у взрослого человека составляет от  $-3$  до  $-5$  см вод. ст., на пике форсированного вдоха внутриплевральное давление может падать до  $-80$  см вод. ст., а конце форсированного выдоха  $20$  см вод. ст. [1]. Падение усредненного показателя давления в плевральной полости ниже  $-40$  см вод. ст. при удалении патологического содержимого из плевральной полости без применения дополнительного разрежения некоторые авторы считают признаком нерасправляемого легкого [4, 8]. При этом падение этого параметра при нерасправляемом легком зависит от объема удаленной жидкости и способа ее эвакуации, что не позволяет его считать достоверным диагностическим критерием.

## Материалы и методы

Было проведено клиническое исследование, включавшее 36 клинических случаев пациентов, проходивших стационарное и амбулаторное лечение в условиях БУЗОО ГКБ№ 1 им Кабанова А. Н. с синдромом плеврального выпота, находившихся на спонтанном дыхании и имевшие показания для проведения лечебно-диагностического торакоцентеза, подписавшие письменное добровольное согласие на проведение манипуляции и исследования.

Критериями сравнения явились 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.) и амплитуда колебаний давления между пиками вдоха и выдоха при спокойном дыхании до и после удаления жидкости (см вод. ст.), разность показателей амплитуды колебаний давления в начале и в конце исследования, эластичность плевры. Центральная тенденция показателей критериев сравнения в описательной статистике указана с помощью медианы и 1-го и 3-го квартилей.

Манипуляция проводилась по стандартной методике с введением в плевральную полость катетера по Seldinger 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. После введения катетера диаметром  $1,4$  мм в плевральную полость к системе удаления жидкости через стерильные патрубков и тройник подсоединялся плевральный манометр.

Внутриплевральная манометрия производилась с использованием плеврального манометра, расположенного на магистрали, отходящей от катетера, установленного в плевральную полость. Плевральный манометр состоял из бактериального фильтра, следующего за ним по патрубку датчик внутриплеврального давления, подсоединенный к аналого-цифровому преобразователю, передающему сигнал на электронное устройство — планшетный компьютер.

Сигнал об изменении внутриплеврального давления передавался на электронное устройство на всем протяжении процедуры удаления жидкости из плевральной полости при торакоцентезе с определением контрольного значения до и после удаления жидкости (рис. 1).

Расчет данных плевральной манометрии проводился после завершения хирургической манипуляции и отключения электронного устройства от самого пациента.

Среднее внутриплевральное давление рассчитывалось на основании среднего показателя давления за время 5 последовательных спокойных актов дыхания в расслабленном состоянии пациента на спонтанном дыхании.



Рис. 1. Общий вид барограммы до, во время и после удаления жидкости из плевральной полости.

Амплитуда колебаний внутриплеврального давления рассчитывалась на основании разницы между средним показателем давления на пике выдохе и пике вдоха за 5 последовательных спокойных актов дыхания.

Следующим этапом выполнялась эвакуация патологического содержимого гравитационным дренированием с водяным замком до прекращения 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 считаются предвестниками начинающегося реэкспансионного отека легкого [6]. Активная аспирация при торакоцентезе не использовалась с целью избежания повреждения плевры, усиления болевого синдрома, а также выраженного снижения чистоты исследования в связи с тем, что высокое отрицательное давление в плевральной полости, как в замкнутой системе, может сохраняться длительное время до реэкспансии легкого, которая наступает при восстановлении близкого к нормальному объему циркулирующей крови в малом круге кровообращения и полноценной проходимости бронхов со стороны гидроторакса. Активная аспирация с большей вероятностью может привести к реэкспансионному отеку легкого в виду скорости его расправления [2]. Даже при нормальной расправляемости легкого аспирация может вызвать контакт проксимального конца катетера и поверхности легкого, перекрытие отверстий, что также ухудшает чистоту исследования и не позволяет удалить оставшийся выпот из плевральной полости.

В дальнейшем, всем пациентам после манипуляции в течение первых 24 часов проводилась комплексная диагностика с целью исключения или подтверждения данных за нерасправляемое легкое, в том числе пневмоторакс. При объективном исследовании 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.

Данными, подтверждающими нерасправляемое легкое, становились: отсутствие поступления жидкости по катетеру самостоятельно под действием гравитации в конце манипуляции или появление жалоб и клинической картины, свидетельствующей о начинающемся реэкспансионном отеке легкого, в сочетании с сохранением гидроторакса в виде заложенности диафрагмальных синусов или в сочетании с осумкованием выпота по данным контрольной рентгенографии. Появление данных за пневмоторакс также относилось к нерасправляемому легкому. Симптомами, подтверждающими пневмоторакс по данным ультразвукового исследования, явились: «силуэт» летучей мыши при установке ультразвукового датчика в 2–4 межреберьях по среднеключичной линии со стороны проводимого ранее торакоцентеза, появление «баркода» при сканировании датчиком в М-режиме. По данным рентгенографии, признаками пневмоторакса

Таблица 1. Описательная статистика исследования

Показатели	Вся выборка (n=36)	В том числе		
		Расправляемое легкое (n=18)	Нерасправляемое легкое (n=18)	Есть пневмоторакс n=6
Мужчин; чел.	23	12	11	4
Женщин; чел.	13	6	7	2
Умерло в течение 3 месяцев после манипуляции; чел.	9	4	5	4
Пациенты с подозрением на реэкспансионный отек легкого	9	4	5	2
Возраст; лет	62,0 (56,0; 67,5)	62,0 (56,0; 68,0)	61,5 (56,0; 66,0)	61,0 (57,0; 64,0)
Объём удалённой жидкости; мл.	750,0 (600,0; 1125,0)	800,0 (600,0; 1150,0)	750,0 (600,0; 1100,0)	825,0 (600,0; 1000,0)
Среднее внутриплевральное значение до удаления жидкости (Pp1); см вод. ст.	8,3 (1,1; 15,9)	12,9 (4,7; 22,3)	6,6 (-6,1;9,5)	1,3 (-8,0;11,2)
Среднее внутриплевральное значение после удаления жидкости (Pp2); см вод. ст.	0,7 (-12,5; 10,6)	7,6 (-2,0; 22,9)	-2,0 (-21,1; 2,0)	-4,7 (-21,5;1,9)
Амплитуда колебаний внутриплеврального давления до удаления жидкости (Apl1); вод. ст.	2,4 (1,4; 3,3)	2,3 (1,4; 3,4)	2,4 (1,4;2,7)	2,6 (2,4;6,1)
Амплитуда колебаний внутриплеврального давления после удаления жидкости (Apl2); см вод. ст.	2,3 (1,5; 3,7)	3,0 (2,4; 4,0)	2,0 (0,8;2,2)	2,2 (0,9;2,2)
Эластичность плевры (Epl); см вод.ст. / л	12,0 (6,0; 21,0)	8,9 (5,6; 19,5)	17,5 (11,8;23,8)	21,5 (16,5;39,7)
Изменение амплитуды (Apl1-Apl2); см вод. ст.	-0,2 (-0,9; 0,7)	-0,8 (-1,6; -0,1)	0,3 (-0,3;1,7)	0,3 (0,2;1,8)

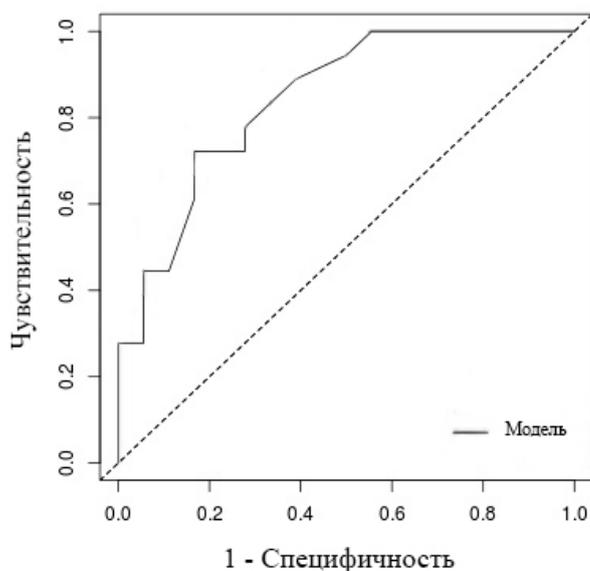


Рис. 2. ROC-кривая для модели предсказания нерасправления легкого в зависимости от изменения амплитуды колебаний внутриплеврального давления.

явились появление просветления в легочном поле и линии висцеральной плевры с коллапсом легкого, а также горизонтальный уровень свободной жидкости.

Полученный цифровой материал обработан с использованием методов регрессионной статистики, ROC-анализа в программе StatPlus: mac Pro 6 (AnalystSoft inc) и в программе Statistica ver 6.0.

На основании исходов манипуляции было сформировано 3 группы пациентов: группа 1 — пациенты с расправленным после торакоцентеза легким (n=18), группа 2 — пациенты с нерасправляемым легким (n=18). При этом из группы 2 была выделена подгруппа 2-1 — пациенты, у которых торакоцентез осложнен пневмотораксом (n=6). У пациентов, в процессе манипуляции у которых возникли симптомы, характерные для реэкспансионного отека легкого (n=9), данное осложнение рентгенологически подтверждено не было.

## Результаты

Описательная статистика всей выборки представлена в таблице 1.

Для построения ROC-кривой было построено несколько моделей, включающих в себя несколько предикторов для определения специфичности и чувствительности.

Для сформулированных диагностических моделей был проведен ROC-анализ с определением чувствительности и специфичности [3].

При оценке взаимосвязи между достижением расправления легкого и переменными-предикторами (эластичность плевры, изменение амплитуды колебаний давления) обнаружено, что с неблагоприятным прогнозом было статистически значимо связано изменение амплитуды, а именно уменьшение её после удаления выпота ( $p < 0,05$ ). Специфичность и чувствительность для данного показателя составили соответственно 72,2% и 83,3% (рис. 2).

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), статистически значимая связь с появлением пневмоторакса при контрольном обследовании не была обнаружена ( $p > 0,05$ ).

Не выявлено достоверной связи с появлением признаков реэкспансионного легкого во время процедуры

и развитием нерасправления легкого или пневмоторакса.

В подгруппе с пневмотораксом после контрольной рентгенографии у 4 пациентов была выполнена установка внутриплеврального дренажа с целью контроля за плевральной полостью и предупреждения развития напряженного пневмоторакса. В остальных 2 случаях, в связи с отсутствием нарастания дыхательной недостаточности, небольшим количеством воздуха по данным рентгенографии или УЗИ установка дренажа не применялась.

У 4 пациентов из 6 в подгруппе с осложнениями было отмечено значительное снижение внутриплеврального давления ниже нуля. У оставшихся двух имелся 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 пациентов с последующей установкой дренажа, был выявлен сохраняющийся сброс воздуха по дренажу.

## Обсуждение результатов

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, а наличие внутриплевральных сращений не позволяет, помимо прочего, выполнять полноценные экскурсии грудной клетки со стороны поражения. Это связано с болевыми ощущениями при растяжении плевральных сращений, а также с органическими изменениями в грудной стенке и париетальной плевре. До тех пор, пока легкое в какой-то мере поджато объемом жидкости в плевральной полости, амплитуда колебаний внутриплеврального давления может быть близкой к нормальной, однако по мере удаления жидкости тяги, создаваемой с непораженной стороны становится недостаточно для того, чтобы поддерживать давление в бронхах и альвеолах пораженного легкого. Это, по нашему мнению, и приводит к уменьшению амплитуды колебаний внутриплеврального давления при удалении жидкости из плевральной полости с пораженной стороны.

Показатель изменения амплитуды колебаний внутриплеврального давления может являться достоверным предиктором нерасправления легкого после торакоцентеза, что говорит о ценности плевральной манометрии при торакоцентезе с удалением жидкости из плевральной полости.

При этом статистическая значимость зависимости появления пневмоторакса после торакоцентеза у пациентов с синдромом плеврального выпота была значительно ниже.

Пневмоторакс при изменении внутривнутриплеврального 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 [7]. Такой пневмоторакс может быть 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.

## Выводы

1. Клинические и параклинические особенности пациентов (в том числе усиление симптомов кашля, боли в груди, одышки, появления коллапса) в процессе эвакуации плеврального выпота не являются отличающимися и не позволяют достоверно прогнозировать исход манипуляции и должны быть дополнены объективными данными.

2. Разработанный способ плевральной манометрии, заключающийся в применении устройства, состоящего 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 исхода подтверждения и установлена для изменения колебаний внутриплеврального давления, ассоциированных с актом дыхания.

4. Объективным предиктором нерасправляемости легкого после торакоцентеза является снижение амплитуды ассоциированных с актом дыхания колебаний внутриплеврального давления. Для снижения амплитуды колебаний внутриплеврального давления специфичность составляет 72,2%, а чувствительность — 83,3%.

Статья выполнена в рамках Гранта. Грант фонда содействия инновациям «Умник-2017», договор #12561, грантополучатель Безмозгин Кирилл Геннадьевич

## ЛИТЕРАТУРА

1. Интенсивная терапия: руководство для врачей / В. Д. Малышев, С. В. Свиридов, И. В. Веденина и др.; под ред. В. Д. Малышева, С. В. Свиридова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2009. — 712 с.
2. BTS Pleural Disease Guidelines 2010 / British Thoracic Society Reports. — 2010. — Vol. 2. № 3. 14p
3. Goksuluk, D. easyROC: An Interactive Web-tool for ROC Curve Analysis Using R Language Environment / D. Goksuluk, S. Korkmaz, G. Zararsiz // The R Journal. — 2016. — Vol. 8 (2). — P. 213–230.
4. Physiology of breathlessness associated with pleural effusions / T. Rajesh [et al.] // Pulmonary Medicine. — 2015. — Vol. 21, № 4. — P. 338–345
5. Pneumothorax Following Thoracentesis. A Systematic Review and Meta-analysis / E. G. Craig [et al.] // Archives of Internal Medicine. — 2010. — Vol. 170 (4). — P. 332–339 doi: 10.1001/archinternmed.2009.548
6. Reexpansion Pulmonary Edema / E. H. Genofre [et al.] // Jornal Brasileiro de Pneumologia. — 2003. — Vol. 29. № 2. — P. 101–106 <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-35862003000200010>, Sohara, Y. Reexpansion Pulmonary Edema / Y. Sohara // Annals of Thoracic & Cardiovascular Surgery. — 2008. — Vol. 14. № 4. — P. 205–209
7. Staes W. “Ex Vacuo” pneumothorax / W. Staes, B. Funaki // Seminars in interventional Radiology. — 2009. — Vol. 26, № 1. — P. 82–85
8. Thoracostomy tubes: A comprehensive review of complications and related topics / M. Kwiatt [et al.] // International Journal of Critical Illness & Injury Science. — 2014. — Vol. 4, № 2. — P. 143–155