

Чуяшенко Елена Васильевна

**Ультразвуковое исследование легких при пневмонии**

14.01.13 - лучевая диагностика, лучевая терапия

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Научный руководитель:**

Доктор медицинских наук, профессор Завадовская Вера Дмитриевна

**Научный консультант:**

Доктор медицинских наук, профессор Букреева Екатерина Борисовна

**Официальные оппоненты:**

Сафонов Дмитрий  
Владимирович

Доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра лучевой диагностики факультета дополнительного профессионального образования факультета повышения квалификации врачей, заведующий

Гаврилов Павел  
Владимирович

Кандидат медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, руководитель направления "Лучевая диагностика", ведущий научный сотрудник

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва.

Защита состоится **16.11.2021** года в     .00 часов на заседании диссертационного совета Д 002.279.02 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук» по адресу г. Томск, ул. Киевская, 111а, Научно-исследовательский институт кардиологии.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», адрес сайта <http://tnimc.ru/>

Автореферат разослан «    » \_\_\_\_\_ 2021 года

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор медицинских наук



Гракова Елена Викторовна

## АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пневмония – инфекционное поражение альвеол, сопровождающееся инфильтрацией паренхимы клетками воспаления, как ответ на проникновение и пролиферацию микроорганизмов в стерильные отделы респираторного тракта. Современная медицина характеризуется появлением новых антибактериальных препаратов широкого спектра действия, но, несмотря на это пневмония остается самым распространенным инфекционным заболеванием, угрожающим тяжелыми осложнениями и летальным исходом [Parlamento S., 2009; Unluer E., 2013; Radzina M., 2019г]. Пневмония находится на 1-м месте среди всех инфекционных заболеваний и занимает 6-е место среди всех причин смерти [Чучалин А. Г., 2014].

Распространенность тяжелых пневмоний (внебольничных, нозокомиальных), ассоциированных с неблагоприятным ближайшим прогнозом и необходимостью своевременной (в первые 48-72 часов лечения) оценки эффективности антибиотикотерапии, предполагает мониторинг воспалительного инфильтрата в ранние сроки лечения, выходящие за рамки сроков традиционного рентгенологического исследования.

Летальность среди больных, не ответивших на лечение, существенно возрастает и часто связана с прогрессивным распространением объема поражения и/или развитием осложнений (парапневмонический плеврит, эмпиема плевры) [Lichtenstein D.A., 2015; Алехин М. Н., 2015].

В течение последних десятилетий широко изучаемым вопросом является оценка диагностической информативности и точности ультразвукового исследования при заболеваниях легких [Soldati G., 2013; Guyi W., 2016; Yilmaz H.L., 2017; Heng X., 2020]. В условиях пандемии COVID-19 ультразвуковое исследование приобрело особое значение и в большом количестве публикаций активно обсуждаются преимущества данного метода [Vetrugno L., 2020; Brenner D.J., 2020; Zhang Y., 2020]. Высокая информативность, растущий клинический опыт и техническое усовершенствование метода позволяют использовать ультразвуковое исследование для диагностики заболеваний плевры и легких. Подтверждением этому служит BLUE протокол - ургентная сонография легких при острой респираторной недостаточности, разработанный D. Lichtenstein в Германии еще в 2008 году.

За рубежом компьютерная томография считается «золотым стандартом» для выявления пневмонии и других легочных поражений у взрослых, однако данная модальность не может быть использована в качестве первичного метода визуальной инструментальной диагностики у пациентов (как взрослого, так и детского контингента) с подозрением на пневмонию в связи с высокой дозой облучения [Boursiani C., 2017; Vove T., 2020]. В палатах интенсивной терапии и реанимационных отделениях компьютерная томография не выполняется, а транспортировка больных в кабинет компьютерной томографии не всегда возможна. Несмотря на достаточно большое количество библиографических данных об информативности использования ультразвукового метода для диагностики пневмонии, в литературе нет единой точки зрения о диагностической

эффективности данной модальности [Alzahrani S.A., 2017; Karimi E., 2019; Musolino A., 2019; Hall E.J., 2020]. Это обусловлено тем, что до настоящего времени не раскрыты полностью возможности УЗИ в зависимости от морфологической формы воспаления, от локализации и протяженности процесса, отсутствуют конкретные данные о сопоставлении ультразвукового исследования, рентгенографии и компьютерной томографии. Конкретно не установлена периодичность ультразвукового мониторинга воспалительного инфильтрата легких в зависимости от контрольных точек за все время госпитализации. В условиях пандемии важен вопрос взаимосвязи результатов ультразвуковой картины поражения легких и тяжести течения заболевания.

Ультразвуковое исследование с учетом безопасности лучевой нагрузки и широкой доступности метода может занять надлежащее место в стандартном алгоритме лучевой диагностики у больных воспалительными заболеваниями легких, однако результаты ультразвукового исследования патологии легких требуют более широкого изучения и определенных доработок в ультразвуковой семиотике воспалительных изменений в легких, в том числе при COVID-19.

### **Степень разработанности**

На сегодняшний день большинство литературных источников свидетельствует о достаточной изученности вопроса использования ультразвукового исследования легких в диагностике и оценке динамики пневмоний. Однако в процессе изучения и сравнений литературных данных было выявлено множество спорных вопросов, требующих уточнения семиотики воспалительной инфильтрации в зависимости от морфологического типа пневмонии и точности интерпретации полученных ультразвуковых артефактов. Дианова Т.И., Сафронова Д.В. (2015) столкнулись с проблемой интерпретации причины артефакта в виде В-линий (признак уплотнения интерстициальной стромы легких).

Одним из спорных вопросов является оценка безвоздушного участка легочной ткани. По мнению Ольховой Е.Б., Хаспекова Д.В., Буваевой Г.С. (2004), помимо воспалительной инфильтрации безвоздушным фрагментом легочной ткани может быть ателектаз на фоне аспирации инородных тел, который визуализируется аналогичным образом. Поэтому дифференцировать с помощью ультразвука безвоздушные участки легочной паренхимы по этиологическому признаку затруднительно. Guyi W., Xiaoying J. (2016), Görg C., Seifart U. (2013), Nazerian P., Vanni S., Volpicelli G. (2013) предложили критерии дифференцировки ателектаза, пневмонии и легочной эмболии с помощью доплерографии на основании различий в васкуляризации легочной ткани. Вопрос трактовки феномена «воздушной бронхограммы» при ультразвуковом исследовании легких также является дискуссионным. Буваева Г.С. (2004), при проведении ультразвукового исследования выделила феномен «воздушной бронхограммы» у 51,1% больных в острой фазе заболевания, наличие которого считает прогностически положительным признаком в динамике воспалительного инфильтрата, свидетельствующим о тенденции к восстановлению воздушности легочной ткани. Такая точка зрения остается сомнительной, так как при

проведении рентгенологического исследования органов грудной клетки симптом «воздушной бронхографии» свидетельствует о явно выраженном воспалительном субстрате.

В последние годы был поднят вопрос использования ультразвукового исследования не только как диагностического метода в выявлении воспалительного инфильтрата, но и как метода мониторинга динамики процесса, выявления ранних осложнений. Так Anna Maria Musolino и соавторы (2019) проводили контрольное ультразвуковое исследование детям с подтвержденной внебольничной пневмонией спустя 48 часов после госпитализации. Они отметили возможность ранней диагностики осложнений и перспективу оценки проводимой антибактериальной терапии. Полученные данные подкреплялись рентгенографией и лабораторными данными. Однако, считается, что использование рентгенографии в ранние сроки (т.е. 2 сутки госпитализации) для оценки динамики малоинформативно.

По данным Yao Zhang, Heng Xue и др. (2020) компьютерная томография является основным методом выбора диагностики при COVID-19. Тем не менее, данный метод не может быть использован в каждом случае в виду еще большей лучевой нагрузки, чем при рентгенографии, а также риска осложнений, связанных с транспортировкой пациента в отделение компьютерной томографии [Brenner D.J., Hall E.J. 2020].

В 2020 году китайские авторы Yao Zhang, Heng Xue и др. оценивали ультразвуковую картину легких пациентов с COVID-19 и устанавливали взаимосвязь результатов УЗИ с продолжительностью симптомов и тяжестью течения заболевания. Частота проведения контрольных ультразвуковых исследований определялась продолжительностью и тяжестью симптомов, однако итальянские авторы Luigi Vetrugno и др. (2020) считают, что контрольные ультразвуковые точки должны быть стандартизированы и для каждого пациента проводиться в равные интервалы для точной сравнительной оценки изменений в легких, поэтому данный вопрос остается дискуссионным.

Несмотря на безусловные возможности ультразвукового исследования легких в установлении консолидации легочной ткани, данная модальность до сих пор не включена в диагностический алгоритм у пациентов с пневмонией в отечественной клинической практике.

**Цель работы:** Оценка информативности ультразвукового исследования в диагностике пневмоний и мониторинге динамики их течения

**Задачи работы:**

1. Проанализировать ультразвуковую семиотику изменений легких при пневмонии в зависимости от формы морфологического субстрата
2. Оценить в сравнительном аспекте диагностическую информативность ультразвукового исследования и рентгенографии в диагностике воспалительных инфильтратов легких у пациентов с подозрением на пневмонию.
3. Определить возможности и сроки мониторинга динамики пневмонии с помощью ультразвукового исследования

4. Установить взаимосвязь результатов ультразвуковой картины поражения легких и тяжести течения заболевания при новой коронавирусной инфекции

#### **Научная новизна**

1. На основании сравнительной оценки ультразвукового исследования, компьютерной томографии и рентгенографии определена диагностическая информативность ультразвукового метода в диагностике пневмонии в зависимости от морфологического типа

2. Впервые аргументированы сроки ультразвукового мониторинга изменений в легочной ткани при пневмонии в сравнении с рентгенографией

3. Определена возможность выявления поражения легочной ткани с помощью ультразвукового исследования во время течения малосимптомной фазы вирусной пневмонии

#### **Практическая значимость работы**

В основе диссертационной работы лежит изучение возможностей ультразвукового исследования легких в диагностике пневмоний путем сравнения полученных результатов по данным рентгенографии, компьютерной томографии и ультразвукового исследования. Благодаря комплексной оценке рентгенологических и ультразвуковых симптомов, появилась возможность определить локализацию, протяженность и динамику воспалительного процесса у пациентов с пневмонией методом, не обладающим лучевой нагрузкой на пациента.

На основании выполненного исследования получены высокие показатели диагностической эффективности ультразвукового исследования в диагностике интерстициальной вирусной пневмонии. Разработаны оптимальные сроки мониторинга динамики воспалительного инфильтрата. Определена взаимосвязь результатов ультразвуковой картины поражения легких и тяжести течения заболевания при COVID-19. Неинвазивность ультразвукового исследования, отсутствие лучевой нагрузки, возможность проведения исследования непосредственно у постели больного позволяет рассматривать данную модальность как перспективную при исследовании пациентов, находящихся в палатах интенсивной терапии, а также как оптимальный метод диагностики и мониторинга динамики интерстициальной пневмонии.

#### **Теоретическая значимость работы**

Результаты диссертационного исследования расширили существующие представления о роли ультразвукового исследования в диагностике воспалительных заболеваний легких. На основании выполненного исследования автором уточнена ультразвуковая семиотика пневмонии в зависимости от морфологического типа субстрата.

#### **Методология и методы исследования**

Исследование проводилось в несколько этапов с оценкой клинической картины, результатов инструментальных методов (преимущественно лучевых), лабораторных данных и с последующей статистической обработкой полученных результатов.

Первый этап – изучение отечественной и зарубежной литературы, раскрывающей возможности ультразвукового исследования в диагностике заболеваний легких.

Второй этап – выполнение клиничко-инструментальных методов диагностики, в том числе выполнена сравнительная оценка диагностической эффективности ультразвукового исследования, рентгенографии органов грудной клетки и компьютерной томографии в качестве «золотого стандарта».

Третий этап – уточнение ультразвуковой семиотики пневмоний в зависимости от морфологического типа воспаления. Анализ возможностей ультразвукового исследования в доступности визуализации воспалительного инфильтрата в зависимости от его локализации и протяженности на основании сравнения результатов данной модальности и рентгенологических методов исследования. Разработка контрольных точек для проведения ультразвукового исследования в мониторинге динамики воспалительного инфильтрата за все время госпитализации. Оценка связи между поражением легочной ткани при COVID-19 и клиническим статусом пациента.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Ультразвуковое исследование позволяет визуализировать изменения в легких с выделением признаков морфологического типа пневмонии и обладает сопоставимыми показателями с рентгенографией.

2. Ультразвуковое мониторирование морфологического субстрата при пневмонии в легких позволяет оценить результативность проводимой терапии в ранние сроки.

3. Ультразвуковая картина поражения легких при COVID-19 коррелирует с тяжестью клинического статуса вирусной пневмонии.

#### **Апробация материалов диссертации**

Основные положения, результаты и выводы выполненного исследования представлены и обсуждены на конференции IV Съезде врачей лучевой диагностики Сибирского Федерального округа, 2016 (Омск); вебинаре «Актуальные вопросы ультразвукового исследования легких в условиях пандемии», 2020 (Томск); VI Съезде врачей лучевой диагностики Сибирского Федерального округа, 2020 (Кемерово); онлайн-школе РОПР для Дальневосточного федерального округа «Лучевая диагностика в клинической практике», 2021 (Москва).

#### **Обоснованность и достоверность полученных результатов**

Достоверность полученных результатов подтверждается достаточным объемом клинического материала (126 пациентов), использованием методик, которые соответствовали поставленным целям и задачам, а также применением современных методов статистического анализа диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук.

#### **Внедрение результатов**

Научные положения и практические рекомендации, сформулированные в диссертации, внедрены в работу отделения ультразвуковой диагностики клиник ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, в учебный процесс кафедры лучевой

диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, применялись в диагностической работе респираторного госпиталя на базе госпитальных клиник ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России.

### **Публикации по теме диссертации**

По теме диссертации опубликовано 3 научные статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ и 3 тезиса в материалах конгрессов и форума.

### **Личное участие**

Анализ данных отечественной и зарубежной литературы по теме диссертационного исследования, разработка дизайна, постановка научных задач, сбор и систематизация первичного материала, включая клиническое обследование, анализ историй болезни и амбулаторных карт, анкетирование больных, анализ статистической обработки полученного материала выполнены лично автором. В соавторстве подготовлены публикации по основным положениям диссертации.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена на 137 страницах, содержит 18 таблиц, 34 рисунка. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, четырех глав результатов собственных наблюдений, заключения, выводов, практических рекомендаций. Библиография содержит 119 источников, из них 20 отечественных и 99 зарубежных. Настоящее исследование проводилось на базе ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, все разделы диссертации выполнены лично автором.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Настоящее клинико-экспериментальное исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 4961 от 31.10.2016 г.) с соблюдением норм, провозглашенных Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава России от 19.06.2003 № 266.

Работа выполнялась на базе ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава.

#### *Клинический материал*

В период с апреля 2016 г. по август 2020 г. были обследованы 126 человек (мужчин – 59(46,8%), женщин – 67(53,2%), средний возраст  $51,8 \pm 10,2$  лет). В исследовании принимали участие пациенты с подозрением на пневмонию. Пациенты, у которых на амбулаторном этапе подозревалась пневмония, в порядке скорой медицинской помощи поступали в дежурный терапевтический стационар клиник СибГМУ для исключения/подтверждения воспалительной инфильтрации.

**Критериями включения** в группу обследуемых пациентов являлись: наличие пневмонии по результатам компьютерной томографии, отсутствие в анамнезе других патологических состояний органов дыхания (ХОБЛ, рак легкого, нарушения гемодинамики малого круга кровообращения), наличие информированного согласия.

Из исследования **исключались** пациенты, у которых диагностировались ХОБЛ, рак легкого, пациенты с сердечной недостаточностью, отсутствовало информированное согласие.

В зависимости от сроков поступления в стационар после появления первых клинических признаков заболевания, все пациенты были разделены на 4 группы (таблица 1).

Таблица 1 – Сроки поступления пациентов в стационар

День госпитализации	Количество пациентов	
	абсолютное	%
С 1-5 день	41	32,5
С 6-10 день	59	46,8
С 11-15 день	18	14,2
С 16-20 день	8	6,3

Основная обращаемость пациентов в стационар отмечалась на 6-10 день заболевания.

Среди 126 обследованных пациентов у 64(51%) пациентов имела место плевропневмония, у 30(24%) пациентов бронхопневмония и в 21(17%) случае интерстициальная пневмония, данной группе пациентов был выставлен диагноз вирусная пневмония, ассоциированная с COVID-19 на основании ПЦР метода.

На первых этапах всех пациентов информировали о целях проведения работы, затем получали их информированное согласие. В выделенные контрольные точки проводился сбор анамнеза, физикальное обследование, оценка симптомов внебольничной пневмонии, измерялась температура, оценивались периферические показатели крови, а также проводился комплекс лучевых методов исследования.

Основными жалобами являлось повышение температуры в течение нескольких дней, кашель с отхождением мокроты, слабость, отдельные больные отмечали одышку, кровохарканье (таблице 2).

Таблица 2 – Клинико-anamnestическая характеристика пациентов

Симптомы заболевания	Количество
Повышение температуры	121 (96%)
Кашель	123 (97,6%)
Кровохарканье	25 (19,8%)
Слабость	112 (89%)
Одышка	18(14%)

По данным таблицы в 96% случаях пациенты предъявляли жалобы на кашель и повышение температуры, у большинства больных преобладала интоксикация в виде слабости 89% и только в 19,8% случаях отмечалось кровохарканье. В группе пациентов с вирусной пневмонией одним из преобладающим симптомов была одышка 18(14%).

Оценка выраженности симптомов и признаков пневмонии, не имеющих количественную градацию, оценивались с помощью баллов. Так - кашель, одышка, повышение температуры, хрипы, крепитация и притупление перкуторного звука оценивались по 1 баллу, для каждого пациента баллы суммировались и в зависимости от полученных результатов делались выводы о тяжести протекающего воспалительного процесса (таблице 3).

Таблица 3 – Балльная характеристика физического состояния пациентов в зависимости от возрастной группы

степень тяжести	возраст					
	18-20	21-30	31-40	41-50	50-60	60 и старше
легкая (1-2 балла)	12(9,5%)	8(6,3%)	10(7,9%)	7(5,5%)	5(3,9%)	1(0,8%)
средняя (3-4 балла)	8(6,3%)	9(7,1%)	8(6,3%)	8(6,3%)	11(8,7%)	12(9,5%)
тяжелая (5-6 баллов)	2(1,6%)	4(3,2%)	3(2,4%)	4(3,2%)	6(4,8%)	8(6,3%)

Из 126 пациентов в 22(17,4%) случаях среди возрастных групп 18-20 и 31-40 преобладала клиническая картина легкой степени тяжести в виде кашля и повышения температуры. Клиническая картина легкой степени практически в равном количестве встречалась в возрастной группе 21-30 и 41-50, тогда как пациенты, относящиеся к старшим возрастным группам (50-60 и старше) клинически ВП переносили более тяжело. Среди данной группы преобладала клиническая картина средней и тяжелой степени с наличием множества симптомов, у этой группы пациентов при физикальном обследовании отмечалось наличие хрипов и притупление перкуторного звука, однако распространенность процесса различалась. У пациентов средней возрастной группы (21-30, 31-40 и 41-50) преобладала клиническая картина средней степени тяжести. Тяжелое течение ВП в молодой и средней возрастных группах отмечалась в единичных случаях. В последующем из общего количества пациентов 21-му был выставлен диагноз вирусная пневмония, ассоциированная с COVID-19.

#### *Инструментальные методы*

**Рентгенография** (комплекс рентгенодиагностический APOLLO DRF, Villa Sistemi Medicali, Италия) выполнялась в прямой задней и боковой проекциях при возможности больного находиться в вертикальном положении, тогда как в прямой передней проекции - в положении лежа на спине. Использовался режим автоматический Thorax Chest AP, напряжение - 120 kV, экспозиция - 125 ma x 5,6 ms в фазу глубокого вдоха.

**Ультразвуковое исследование легких** осуществлялось на ультразвуковом аппарате Toshiba Aplio-MX, с использованием конвексного датчика с частотой 5 МГц.

**Компьютерная томография легких** (Рентгеновский компьютерный томограф Optima CT660 M40) использовалась в качестве «золотого стандарта» диагностики заболеваний органов дыхания.

### *Лабораторные методы исследования*

Проводили исследование периферической крови с использованием автоматического гематологического анализатора Sysmex XN – 1000 («Sysmex» Япония). Для подтверждения наличия коронавирусной инфекции использовали ПЦР диагностику. ПЦР (полимеразная цепная реакция) – метод, который позволяет выявить присутствие вируса в организме.

### *Статистические методы исследования*

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Statistica 10.0. Параметрический критерий для сравнения двух независимых выборок "t-критерий Стьюдента для независимых выборок" при условии, что дисперсии равны. Проверка на нормальность, если подчиняется НЗР - t-критерий Стьюдента для зависимых выборок, если нет – критерий Вилкоксона, критерий знаков. Описание качественных показателей проведено с указанием абсолютных и относительных частот n (%). Сравнение качественных независимых показателей производилось с использованием хи-квадрата Пирсона, для зависимых - критерия Мак-Нимара. Результаты считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## **РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### *Сравнение возможностей рентгенографии и ультразвукового исследования*

Для обоснования возможностей УЗИ в оценке морфологических изменений легких при пневмонии на первом этапе работы была проведена оценка показателей диагностической эффективности рентгенографии, результаты которой в свою очередь сопоставлялись с «золотым стандартом» - компьютерной томографией.

Первым этапом было выявление количества пациентов с воспалительной инфильтрацией легких из общего числа больных, принимающих участие в исследовании. Среди 126 пациентов, которые предполагались для включения в исследование, по данным рентгенографии органов грудной клетки пневмония была выявлена в 105(83%) случаях, тогда как по данным компьютерной томографии в 115(91%) случаях, у 11(9%) пациентов воспалительная инфильтрация не подтвердилась. При сопоставлении рентгенографии органов грудной клетки с данными КТ в качестве «золотого стандарта» из 105 пациентов 103(82%) результата были отнесены к истинно положительным (ИП), 2(1,5%) пациента показали ложно положительный результат (ЛП) - за счет наличия параканкротной пневмонии. Среди 21(17%) наблюдения с отрицательными данными рентгенологического исследования было получено 9(7%) истинно отрицательных (ИО) результатов, а 12(9,5%) ложноотрицательных (ЛО), из них 3 пациента с бронхопневмонией и 9 с интерстициальными пневмониями, что обусловлено меньшей протяженностью процесса на ранних стадиях заболевания (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели диагностической эффективности рентгенографии в зависимости от типа пневмонии

Рентгенография	Пневмония (n=103)	Плевропневмония (n=64)	Бронхопневмония (n=27)	Интерстициальная пневмония (n=12)
Чувствительность	89,6%	100%	90%	57,4%
Специфичность	81,8%	82%	100%	100%
Диагностическая точность	89%	97%	92%	70%

Рентгенография показала наибольшую степень снижения чувствительности и точности при интерстициальной пневмонии, умеренное снижение этих показателей при бронхопневмонии. В то же время отсутствие ЛП результатов привело к 100% чувствительности рентгенографии при диагностике интерстициальной и бронхопневмонии. При этом рентгенологический метод показал высокую чувствительность в отношении плевропневмоний с учетом наибольшего количества ИП результатов и отсутствия ЛО результатов.

Ультразвуковые признаки пневмонии в легочной ткани были получены у 92 (73%) пациентов. Данные 91 пациента в рамках первичного ультразвукового исследования были отнесены к категории ИП результатов, к ЛП – 6. Из них 2 ЛП случая ультразвукового исследования по аналогии с рентгенологическим исследованием были получены у пациентов с неопластическими процессами, 3 пациента с бронхопневмонией и единичный ложноположительный результат интерстициальной пневмонии. К ИО результатам было отнесено 11 пациентов. Особое внимание заслуживает анализ 18 ЛО результатов. Из них в 4 случаях воспалительная инфильтрация была экранирована ключицей или лопаткой, что затрудняло оценку, а в 14 наблюдениях – глубоким расположением участков воспалительной инфильтрации, экранированных воздушной легочной тканью. В целом - при статическом анализе полученных данных чувствительность ультразвукового исследования при всех морфологических типах пневмоний составила 83,5%, специфичность - 65%, диагностическая точность - 81%.

В зависимости от морфологического типа пневмонии чувствительность метода менялась (таблица 5).

Полученные данные исследования показали значительное повышение чувствительности ультразвукового метода в диагностике интерстициальных пневмоний в сравнении с рентгенографией, при определенном снижении чувствительности метода в диагностике бронхопневмоний. Данное изменение чувствительности ультразвукового исследования объясняется специфичной УЗ-картиной вирусной пневмонии и особенностями морфологического субстрата бронхопневмонии.

Таблица 5 – Показатели диагностической эффективности ультразвукового исследования в зависимости от морфологического типа пневмонии

УЗИ легких	Пневмонии (n=92)	Плевропневмония (n=54)	Бронхопневмония (n=16)	Интерстициальная пневмония (n=22)
Чувствительность	83,5%	93%	53%	100%
Специфичность	65%	85%	79%	92%
Диагностическая точность	81%	92%	61%	97%

При сопоставлении возможностей визуализации плевропневмонии и бронхопневмонии в зависимости от локализации по сегментам при ультразвуковом исследовании и рентгенографии были получены следующие данные, представленные в таблице 6. Выделить точную локализацию вирусных пневмоний затруднительно из-за распространенности процесса, чаще данный процесс двусторонний полисегментарный.

Таблица 6 – Доступность визуализации сегментов легких в сравнительном аспекте УЗИ и рентгенографии

Сегмент	Частота встречаемости сегмента по данным		Сравнение
	УЗИ n=70	Rn n=92	
S1/S2	1 (1,4%)	14 (15,2%)	<b>p=0,002</b>
S3	6 (8,5%)	7 (7,6%)	p=0,834
S4/S5	21 (30%)	22 (24%)	p=0,391
S6	3 (4,2%)	8 (8,7%)	p=0,258
S7	2 (2,8%)	4 (4,3%)	p=0,614
S8	11 (15,7%)	11 (12%)	p=0,496
S9	13 (18,5%)	13 (14,1%)	p=0,449
S10	13 (18,5%)	13 (14,1%)	p=0,449

Данные таблицы 6 свидетельствуют: доступность визуализации при ультразвуковом исследовании воспалительного инфильтрата в S4, S5 и базальных сегментах S8, S9, S10 не уступают точности рентгенографии. Наименее

доступными являются верхушечные сегменты S1-2 ( $p=0,002$ ), за счет экранирования данной зоны ключицей.

*Возможности УЗИ в мониторинге динамики плевропневмонии.*

Среди общего количества пациентов с пневмонией, выявленной по данным УЗИ ( $n=91$ , 72%), в динамике наблюдались две группы пациентов. Первая группа из 40 (32%) пациентов с морфологическим типом плевропневмонией наблюдалась с помощью 3-х контрольных точек. В процессе динамического ультразвукового наблюдения оценивалась эхогенность воспалительного инфильтрата, его локализация, протяженность, наличие симптома «воздушной бронхограммы», его распространенность и эхогенность, артефакт «хвост кометы», наличие или отсутствие осложнений в виде плеврального выпота и деструкций. Оценка динамики воспалительного инфильтрата у данной группы с помощью рентгенографии органов грудной клетки проводилась в рамках 2-х контрольных точек (7 и 14 сутки) за весь период госпитализации.

Выбор в качестве первой контрольной точки ультразвукового динамического наблюдения - 3 сутки после назначения антибактериальной терапии - был обусловлен особенностями фармакокинетических свойств антибиотика (достижения локуса инфекции, проникновения в него в концентрации, достаточной для подавления возбудителя), на фоне которых лечебный эффект развивается через 2-3 суток.

#### ***Клинический пример положительной динамики плевропневмонии***

Пациент С. 56 лет, считает себя больным в течение 7 дней, жалобы на кашель с мокротой, слабость, лихорадку, повышенную потливость и повышение температуры до максимальных цифр  $38,6^{\circ}$  С. После обращения в поликлинику был выставлен диагноз острый трахеобронхит, назначено соответствующее лечение. При повторном посещении участкового терапевта, через 3 дня, врачом заподозрена пневмония, рекомендовано в порядке скорой помощи обратиться в дежурный терапевтический стационар. Пациент бригадой скорой помощи доставлен в клиники Сибирского государственного медицинского университета, где был обследован, и по данным рентгенографии выявлена правосторонняя полисегментарная плевропневмония (S3, S4) (рисунок 1 а, б, в).

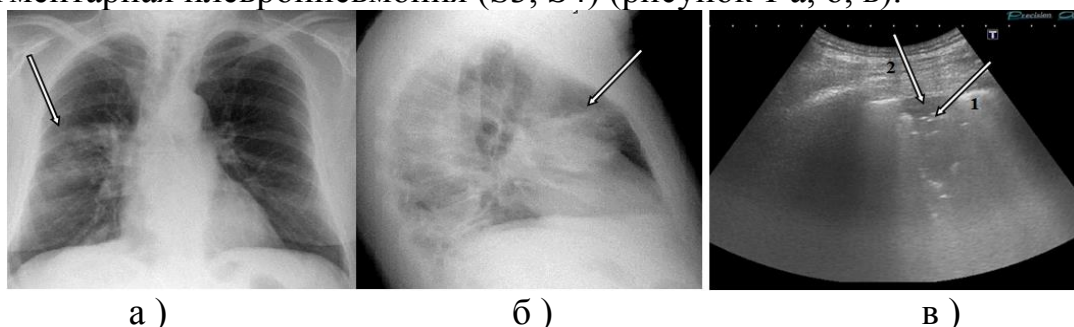


Рисунок 1 (а,б,в) - Рентгенограмма органов грудной клетки в прямой (а), боковой (б) проекциях и ультразвуковое исследование легких в день поступления по скорой помощи (в): рентгенологическая картина плевропневмонии справа S3, S4 (а,б) и УЗ-картина плевропневмонии в S3 справа (в) с элементами «воздушной бронхограммы» (1) в гипоехогенном воспалительном инфильтрате (2)

В динамике была оценена УЗ-картина (рисунок 2а), а также рентгенологическая картина (рисунок 2 б, в) воспалительного инфильтрата.

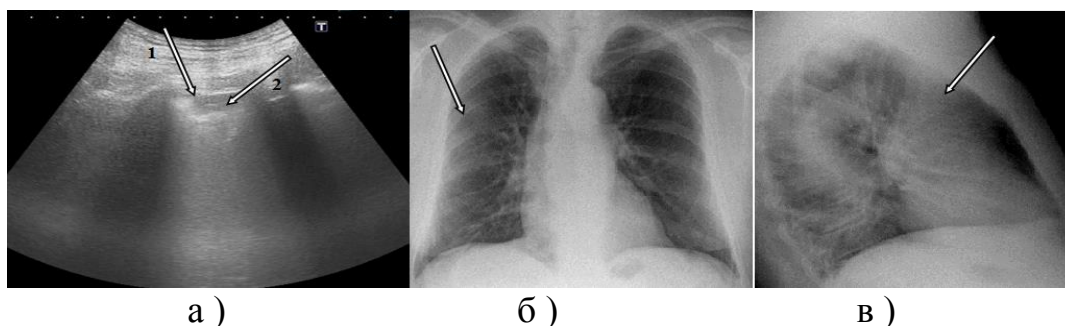


Рисунок 2 (а,б,в) – УЗ-мониторирование пневмонии в S3 на 3 сутки госпитализации (1-ая контрольная точка) (а) и рентгенография органов грудной клетки на 7 сутки госпитализации (б, в): положительная динамика в виде уменьшения протяженности гипоехогенного участка воспалительной инфильтрации (1), снижение эхогенности и уменьшение распространенности «воздушной бронхограммы» 2(а). Стадия разрешения плевропневмонии в S3, S4 справа по данным рентгенографии (б, в)

Полученные данные по результатам сопоставления динамики в зависимости от лучевого метода диагностики и контрольной точки при плевропневмонии отражены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты мониторинга воспалительного инфильтрата при плевропневмонии по данным УЗИ и рентгенографии

Контрольная точка	УЗИ (n=40)			Rn (n=40)		
	Положительная динамика	Отрицательная динамика	Отсутствие динамики	Положительная динамика	Отрицательная динамика	Отсутствие динамики
1-я (3 сутки)	31(77,5%)	5(12,5%)	4(10%)	-	-	-
смена антибиотика	-	2(5%)	1(2,5%)			
2-я (5-7 сутки)	32(80%)	7(17,5%)	1(2,5%)	32(80%)	8(20%)	-
смена антибиотика	-	4(10%)	1(2,5%)	-	5(12,5%)	-
3-я (10-14 сутки)	36(90%)	3(7,5%)	1(2,5%)	36(90%)	2(5%)	2(5%)
смена антибиотика	-	2(5%)	-	-	2(5%)	-

Данные таблицы 7 свидетельствуют о том, что ультразвуковое исследование допускает возможность оценки динамики воспалительной инфильтрации уже на 3-е сутки госпитализации, что значительно опережает рентгенографию (с учетом лучевой нагрузки данной модальности) и утвержденных сроков в рамках принятых стандартов лучевого алгоритма пневмонии, когда первая контрольная точка предполагается только на 7 сутки.

При анализе клинического течения заболевания закономерная положительная динамика в течение заболевания наблюдалась у подавляющего числа пациентов 36(90%) с пневмонией (таблица 7). Среди этого числа - у 31 (77,5%) пациента положительная динамика по данным УЗИ была

зарегистрирована в 1-ую контрольную точку, т.е. на 3-е сутки, тогда как по данным рентгенографии положительные сдвиги были выявлены у такого же количества пациентов только на 7 сутки, что значительно сдвигает сроки оценки проводимой антибиотикотерапии. Наряду с этим в 5(12,5%) случаях наблюдалось отсутствие положительной динамики, зарегистрированное по данным ультразвукового исследования на 3 сутки после госпитализации, что привело к смене антибиотиков только в 3-х случаях (таблица 7). У данных больных сохранялась лихорадка, симптомы интоксикации и физикальная картина воспалительной инфильтрации.

*Возможности УЗИ в мониторинге динамики интерстициальной пневмонии.*

Вторая группа, включающая 21(17%) пациента с интерстициальной пневмонией, наблюдалась в динамике с помощью УЗИ по аналогии с плевропневмониями - в выделенные ранее 3 контрольные точки. 1-ая контрольная точка проводилась на 3-е сутки госпитализации, 2-ая контрольная точка - на 5-7 сутки госпитализации и при необходимости 3-ая контрольная точка - на 10-14 сутки.

Рентгенологическое исследование у данной группы пациентов проводилось каждые 3-е суток, что в целом соответствовало контрольным точкам при ультразвуковом исследовании. Более ранние сроки мониторинга динамики состояния легочной ткани при интерстициальных изменениях в сравнении с мониторингом типичной бактериальной пневмонии обоснованы тяжестью течения вирусных пневмоний.

При проведении каждой контрольной ультразвуковой точки в данной группе пациентов в динамике на симметричных участках легких оценивалось наличие/количество В-линии, признаки «белого легкого», а также вид гиперэхогенной линии плевры, что позволяло судить о динамике интерстициальных пневмоний.

После сопоставления показателей сатурации при вирусной пневмонии и данных лучевых методов отмечено опережение сдвига клинической картины в положительную сторону при сохранении стабильных интерстициальных изменений по данным лучевых методов диагностики.

Были выделены признаки положительной и отрицательной динамики интерстициальной пневмонии по данным ультразвукового исследования, что частично сопоставимо с данными рентгенографии и определенными клиническими данными.

#### ***Клинический пример положительной динамики при интерстициальной пневмонии***

Пациент Д. 56 лет первые жалобы отметил неделю назад в виде слабости и повышения температуры до 37,5. В связи с эпидемиологической обстановкой по COVID-19 вызвал врача на дом. Участковый терапевт назначил лечение противовирусными препаратами и прием парацетамола при повышении температуры выше 38,5 градусов. Но данное лечение было не эффективным, через 4 дня пациент начал отмечать появление одышки в покое, присоединился сухой кашель и сохранялась температура с повышением до 39 градусов. Пациенту было

рекомендовано вызвать скорую помощь. Бригадой СМП после соответствующей маршрутизации он был доставлен в респираторный госпиталь СибГМУ с диагнозом двусторонняя пневмония. Сатурация пациента была снижена до 92%. По результатам рентгенографии - пневмония с поражением интерстициальной стромы легких. По данным компьютерной томографии - признаки вирусной пневмонии (рисунок 3 а, б, в).

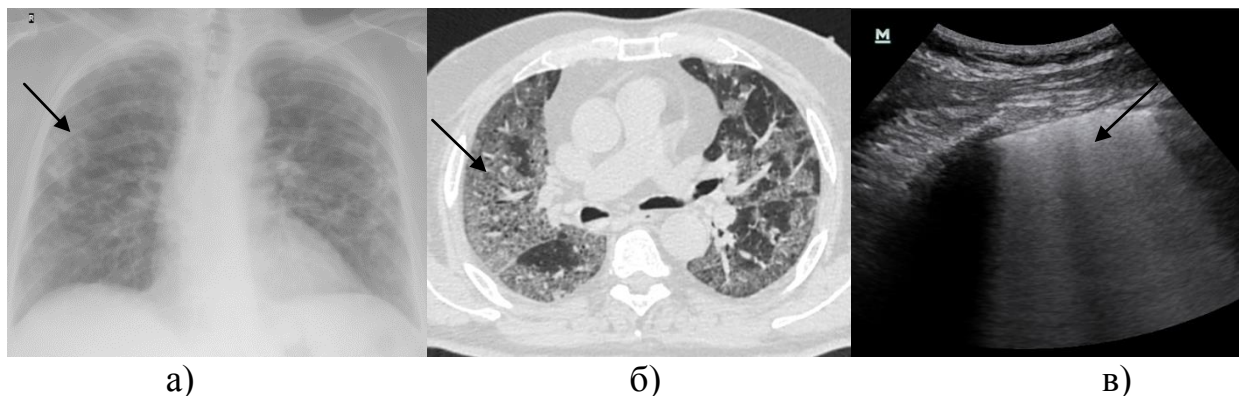


Рисунок 3 (а, б, в) – Рентгенологическая картина пневмонии с поражением интерстициальной стромы (а). КТ-картина интерстициальной пневмонии (б) и ультразвуковая картина интерстициального поражения легких в S3 справа с множественными В-линиями (в)

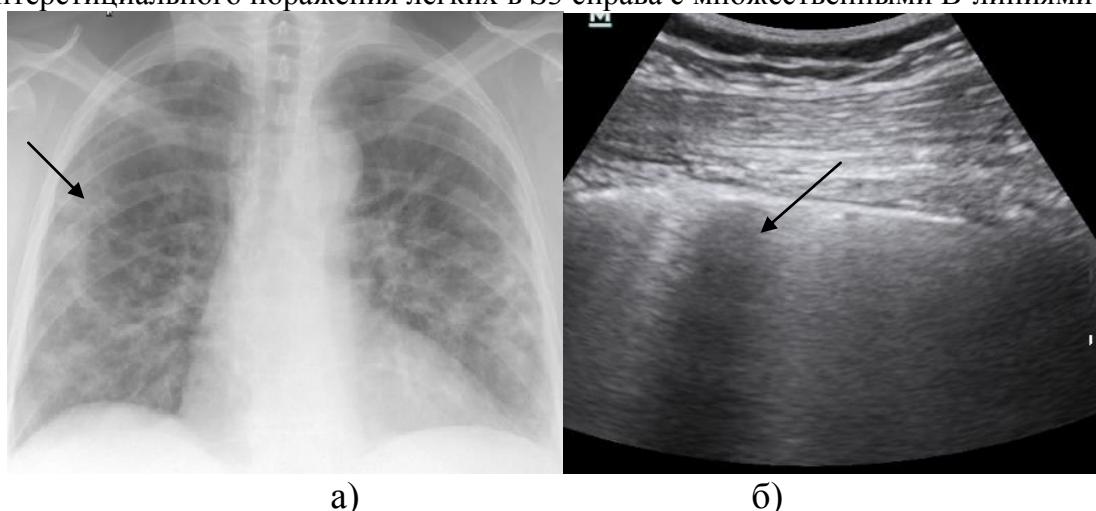


Рисунок 4 (а, б) – Отсутствие динамики пневмонии на 3-е сутки госпитализации по данным рентгенологического исследования. Сохраняются признаки уплотнения интерстициальной стромы легких (а). Ультразвуковое мониторирование пневмонии в S3 справа на 3 сутки госпитализации (1-ая контрольная точка) (б) - отмечается положительная динамика в виде уменьшения количества В-линий на единицу площади

В данном случае ультразвуковое исследование показало положительную динамику на 3-е сутки госпитализации, без изменения рентгенологической картины в подобные сроки.

#### ***Клинический пример отрицательной динамики при интерстициальной пневмонии***

Пациент К. 72 лет считает себя больным в течении недели, когда впервые начал отмечать подъем температуры до 38.0С. На второй день подъема температуры вызвал участкового врача на дом. Взяли мазок на COVID-19. Через 3 дня получен положительный результат. В этот же день пациент был госпитализирован в МСЧ2. Согласно маршрутизации, переведен в респираторный

госпиталь СибГМУ. По данным рентгенографии картина умеренного усиления легочного рисунка. При проведении КТ-исследования органов грудной клетки - КТ-картина «матового стекла» в S4, S5 справа и в S8, S9, S10 слева. По данным ультразвукового исследования - интерстициальное поражение легких в S9, S10 слева с множественными В-линиями (рисунок 5 а, б, в).

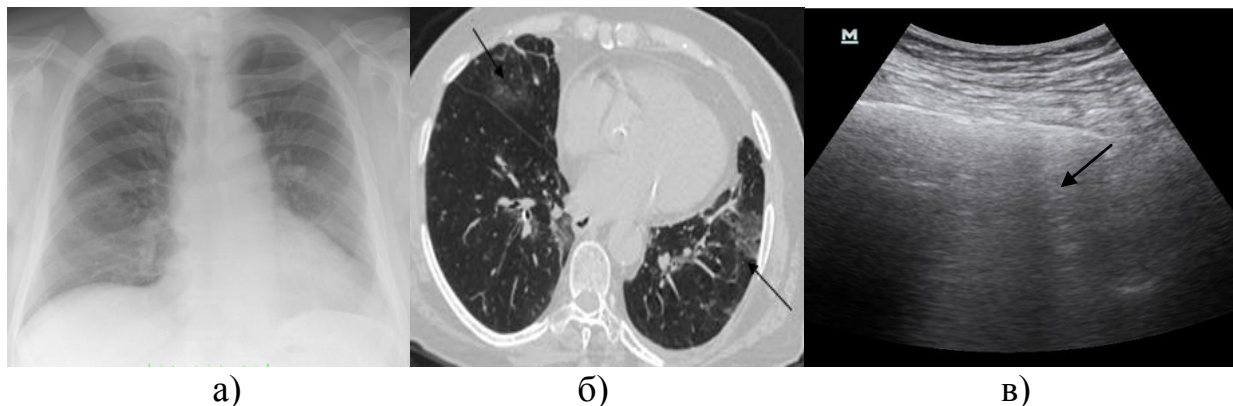


Рисунок 5 (а,б,в) – Rn-картина умеренного усиления легочного рисунка (а). КТ-картина «матового стекла» в S4, S5 справа и в S8, S9, S10 слева (б) и ультразвуковая картина интерстициального поражения легких в S9, S10 слева с множественными В-линиями (в)

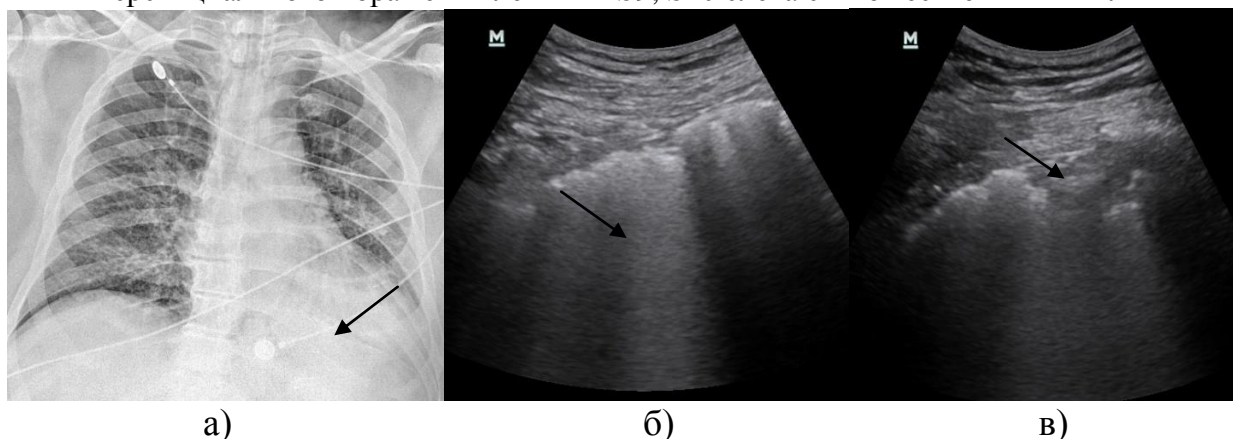


Рисунок 6 (а,б,в) – Отрицательная динамика на 5 сутки госпитализации, пациент переведен в реанимацию. По данным рентгенологического исследования, признаки выраженного уплотнения интерстициальной стромы легких с инфильтративным участком затемнения в S8, S9, S10 слева (а). Ультразвуковое мониторирование пневмонии: справа множественные артефакты В-линий с формированием «белого легкого» (б), слева в S9, S10 гипозоногенный участок инфильтрации (в)

**При положительной динамике количество В-линий уменьшалось или данные артефакты вообще не регистрировались. Отмечалось восстановление контура пристеночной гиперэхогенной линии, при этом регистрировались артефакты «повторного эха» за счет нормализации воздушности легочной паренхимы.**

**При отрицательной динамике усиливался приток жидкости в интерстициальную строму легких – нарастало уплотнение междольковых перегородок с визуализацией множественных артефактов В-линий в виде единого эхогенного участка «белого легкого». Гиперэхогенная линия плевры становилась нечеткой, неровной, на отдельных участках прерывалась, при прогрессировании**

процесса в 2 случаях наблюдалось присоединение бактериальной флоры с формированием типичных гипоехогенных участков инфильтрации.

*Сопоставление данных лучевого исследования и клиничко-лабораторных данных при плевропневмонии.*

В процессе исследования был проведен сравнительный анализ результатов мониторинга воспалительной инфильтрации методами лучевой диагностики и результатов клиничко-лабораторного исследования.

Сравнительный анализ подтверждался с помощью оценки корреляционных связей между данными ультразвукового исследования легких при плевропневмонии в динамике и изменениями показателей периферической крови (количество лейкоцитов, СОЭ), а также объективных данных (температуры). По данным ультразвукового исследования учитывался объем воспалительной инфильтрации.

Установлено, что изменения объема воспалительной инфильтрации, измеренного по данным УЗ-исследования на 1 и 3 сутки от начала госпитализации, не было статистически значимо связанными с изменением количества лейкоцитов в периферической крови за этот же период (рисунок 7). Подобный характер корреляции согласовывался с клиническими данными.

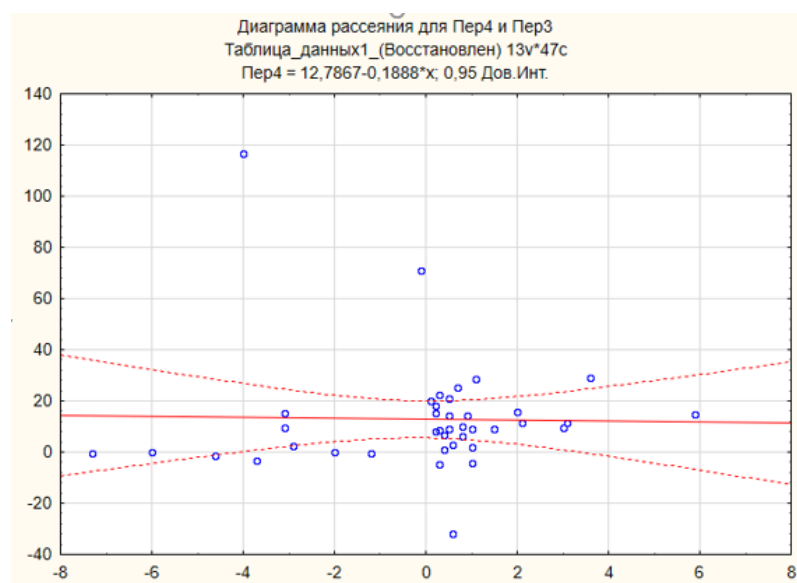


Рисунок 7 – Корреляционная связь между разницей объема инфильтрации по данным УЗ-исследования и лейкоцитоза в 1и 3-е сутки госпитализации ( $r=0,24$ ;  $n=40$ )

Слабая положительная корреляционная связь была получена между изменением температуры тела пациентов, измеренной на 1 и 3 сутки госпитализации с изменением объема воспалительной инфильтрации по данным УЗ-исследования, проведенных в этот же период (рисунок 8).

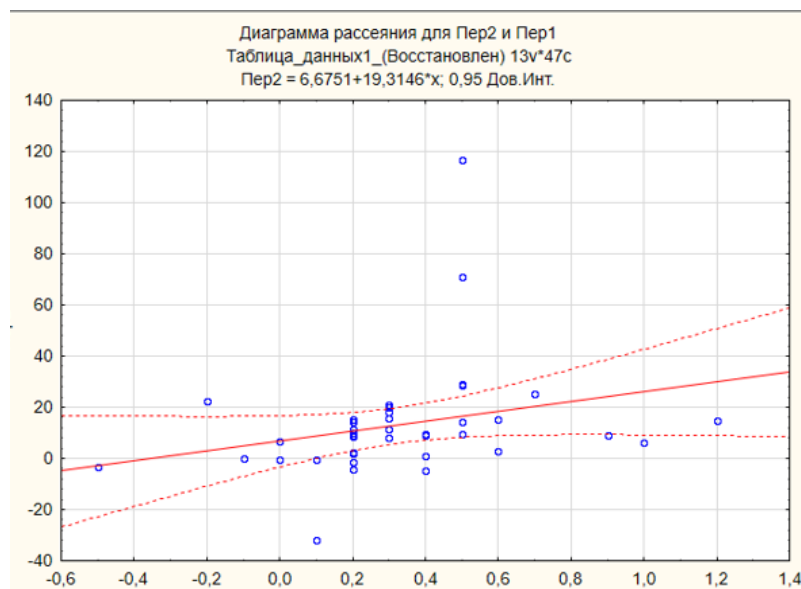


Рисунок 8 – Корреляционная связь между разницей объема инфильтрации по данным УЗ-исследования и температурой на 1 и 3-е сутки госпитализации ( $r=0,46$ ;  $p<0,05$ ;  $n=40$ )

Статистически наиболее значимая прямая сильная корреляционная связь получена между динамикой теневой картины по данным Rn-графии и изменения объема инфильтрации по данным УЗ-исследования, проведенных на 1 и 7 сутки от начала госпитализации (рисунок 9).

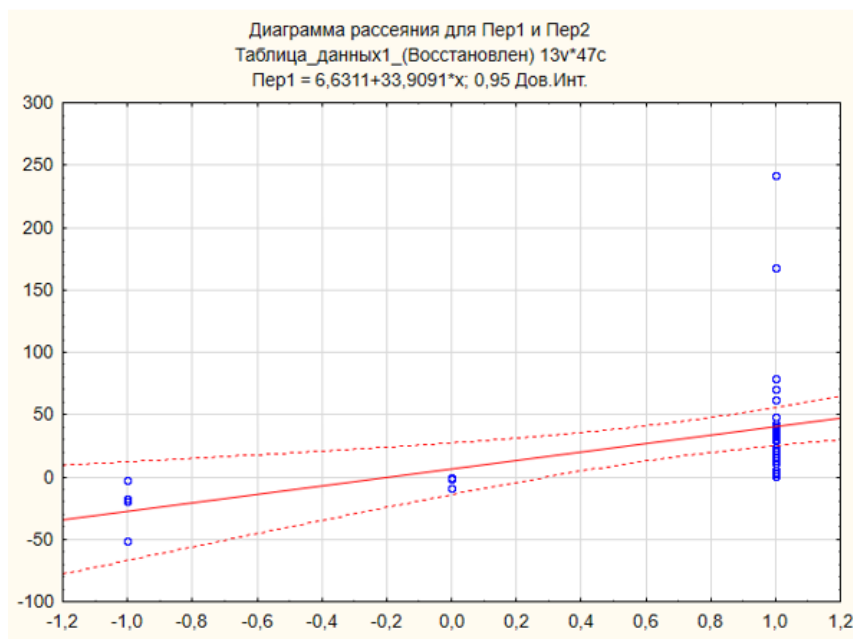


Рисунок 9 – Корреляционная связь между разницей объема инфильтрации по данным УЗ-исследования и теневой картины по данным Rn-графии на 1 и 7-е сутки госпитализации ( $r=0,70$ ;  $p<0,05$ ;  $n=40$ )

При сравнительном анализе степени тяжести клинического статуса и УЗ-картины поражения легких при интерстициальных пневмониях была получена сильная прямая корреляционная связь (рисунок 10).

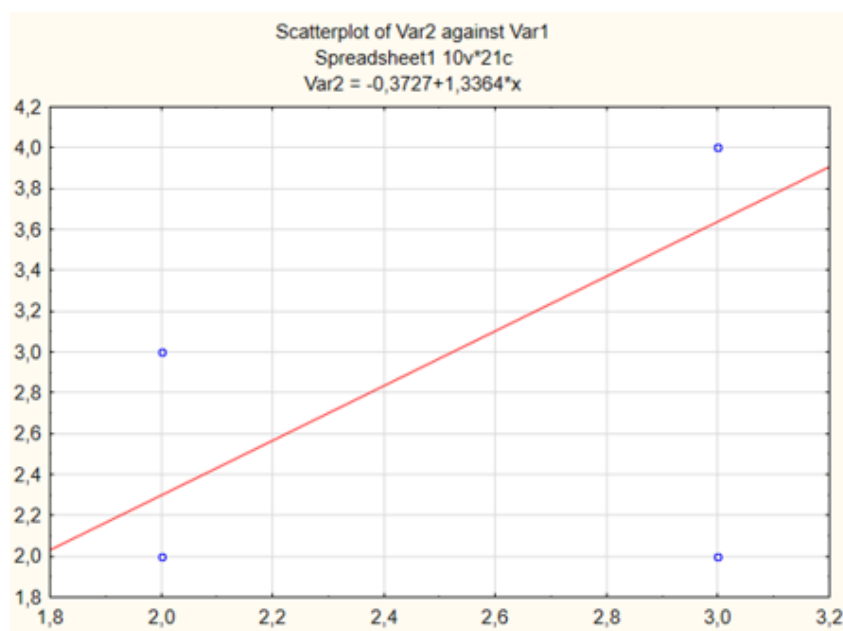


Рисунок 10 - Корреляционная связь между тяжестью клинического статуса и УЗ-картиной поражения легочной ткани при интерстициальных пневмониях ( $r=0,74$ ;  $p=0,001$ ;  $n=21$ )

### ВЫВОДЫ

1. Ультразвуковое исследование позволяет визуализировать основные морфологические типы изменений в легочной ткани при пневмониях, обладая наибольшей диагностической эффективностью при интерстициальном поражении легких за счет субплевральной локализации процесса (чувствительность 100%, специфичность 92%, диагностическая точность 97%) и наименьшими показателями при бронхопневмонии (чувствительность 53%, специфичность 79%, диагностическая точность 61%). При плевропневмонии (чувствительность 93%, специфичность 85%, диагностическая точность 92%).

2. Ультразвуковая диагностика пневмоний сопоставима по чувствительности с результатами рентгенографии (83,5% и 89,6% соответственно) при более низкой специфичности метода (65% и 81,8% соответственно). На показатели чувствительности ультразвукового исследования оказали влияние морфологические типы изменений в легочной ткани, а также локализация воспалительного инфильтрата.

3. Использование раннего ультразвукового мониторинга динамики изменений в легочной ткани на 3 сутки (достижение локуса инфекции антибактериальным препаратом) после госпитализации дает возможность в более ранние сроки (по сравнению со сроками проведения стандартной рентгенографии) оценить эффективность проводимой антибактериальной терапии. Оптимальные сроки проведения ультразвукового исследования легких для оценки динамики пневмонии являются: 1 контрольная точка - 3 сутки, 2 контрольная точка - 7 сутки, 3 контрольная точка - 14 сутки.

4. Ультразвуковая картина интерстициального поражения легких у больных COVID-19 в виде умеренных и выраженных изменений коррелирует с тяжестью клинических проявлений интерстициальной пневмонии ( $r=0,74$ ;  $p=0,001$ ).

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Проведение ультразвукового исследования легких при пневмонии рекомендовано на 3-е сутки (1-я контрольная точка) и 7-е сутки (2-я контрольная точка) с целью ранней оценки изменений в легочной ткани.

2. В случае благоприятной клинической динамики и положительных физикальных данных при совпадении с положительной динамикой изменений в легких по результатам ультразвукового исследования целесообразно отказаться от второго контрольного рентгенологического исследования органов грудной клетки (на 14 сутки госпитализации), что позволит снизить лучевую нагрузку на пациента.

3. Всем пациентам с интерстициальной пневмонией, в том числе ассоциированной с COVID-19, показано проведение ультразвукового исследования легких для выявления ранних признаков отрицательной динамики.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Чуяшенко Е. В. Ультразвуковое исследование легких при пневмонии / Е.В. Чуяшенко, В.Д. Завадовская, Т.С. Агеева, Н.М. Просекина, Т.Б. Перова // **Бюллетень сибирской медицины.** – 2017. - №16. - С.47–59. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2017-2-47-59>.
2. Чуяшенко Е. В. Возможности ультразвукового исследования легких в оценке динамики пневмоний / Е.В. Чуяшенко, Т.С. Агеева, Н.М. Просекина, Т.Б. Перова, Е.И. Федорова // **Материалы науч.-практ. конф. VII Евразийского радиологического форума.** – Астана, 2017. - С. 218.
3. Чуяшенко Е. В. Ультразвуковое исследование легких при пневмонии / Е.В. Чуяшенко, В.Д. Завадовская, Т.С. Агеева, Н.М. Просекина, М.А. Зоркальцев, Е.И. Федорова // **Материалы конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов «Человек и здоровье».** - Москва, 2017. - С.209.
4. Чуяшенко Е. В. Ультразвуковое исследование легких при пневмонии / Е.В. Чуяшенко, В.Д. Завадовская, Т.С. Агеева, Н.М. Просекина, М.А. Зоркальцев, Е.И. Федорова // **Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.** – 2019. - 34 (1). – С. 78-84. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-1-78-84>УДК 616.24-002-073.4-8.
5. Чуяшенко Е. В. Ультразвуковое исследование легких при пневмонии / Е.В. Чуяшенко, М.А. Зоркальцев, В.Д. Завадовская, Т.С. Агеева, Т.В. Жогина, Е.И. Федорова // **Материалы VI Международного конгресса и школы для врачей "Кардиоторакальная радиология".** Санкт-Петербург, 2019. - С. 173.
6. Чуяшенко Е. В. Возможности ультразвукового исследования в диагностике воспалительной инфильтрации легких / Е.В. Чуяшенко, В.Д. Завадовская, Т.С. Агеева, М.А. Зоркальцев, Е.И. Федорова, Е.Б. Букреева, Т.В. Жогина // **Лучевая диагностика и терапия.** – 2020. - 11 (2). – С. 107-115. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-2-107-115>