



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 67884

(13) U

(51) МПК

A61B 8/08 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2011 09397**

(22) Дата подання заявки: **27.07.2011**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **12.03.2012**

(46) Публікація відомостей **12.03.2012, Бюл.№ 5**  
про видачу патенту:

(72) Винахідник(и):

**Бубнов Ростислав Володимирович (UA)**

(73) Власник(и):

**Бубнов Ростислав Володимирович,**  
пр. Глушкова, 22, кв. 82, м. Київ, 03187 (UA)

## (54) СПОСІБ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЕГЕНЕВОЇ ТКАНИНИ ТА ОРГАНІВ ГРУДНОЇ КЛІТКИ

### (57) Реферат:

Спосіб дослідження, легеневої тканини та органів грудної клітки полягає у проведенні ультразвукового сканування. При трансторакальному ультразвуковому скануванні використовують лінійні високочастотні датчики для візуалізації ребер, міжреберних проміжків, листків плеври, реєстрації дихальних рухів. Використовують низькочастотні датчики для дослідження паренхіми легень. Визначають феномен гіпопневматизації паренхіми, характеристику її поширення, виявляють та диференціюють вогнищеве ураження, враховують ультразвукові дзеркальні артефакти, реверберації, проводять доплерографію та соноеластографію виявлених уражених ділянок. Досліджують ультразвукові характеристики плеврального випоту, а при наявності акустичного вікна, при значній кількості випоту, оцінюють органи середостіння. Проводять черезстравохідне ультразвукове сканування високочастотними датчиками, при якому оцінюють стан коренів легені, медіальних відділів паренхіми легені та середостіння.

UA 67884 U



Фіг. 1

Центральний рак легені. Сонограми.

Корисна модель належить до медицини, а зокрема ультразвукової діагностики, променевої діагностики, пульмонології, торакальної хірургії і може використовуватись для діагностики патологічних станів грудної клітки. До цього часу основним методом дослідження паренхіми легень є променеві методи, особливо комп'ютерна томографія (КТ), які мають цілий ряд відомих

5 недоліків: опромінення пацієнта, громіздкість і високе енергоспоживання обладнання, неможливість проводити обстеження в режимі реального часу тощо. Крім того, при проведенні рентгенологічного дослідження не завжди можна отримати інформацію про інтерстиційні, функціональні зміни, вентиляційну здатність та інші особливості нормальної і зміненої легеневої

10 тканини. Проте, не зважаючи на значні переваги та стрімкий розвиток технологій магнітно-резонансної томографії (МРТ), у медичній візуалізації, КТ поки ще залишається основним способом діагностики грудної клітки легень. Крім рентгенологічного існують ще функціональні методи дослідження легень, такі як: спірографія, пневмотахометрія, а також фібробронхоскопія. Але перераховані методи не дозволяють проводити візуальний контроль дрібних змін та оцінку функціонального стану окремих ділянок легеневої тканини в режимі реального часу.

15 Нині перевага у візуалізації багатьох органів вже надається сонографії (УЗД) порівняно з іншими радіологічними методами через швидкість, зручність, відносну доступність методу, а також можливість дослідження у реальному часі. Сучасні ультразвукові апарати середнього класу дають можливість отримувати зображення з роздільною здатністю до 0,1 мм, що значно

20 вище, ніж може бути досягнуто за допомогою магнітно-резонансної томографії (МРТ) напруженістю магнітного поля навіть 3 Тесла, роздільною здатністю до  $0,2 \times 0,2 \times 1,0$  мм [Saupe N, Prüssmann KP, Luechinger R, Bösigler P, Marincek B, Weishaupt D. MR imaging of the wrist: comparison between 1.5-and 3-T MR imaging-preliminary experience. Radiology 2005; 234: 256-64]. Останні технічні розробки дозволяють використовувати більш високі частоти ультразвуку з досягненням кращої роздільної здатності УЗ зображення, а постпроцесінг підвищує зручність

25 для користувача. Крім того, слід враховувати наявність іонізуючого навантаження при комп'ютерній томографії, а також малодоступність та високі кошти магнітно-резонансної томографії. Проте, ультразвукове дослідження органів грудної клітки досі вважалось малоінформативним і використовувалося переважно для визначення об'єму та характеру випоту у плевральних порожнинах. Візуалізація власне тканини легень через відбиття

30 ультразвуку від повітровмісного середовища вважається ускладненою. Однак, вже відомі способи ультразвукової оцінки стану легеневої паренхіми [Prosch, H.; Mathis, G.; Mostbeck, G. H. Percutaneous Ultrasound in Diagnosis and Staging of Lung Cancer Ultraschall in Med 2008; 29: 466-484].

35 Rueter, D.; Hauber, H.-P.; Droeman, D.; Zabel, P.; Uhlig, S.: Low-Frequency Ultrasound Permeates the Human Thorax and Lung: a Novel Approach to Non-Invasive Monitoring Ultraschall in Med 2010; 31: E1-E1.]. Відомий спосіб оцінки стану легеневої тканини шляхом ультразвукового сканування (Патент РФ № 2065288, опубл. 20.08.1996 р.), згідно з яким, з метою підвищення точності дослідження, проводять двоетапне сканування легень через міжреберні проміжки грудної клітини лінійним датчиком з частотною характеристикою від 2,8 до 5,0 МГц,

40 сканують від верхніх відділів легень до нижніх, від паравертебральних ліній до аксілярної, від аксілярної до парастернальних, кут між дотичною, проведеною до поверхні стробованої ділянки легень, і вектором напрямку ультразвукового сигналу дорівнює  $90^\circ$ , на другому етапі сканування датчик розташовують так, щоб між верхнім краєм прилягання датчика до поверхні ребра і вектором напрямку ультразвукового сигналу утворився кут  $45^\circ$ , після чого проводять скануючий

45 рух, при якому робоча поверхня датчика здійснює круговий поворот щодо його поздовжньої осі і займає положення, знаходячись під кутом  $45^\circ$  до нижнього краю поверхні вище розташованого ребра, і в нормі оцінюють у межах від 4,5 до 6,5 см по проникаючій здатності ультразвукових сигналів і величиною інтенсивності зображень.

Описаний дзеркальний артефакт у способі діагностики гемангіоми печінки шляхом

50 ультразвукового дослідження (Патент РФ № 2112428, опубл. 10.06.1998), що відрізняється тим, що ультразвуковий датчик встановлюють таким чином, щоб на моніторі одночасно визначалася паренхіма печінки з вогнищевим ураженням і легенева тканина, при цьому посилюють потужність ультразвукового сигналу до появи "дзеркального" зображення печінки в місці проекції легень, якщо вогнище ураження візуалізується в прямому і "дзеркальному" зображенні

55 печінки, діагностують гемангіому.

За найближчий аналог та прототип взятий спосіб діагностики фаз перебігу гострих гнійних абсцесів легень (Патент РФ № 2185100, опубл. 20.07.2002), згідно з яким проводять динамічне дослідження грудної клітини з допомогою ультразвукового апарату, який працює в режимі

60 реального часу, лінійного або секторного датчиків з частотою 5,5 МГц, прямують з боку спини, використовуючи датчик спочатку над верхнім краєм лопатки в проекції першого легеневого

сегмента, потім паравертебрально, потім - у міжребер'ях, після чого хворого повертають боком і проводять огляд між передньою і задньою паховими лініями, переміщаючи датчик у міжребер'ях, потім досліджують передню поверхню грудної клітини, оцінюють стан плевральних листків, наявність випоту в плевральній порожнині, стан підлягає легеневої тканини, виявляють порожнину деструкції в легені, визначають її сегментарну локалізацію за даними скелетотопії легених сегментів, розміри та об'єм, наявність капсули, ехопозитивних і ехонегативних включень і при наявності ехонегативних включень і відсутності чітких меж вогнища діагностують фазу деструкції легеневої тканини, при виявленні порожнини з акустично однорідною структурою, наявності ехопозитивних включень, які надають вогнищу мозаїчну структуру, ділянок з різною акустичною щільністю, при субплевральному розташуванні гострого абсцесу, цілісності вісцеральної плеври, наявності некротичних мас діагностують фазу формування капсули, при дрениванні вогнища в плевральну порожнину, вісцеральну плевру, що виявляється у вигляді переривчастої лінії, та виявленні абсцесу у вигляді акустично неоднорідної структури з ехопозитивними включеннями, зі зменшенням його розміру діагностують фазу прориву, при розсмоктуванні вогнища з фіброзними змінами легені, виявленні в порожнині абсцесу ознак облітерації у вигляді ехопозитивних включень, зменшенні розмірів абсцесу і, якщо в міру одужання кордону вогнища стають нечіткими і капсула не візуалізується або на місці абсцесу виявляють фіброзні тяжі, діагностують фазу вирішення.

Проте, у способі не проводилось візуалізації ребер, міжреберних проміжків, листків плеври високочастотними датчиками, не виконувались функціональні проби для оцінки дихальних рухів, стану листків плеври, зміни стану паренхіми легень, не досліджувались дифузні зміни паренхіми легень, стан її пневматизації, фіброзування, не виявлялись специфічні зміни, не виконувалась доплерографія, соноеластографія та не проводили черезстравохідну сонографію та пункції під контролем УЗД.

В основу корисної моделі поставлено задачу покращення якості діагностики стану паренхіми легень та органів грудної клітки за допомогою ультрасонографії як первинної, а в деяких випадках, експертної ланки діагностики.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі, що полягає у використанні ультразвукової діагностичної апаратури, який відрізняється тим, що при трансторакальному ультразвуковому скануванні використовують лінійні високочастотні датчики для візуалізації ребер, міжреберних проміжків, листків плеври, реєстрації дихальних рухів, використовують низькочастотні датчики для дослідження паренхіми легень, при чому визначають феномен гіпопневматизації паренхіми, характеристику її поширення, виявляють та диференціюють вогнищеве ураження, враховують ультразвукові дзеркальні артефакти, реверберації, проводять доплерографію та соноеластографію виявлених уражених ділянок, досліджують ультразвукові характеристики плевального випоту, а при наявності акустичного вікна, при значній кількості випоту, оцінюють органи середостіння, а також проводять черезстравохідне ультразвукове сканування високочастотними датчиками, при якому оцінюють стан коренів легені, медіальних відділів паренхіми легені та середостіння та при потребі ультрасонографія, згідно із запропонованим методом, є методом візуального контролю пункції паренхіми легені.

Дане рішення стало можливим завдяки виявленню низки сонографічних феноменів при дослідженні відображення тканини легень та емпірично встановлених та підтверджених при порівняльному дослідженні ультразвукових симптомів ураження легеневої тканини. За нашими даними, у ряді випадків можливо ехографічно оцінити стан периферичних відділів легеневої тканини. По-перше, важливим фактором, що визначає інформативність трансторакальної сонографії є наявність акустичного вікна, як таке можуть слугувати незначна кількість ексудату у нижніх відділах легені, печінка чи селезінка. По-друге, при певних станах, як гіперемія, набряк при запальних станах, зниження повітрянаповнення при ателектазі підвищується щільність та підвищується звукопровідність легеневої тканини, причому ехогенність останньої знижується. Слід також пам'ятати про дзеркальний артефакт відбиття, який формується внаслідок відбиття променів від відносно щільної діафрагми. Візуалізується у вигляді повторення контуру паренхіматозного органу, розташованого нижче діафрагми. Цей феномен обумовлює наявність на ехограмі гомогенної гіпоехогенної смуги над діафрагмою і є патогномонічним ознакою відсутності ексудата в плевральній порожнині.

Спосіб здійснюється наступним чином: хворого обстежують в положенні, що визначається можливістю вибору оптимального ехоскопічного доступу для обстеження легені - на спині або на контрлатеральному боці. Дослідження проводять за допомогою ультразвукового апарату, що працює в режимі реального часу з використанням датчиків з робочою частотою 3-5 МГц. Трансторакальний міжреберний сонографічний доступ є оптимальним для оцінки доступних для огляду сегментів легені. УЗ променю краще доступними є нижні відділи через акустичне вікно

селезінки або печінки, субплевральні відділи через міжреберні доступи та верхівки легень. Іноді вдається візуалізувати патологічне вогнище в легенях через плевральний випіт. Сегменти S3, S4, S5, S7, S8 здебільшого можуть вважатися оптимальними для сонографічної візуалізації.

Для досягнення зображення з більшою роздільною здатністю при наявності ехоскопічних умов при огляді поверхнево розташованих структур використовують датчики з більш високою частотою та довгою скануючою поверхнею з функціями доплерографії та соноеластографії.

Після отримання чіткого сонографічного зображення, ретельного аналізу усіх ультразвукових артефактів (зумовлених великою різницею в акустичних характеристиках досліджуваних середовищ як дзеркальний артефакт, "хвіст комети", реверберації тощо) проводять оцінку та інтерпретацію сонографічного відображення легеневої тканини.

Для оцінки дифузних змін легеневої паренхіми після виділення ехоскопічно доступної ділянки паренхіми легень виявляють ділянки гіпопневматизації, визначають їх вірогідну причину (наприклад, компресійний ателектаз), характер поширення, структуру, контури, проводять оцінку ехогенності, однорідності, виявляють наявність фіброзування та вогнищевих змін. При можливості оцінюють судинний малюнок, проводять, доплерографію та соноеластографію ураженої ділянки. За допомогою вказаних характеристик в окремих випадках можна віддиференціювати ателектаз, пневмонію, пухлини легень.

Вогнищеві ураження оцінюють за загальними принципами променевої діагностики, та зокрема УЗД, стінку, вміст, відстань до парієтальної плеври, кореня легені тощо. Оцінюють судинний малюнок, проводять, доплерографію та соноеластографію виявленого утвору. В деяких випадках УЗД допомагає стадіювати патологічний процес, виявляючи ознаки інвазії судин, коренів легені, плеври, визначити наявність ураження лімфатичних вузлів. За нашими даними, при достатній перифокальній гіпопневматизації паренхіми легені можна візуалізувати за допомогою УЗД порожнини інфекційного розпаду.

При функціональних пробах реєструють зміну положення листків плеври, міжреберних проміжків, ребер, зміну стану легеневої паренхіми (наприклад пневматизації) при дихальних та імітаційних рухах.

При черезстравохідній сонографії оцінюють стан коренів легені, медіальних відділів паренхіми легені та середостіння. Датчик виставляють впритул до стінки стравоходу для забезпечення системного сканування на рівні ураження.

Аналізують легеневий випіт за сонографічними параметрами. Зображення неінфікованого плевального випоту при УЗД виглядає повністю анехогенним, тоді як при гемотораксі, інфікуванні екссудату, емпіємі ехоскопічне зображення набуває гетерогенності; УЗД також здатна надавати діагностичну інформацію про стан плеври, плевральної порожнини та, в певних випадках, субплевральних відділів власне паренхіми легень. УЗД дозволяє виявити потовщення і деформацію листків парієтальної і вісцеральної плеври, що оптимально за наявності вільної рідини у плевральній порожнині. При ультразвуковому скануванні можна також встановити наявність плевральних злук та шварт.

Трансторакальне дренування та біопсія утворів легені під ультразвуковим контролем є методами вибору при наявності ехоскопічного доступу та виконуються через міжреберні проміжки, утримуючи у полі візуалізації об'єкт пункції та візуалізуючи голку на всьому протязі, особливо її кінчик, при цьому використовують спеціальні насадки або метод "вільної руки". При необхідності виконують черезстравохідну пункцію за допомогою спеціального ендосонографічного інструментарію.

Приклади застосування. Усі сонографічні висновки підтверджені за допомогою додаткових досліджень - КТ, торакоскопії, після оперативних втручань з патогістологічною верифікацією.

#### Приклад 1

Пацієнтка 64 роки. Ехо ознаки центральної пухлини правої легені з явищами ателектазу, середнього гідротораксу, ураження лімфатичних вузлів середостіння. Тромбоз легеневої артерії. При ехоскопії правої половини грудної клітки у правій плевральній порожнині визначається помірна кількість вільної рідини. Права легеня спала (умовними розмірами 110×100×90 мм), не містить повітря (ателектаз), середньої ехогенності. Ближче до кореня візуалізується солідний ізоехогенний утвір розмірами 48×42 мм з гіпоехогенним обідком (Фіг. 1). Між виповненою рідиною плевральною порожниною та порожниною перикарду деструктуровані лімфатичні вузли розмірами 26×19 мм, 20×17 мм, 17×15 мм, поодинокі дрібніші (Фіг. 2). В порожнині магістральної легеневої артерії в корні легені визначається солідна формація неправильної форми розмірами 20×18 мм (тромботичні маси) - фіг. 3.

#### Приклад 2

Пацієнт 82 роки. Ехо ознаки пухлини верхньої частки лівої легені з інвазією структур кореня. Дані КТ відповідають периферійній пухлині лівої легені з метастазуванням в інші відділи цієї ж

легені і лімфовузли середостіння. При трансторакальній ехоскопії в проекції верхніх відділів лівої легені визначається солідний утвір неправильної форми з нерівними нечіткими контурами умовними розмірами 70×50×40 мм. Васкуляризація утвору хаотична, рясна. Утвір виповнює верхній відділ лівої легені, простягається від верхівки до рівня кореня, тісно прилягає до легеневої судин, до грудної стінки, середостіння (Фіг. 4). Чіткого втягнення парієтальної плеври за даними сонографії не визначається. Загрудинні лімфатичні вузли недоступні візуалізації.

#### Приклад 3

Пацієнт 67 років, гіпертермія, інтоксикаційний синдром. На Фіг. 5 зображена нижня частка лівої легені, в ній візуалізуються мультилокулярні і рідинні утвори розмірами 63×48 мм, гетерогенної структури з чітко сформованою капсулою. Відстань від грудної стінки (для пункції) 30 мм. Ехо ознаки солідно-рідинного утвору нижньої частки правої легені (відповідає абсцесу легені).

#### Приклад 4

Пацієнт 73 роки. Гіпертермія до 38 град. Ехо ознаки гіпопневматизації паренхіми нижньої, частково верхньої частки (відповідають пневмонії), малий лівобічний гідроторакс (фіг. 6.). У лівій плевральній порожнині визначається помірна кількість рідини, над куполом і в междольовій борозні. Велика частина нижньої долі гіпопневматизована з формуванням ізоехогенного утвору з нерівним нечітким контуром розмірами 80×50×75 мм. Ділянка аналогічної структури розмірами 35×30 мм визначається у верхній частці. При доплерографії сегментарних артерій лівої легені МСС до 20 см/сек, ІР до 0,61. Визначається тахікардія - ЧСС до 90 за хв.

Корисна модель пояснюється фігурами - сонограмами серію клінічних випадків патології легень, діагностованих за допомогою ультразвукографії, на яких зображено:

Фіг. 1 Центральний рак легені. Сонограми.

Фіг. 2 - Медіастинальні лімфатичні вузли.

Фіг. 3 - Тромбоз правої магістральної легеневої артерії.

Фіг. 4 - Рак верхньої частки лівої легені, ураження кореня легені (Б).

Фіг. 5 - Абсцес легені.

Фіг. 6 - УЗ ознаки пневмонії. Б - Застосування доплерографії.

#### Висновок

Таким чином, ультразвукографія може бути ефективним неінвазивним методом оцінки стану легеневої тканини та використовуватись у скринінговому та експертному УЗД грудної клітки. Розроблені сонографічні симптоми та методологічні схеми діагностики дозволяють, в окремих випадках, при наявності акустичного вікна, ефективно використовувати метод УЗД у діагностиці як вогнищевих, так і дифузних захворювань легень та виконувати пункційні втручання під УЗД контролем. Метод є неінвазивним, доступним та інформативним методом та може рекомендуватись для впровадження у відділеннях та центрах ультразвукової діагностики, пульмонології, торакальної хірургії.

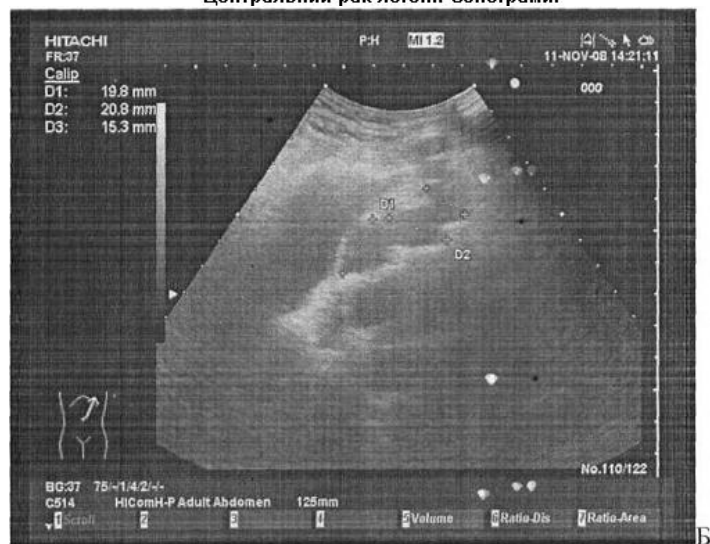
### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб дослідження легеневої тканини та органів грудної клітки, що полягає у проведенні ультразвукового сканування, який **відрізняється** тим, що при трансторакальному ультразвуковому скануванні використовують лінійні високочастотні датчики для візуалізації ребер, міжреберних проміжків, листків плеври, реєстрації дихальних рухів, використовують низькочастотні датчики для дослідження паренхіми легень, при чому визначають феномен гіпопневматизації паренхіми, характеристику її поширення, виявляють та диференціюють вогнищеве ураження, враховують ультразвукові дзеркальні артефакти, реверберації, проводять доплерографію та соноеластографію виявлених уражених ділянок, досліджують ультразвукові характеристики плеврального випоту, а при наявності акустичного вікна, при значній кількості випоту, оцінюють органи середостіння, а також проводять черезстравохідне ультразвукове сканування високочастотними датчиками, при якому оцінюють стан коренів легені, медіальних відділів паренхіми легені та середостіння та при потребі ультразвукографія, згідно із запропонованим методом, є методом візуального контролю пункції паренхіми легені.



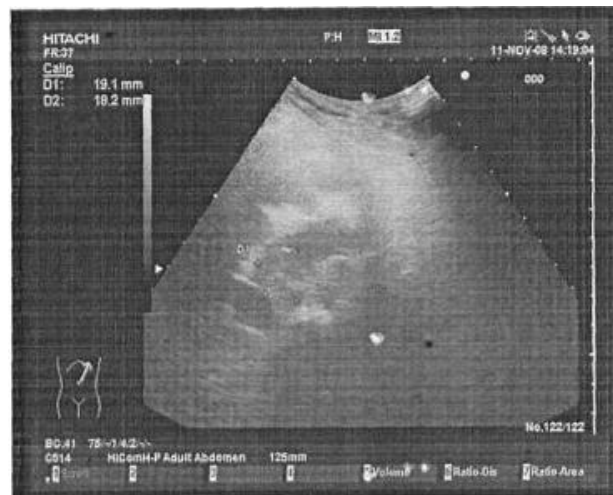
Фіг. 1

Центральний рак легені. Сонограми.



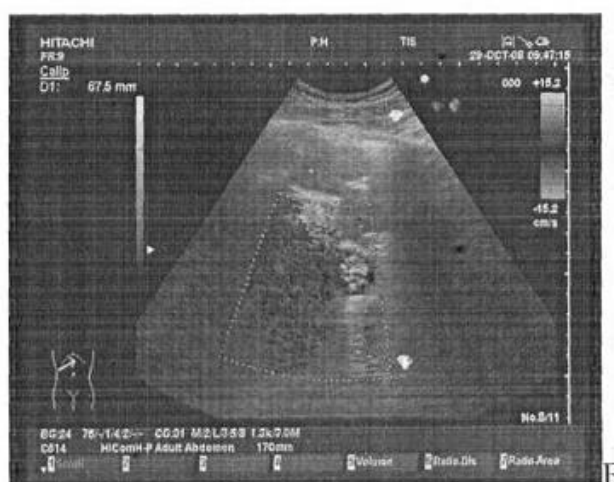
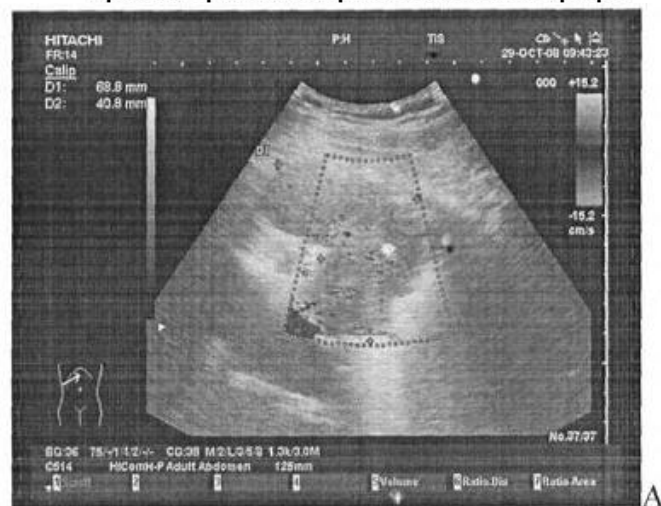
Фіг. 2

Медіастинальні лімфатичні вузли.



Фіг. 3

Тромбоз правої магістральної легеневої артерії.



Фіг. 4

Рак верхньої частки лівої легені, ураження кореня легені (Б)





Fig. 5

Абсцес легені.

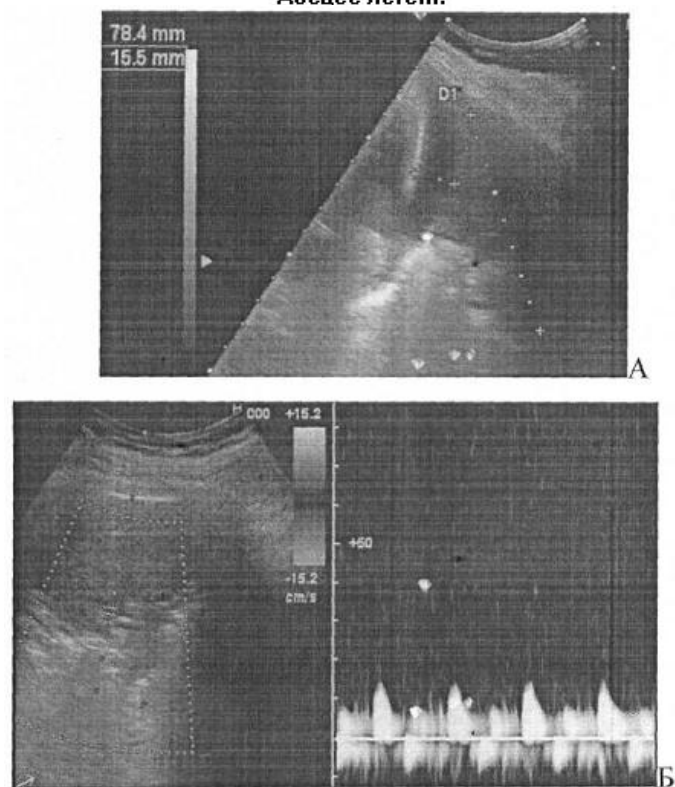


Fig. 6

УЗ ознаки пневонії. Б - Застосування доплерографії.

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601