



УКРАЇНА

(19) UA (11) 63527 (13) U
(51) МПК (2011.01)
A61B 17/00
A61B 8/06 (2006.01)
A61M 19/00
G09B 23/28 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ СТВОРЕННЯ ФАНТОМІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РЕГІОНАРНОЇ АНЕСТЕЗІЇ ПІД УЛЬТРАЗВУКОВИМ КОНТРОЛЕМ

1

2

(21) u201103447

(22) 23.03.2011

(24) 10.10.2011

(46) 10.10.2011, Бюл.№ 19, 2011 р.

(72) БУБНОВ РОСТИСЛАВ ВОЛОДИМИРОВИЧ,
МУХОМОР ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ, СТРОКАНЬ
АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

(73) БУБНОВ РОСТИСЛАВ ВОЛОДИМИРОВИЧ,
МУХОМОР ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ, СТРОКАНЬ
АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

(57) Спосіб створення фантомів для моделювання регіонарної анестезії під ультразвуковим контролем, що включає створення медичного пристрою, а саме медичного фантому для моделювання ультразвукової візуалізації, інтервенційної сонографії, який відрізняється тим, що для імітації периферичної нервової системи при ультразвуковій візуалізації використовують трубчаті структури з силь-

ним відбиттям сигналу (підвищеної ехогенності), для імітації судинного русла використовують трубчаті структури з забезпеченням руху рідини з різною швидкістю, для імітації оточуючих тканин використовують матеріал, добре проникливий для ультразвукового променя (зниженої ехогенності) та/або біологічну тканину (наприклад, м'ясо) для максимально реалістичного моделювання ділянок втручання, для імітації фасціальних шарів використовують щільні листи з сильним відбиттям сигналу, водонепроникні з формуванням просторів, близьких до анатомічних, пружність використаних матеріалів підбирається для імітації соноеластографічних характеристик, а також використовують пристрій з датчиком з електричним перетворювачем для реєстрації контакту інструмента і об'єкту дослідження.

Корисна модель належить до медицини, а зокрема ультразвукової діагностики, променевої діагностики, анестезіології, медичних пристроїв, а саме медичного фантому для моделювання ультразвукової візуалізації, інтервенційної сонографії, і може використовуватись для імітації візуалізації периферичної нервової системи, оточуючих тканин, для моделювання проведення регіонарної анестезії під ультразвуковим контролем, навчання, підвищення кваліфікації лікарів анестезіологів, фахівців з ультразвукової діагностики (УЗД), а також бути пристосованою для навчання виконанню черезшкірних пункційних втручань під ультразвуковим контролем, в основі яких лежить пункція трубчатих структур (судини, нерви, жовчні шляхи тощо).

Використання методів ультразвукової (УЗ) візуалізації в регіонарній анестезії (РА) викликає все більший інтерес дослідників. Останні технічні розробки дозволяють використовувати більш високі частоти ультразвуку з досягненням кращої роздільної здатності УЗ зображення, а постпроцесинг

підвищує зручність для користувача. Однак, поряд з поширенням УЗ контролю в регіонарній анестезії, їх широке використання без належної підготовки підвищує небезпеку подальших неадекватних результатів. Тому якісна освіта з використання методів регіонарної анестезії під ультразвуковим контролем має важливе значення. Навчання на фантомах є першим кроком навчальних програм для засвоєння методик інтервенційного ультразвуку.

Майже всі інвазивні маніпуляції можуть бути розділені на два етапи: перший етап отримання доступу до тканини-мішені, а другий - власне лікувальний з доставлянням лікарського засобу до місця. Більшість ускладнень маніпуляцій частіше пов'язана з дефектом прямого доступу, а не з самим втручанням на об'єкті. Рішення саме задач оптимізації доступу є найбільш ефективним способом якісного поліпшення передопераційної діагностики та підвищення точності втручань.

При проведенні регіонарної анестезії під ультразвуковим контролем, крім засвоєння соноанато-

(13) U

(11) 63527

(19) UA

мії регіонарної анестезії, оператор повинен відпрацювати дві основні практичні навички: (а) можливість узгодження голки для ультразвукового променя, а також (б) правильно визначати доступ за умови постійної візуалізації голки. Такі навички можна здобути при виконанні пункцій на спеціально створених фантомах для інтервенційного ультразвуку, пристосованих для регіонарної анестезії.

Шляхи моделювання візуалізації в УЗД:

- дослідження живої тканини дає можливість функціонального дослідження, проте, неможливо вивчати інтервенційні методики;

- при дослідженні мертвих тканин оцінюється тільки будова, проте є високий реалізм структури тканини, є можливість проведення інтервенцій;

- дослідження з застосуванням фантомів дозволяють моделювання основних неінвазивних характеристик УЗД, проводять УЗ контрольовані втручання, проте при цьому важко досягнути повного реалізму сонографічного зображення.

Ультразвуковий фантом - пристрій, який імітує властивості біологічної тканини щодо поширення ультразвуку. Перші фантоми були розроблені для калібрування і тестування діагностичних ультразвукових приладів, для формування точного уявлення про сонографічні характеристики тканин людини, що включало визначення акустичного імпедансу матеріалу і властивості затухання УЗ променів у ньому. Нині фантоми використовуються для тестування ультразвукових пристроїв зображень і в якості навчальних тренажерів у передклінічній практиці замість пацієнтів [McNamara MP Jr, McNamara ME. Preparation of a homemade ultrasound biopsy phantom. *Journal of Clinical Ultrasound* 1989; 17:456-8.; Fornage BD. A simple phantom for training in ultrasound-guided needle biopsy using the freehand technique. *Journal of Ultrasound in Medicine* 1989; 8: 701-3.]. Фантоми для інтервенційних втручань дозволяють повторювати практику ультразвукового контролю введення голки без ризику для пацієнтів. Фантоми фабричного виробництва, переважно, складаються з ємності з агаром та заповнених рідиною труб, імітуючих судини. Вони є прийнятними для моделювання візуалізації голки і навчання орієнтації в сонографічній візуалізації, але вони є досить дорогими і швидко псуються при повторному використанні з погіршенням якості зображення при повторних пункціях. Також, середовище агару і пластикових труб не може коректно імітувати візуальні ефекти, викликані ультразвуковим відображенням реальних тканин організму і стінок судин.

Відомі пристрої - ультразвукові фантоми, як фантом для ультразвукового дослідження та проведення біопсії під УЗ-контролем (патент США 4493653 опубл. 15.01.1985), представлений множиною дрібних балонів, виповнених рідинними компонентами. Згідно з даним методом, основна структура тканини фантому представлена матеріалом, який володіє акустичними властивостями, схожими на людські тканини, через які проводиться пункція під контролем УЗ-променя під час моделювання процедури біопсії, а також принаймні один відносно малий об'єкт, зазначений як основна структура тканини, який формується з зовніш-

ньої оболонки та містить речовину, яка може бути аспірована під час моделювання процедури біопсії.

Відомий пристрій і спосіб для навчання лікарів і техніків пошуку конкрементів в модельованих органах людського тіла (патент США 5055051 опубл. 08.10.1991), головним чином жовчних і ниркових, з моделюванням проведення їх екстракорпоральної літотрипсії.

Відомий фантом-тренажер для навчання біопсії молочної залози людини (патент США 6568941 опубл. 27.05.2003). Згідно винаходу, у методі використовують створення моделей з властивостями, близькими до реалістичних, що забезпечують відтворення тактильних відчуттів при пальпації молочної залози, які використовуються для навчання.

Відомий спосіб виготовлення матеріалу для імітації щільних (солідних) тканин для створення ультразвукових фантомів (патент США № 5902748, опубл. 11.05.1999), який може бути виготовлений у домашніх умовах. Запропонований матеріал, імітуючий солідну тканину для використання у фантомі для ультразвукового дослідження, має дуже низький коефіцієнт зворотного розсіювання акустичних хвиль. Матеріал імітує швидкість проходження ультразвукової хвилі і згасання характеристики тканин людини, із зворотним коефіцієнтом близько 40 дБ, що нижче, ніж паренхіма печінки людини. Спосіб отримання включає наступні етапи: випарюють незбиране молоко у контейнер з перемішуванням; підігрівають розчин гідроксисполуки, деіонізованої води, і гелеутворюючого матеріалу; після додавання молока нагрівання розчину гідроксисполуки, деіонізованої води і гелеутворюючого матеріалу; охолодження розчину застиглого гелю у спеціальній формі для імітації щільних (солідних) тканин. У способі пропонується додатковий етап фільтрації нагрітого молока, змішування n-пропанолу, як гідроксисполуки і деіонізованою воді при кімнатній температурі; додавання сухої агарози як гелеутворюючого матеріалу, суміші n-пропанолу і води, нагрівання розчину n-пропанолу, води, і агарози для формування прозорого розчину. Спосіб включає додаткові етапи заливки консерванту, n-пропанолу, води, агарози і розчину молока в контейнерах з видаленням повітря з розчину перед етапом охолодження застиглого гелю у формі. Спосіб включає додатковий етап перемішування твердих частинок в процесі розчинення молока, води, агарози, n-пропанолу і консервантів, включає додаткове обертання контейнера фантома у період, коли матеріал, імітуючий тканину, починає згортатися.

Відомий медичний фантом-модель для ультразвукової візуалізації перерозподілу кровообігу у спланхнічних судинах (Патент України № 20549, опубл. 15.01.2007), який складається з камери, заповненої оптично прозорим тканинеквівалентним матеріалом, з двома пружними, водонепроникними, звукопроникними мембранами, закріпленими зверху і з одного боку камери, а також з системи трубопроводів, розташованих в цій камері і під'єднаних до компресора, що забезпечує циркуляцію штучної крові по системі.

Відомий тренажер для навчання виконання пункції внутрішніх органів під контролем ультразвуку та комп'ютерної томографії (Патент України № 27257, опубл. 25.10.2007), що містить ємність, наповнювач та імітатори органів, який відрізняється тим, що ємність виконана з матеріалу, що не дає акустичних і рентгенівських артефактів, наповнювач виконаний з ехопроникної речовини, відповідної за ехографічними і денситометричними показниками до тканин тіла людини, і оснащений імітаторами внутрішніх органів органічного походження.

Фантоми для РА повинні відповідати певним вимогам. Так, фантоми, які можуть бути створені в домашніх умовах з агару, рослинних або м'ясних продуктів [Matalon TA, Silver B. US guidance of interventional procedures. Radiology 1990; 174:43-7.], повинні бути простими, недорогими і стійкими (не псуватись після пункцій). При створенні фантомів, що використовуються для моделювання інтервенційної сонографії, в тому числі для ультразвукового контролю регіонарної анестезії, переважно не потрібно суворо відтворювати усі фізичні властивості тканин. Фантоми для ультразвукового контролю регіонарної анестезії повинні бути економічно доступними і відтворити деякі властивості людської тканини, такі як ехогенність та загальну текстуру фону і голку. Оптимальний варіант вибору фантому залежить від мети його використання.

Трупні фантоми-моделі забезпечують найбільш реалістичне відтворення методики регіонарної анестезії під УЗ контролем, але через наявність значних етичних обмежень є малодоступними.

Майже всі штучно створені ("не трупні") фантоми адаптовані до мети відтворення конкретних властивостей тканин або патології. Так, водяний фантом може бути прийнятним в ході розробки і дослідження нових методів регіонарної анестезії, але не може відтворити справжніх властивостей тканини [G.A. Chapman et al Needle position using ultrasonography Anaesthesia, 2006, 61, pages 148-158.].

Фантоми на основі використання біологічного матеріалу (м'яса) здатні забезпечити більш реалістичне відображення тканини, дозволяють проводити ін'єкції місцевої анестезуючої засоби (рідини) і мають властивості ехогенності, які наближаються до властивостей людської тканини. Проте, вони мають короткий термін придатності, навіть при використанні спеціальних методів їх підготовки та консервування.

Штучні "не м'ясні" фантоми без часто мають низьку ехогенність основного фону, що підвищує видимість голки. Ця особливість є сприятливою при навчанні початківців, але заважає, якщо ці фантоми використовуються для оцінки властивостей голки.

Недоліком більшості описаних моделей є складність виготовлення та висока вартість, що обмежує їх широке застосування.

Необхідне чітке уявлення про вимоги, які ставляться перед фантомним моделюванням перш ніж вибрати, якому типу надавати перевагу. Заявники корисної моделі вважають за доцільне ство-

рити фантом, на якому моделюються сірошкальні, доплерівські і соноеластографічні характеристики, при різних станах тканин з одночасною можливістю проводити інвазивні втручання, мати можливість реєструвати успішність втручання, бути легко відтворюваними, зручними.

За прототип взято фантом для введення голки під ультразвуковим контролем та спосіб створення фантому (патент США 12/668,075 опубл. 08.07.2008), найближчий за суттю та способом технічного вирішення, який передбачає моделювання введення голки у кровеносну судину з поверхні шкіри під УЗ контролем. Даний фантом включає моделювання: шару шкіри з першого матеріалу; шар підлеглих тканин, утворений в другого матеріалу і включає принаймні одну штучну кровеносну судину, утворену в третього матеріалу, причому перший, другий і третій матеріал відтворюють як механічні так і ультразвукові властивості відповідних частин людського тіла.

Проте, цей спосіб не відтворює доплерівські характеристики, які повинні забезпечувати неінвазивну оцінку властивостей імітацій судин для точного диференціювання тубулярних структур, що є основою сонографічного контролю РА, немає імітації периферичної нервової системи при ультразвуковій візуалізації. Недоліком найближчого аналога також є неможливість реєстрації успішності пункції шляхом контакту інструмента і об'єкта дослідження. При імітації судинного русла немає забезпечення руху рідини з різною швидкістю, немає можливості використовувати біологічну тканину (наприклад, м'ясо) для максимально реалістичного моделювання ділянки втручання, немає імітації фасціальних шарів для формування просторів, близьких до анатомічних, для поширення введеної рідини. У прототипі не враховується пружність використаних матеріалів для імітації соноеластографічних характеристик справжньої тканини. Спосіб згідно прототипу не є багатофункціональним.

В основу даної корисної моделі поставлено задачу удосконалити спосіб створення фантомів для моделювання регіонарної анестезії під ультразвуковим контролем, де точне диференціювання тубулярних структур є основою методу. Нами запропоновано спосіб створення медичного фантому для моделювання ультразвукової візуалізації, інтервенційної сонографії, який може використовуватись для імітації візуалізації периферичної нервової системи, оточуючих тканин, моделювання проведення регіонарної анестезії під ультразвуковим контролем, навчання, підвищення кваліфікації лікарів анестезіологів, фахівців з ультразвукової діагностики (УЗД), а також бути пристосованою для навчання виконання черезшкірних пункційних втручань під ультразвуковим контролем, в основі яких лежить пункція трубчатих структур (судини, нерви, жовчні шляхи тощо). Створений згідно з запропонованим способом фантом повинен бути ефективним як на початкових етапах оволодіння методикою, так і для експертів, у тому числі для дослідницьких робіт.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі, що включає розробку та створення медичного пристрою, а саме медичного фантому для

моделювання ультразвукової візуалізації, інтервенційної сонографії, згідно з корисною моделлю, що для імітації периферичної нервової системи при ультразвуковій візуалізації використовують трубчаті структури з сильним відбиттям сигналу (підвищеної ехогенності), для імітації судинного русла використовують трубчаті структури з забезпеченням руху рідини з різною швидкістю, для імітації оточуючих тканин використовують матеріал, добре проникливий для ультразвукового променя (зниженої ехогенності) та/або біологічну тканину (наприклад, м'ясо) для максимально реалістичного моделювання ділянки втручання, для імітації фасціальних шарів використовують щільні листи з сильним відбиттям сигналу, водонепроникливі з формуванням просторів, близьких до анатомічних, пружність використаних матеріалів підбирається для імітації соноеластографічних характеристик, а також використовують пристрій з датчиком з електричним перетворювачем для реєстрації контакту інструмента і об'єкту дослідження.

Новим у заявленому способі є:

- можливість одночасної імітації периферичних нервів та судинного русла;
- використання пристрою з датчиком з електричним перетворювачем для реєстрації контакту інструмента і об'єкта дослідження;
- можливість імітації реологічних властивостей крові;
- можливість імітації оточуючі тканини за допомогою біологічного та /або синтетичного матеріалу;
- використання різних по щільності матеріалів для імітації соноеластографічних характеристик;
- формування просторів для поширення анестетика.

Спосіб здійснюється наступним чином. В ємності умовними розмірами 40 × 25 × 15 см розміщують трубчаті структури, імітуючи нерви та судини. Для імітації периферичної нервової системи при ультразвуковій візуалізації використовують трубчаті структури з сильним відбиттям сигналу (підвищеної ехогенності), електрично-провідні, в яких встановлений пристрій з датчиком з електричним перетворювачем для реєстрації контакту інструмента і об'єкта дослідження. Пристрій представлений електричним колом, яке замикається при контакті голки та імітуючої нерв структури. Для імітації судинного русла використовують трубчаті структури з забезпеченням руху рідини з різною швидкістю, для моделювання руху крові використовують пристосовану помпу. Для регулювання швидкості руху рідини використовують складну систему трубок з різним діаметром з можливістю регулювання. По трубках пропускають рідину різної густини для моделювання доплерографічних показників при різних реологічних властивостей крові, та стану судинного русла. Для імітації оточуючих тканин використовують матеріал, добре проникливий для ультразвукового променя (зни-

женої ехогенності). Середовище може бути створено з пружного непрозорого матеріалу, який пропускає ультразвукові промені та/або біологічну тканину (наприклад, м'ясо) для максимально реалістичного моделювання ділянки втручання, для імітації фасціальних шарів використовують щільні листи з сильним відбиттям сигналу, водонепроникливі з формуванням просторів, близьких до анатомічних. Пружність використаних матеріалів підбирається для імітації соноеластографічних характеристик, наприклад, нервів - фасційпружнішими, для відтворення соноеластографічних характеристик оточуючих тканин уникають використання однорідного неехогенного матеріалу.

Фантом використовується як навчальний мультимедійний в ранніх етапах навчання, а також для моделювання сонографічних артефактів, оптимізації інтервенційних втручань.

Приклади конкретного використання з клінічною та дослідницькою задачею.

Приклад 1

Дослідження ефективності навчання регіонарної анестезії під ультразвуковим контролем на фантомах [Бубнов Р.В., Строкань А.М. Дослідження ефективності навчання регіонарної анестезії під ультразвуковим контролем на власних фантомах / Матеріали II міжнародної конференції "Біомедична інженерія і технологія": зб. матеріалів. - К.: НТУУ "КПІ", 2011, - с. 23-25.]. Задача дослідження полягала у вивченні рівня навичок і мінімальної підготовки, необхідних для досягнення певного рівня "компетентності" для регіонарної анестезії під ультразвуковим контролем, визначенні відтворюваної моделі помилок, які потенційно могли б допомогти в запобіганні ятрогенних ушкоджень в реальних ситуаціях, а також деяких методологічних аспектів при проведенні регіонарної анестезії під УЗ-контролем, порівнянні результатів різних способів в навчальному процесі з застосуванням тренажерів. Згідно з поставленою задачею в дослідження включили 2 групи лікарів анестезіологів по 8 чоловік кожна. Учасники не мали попереднього досвіду в інтервенційному ультразвуку.

Проводилось об'єктивне нотування успішності засвоєння навичок:

1) Шляхом реєстрації успішних спроб візуалізації нервової структури; та

2) виконання пункційного втручання під контролем УЗД. Виразували коефіцієнт рангової кореляції Спірмена між двома групами при візуалізації нервів нижньої кінцівки та виконанні пункції на фантомах.

Результати: усі лікарі успішно завершили 5 візуалізаційних та інтервенційних випробувань. Один лікар не зміг візуалізувати сидничий нерв. В обох групах показали поліпшення на другій та третій спробі. Найбільш поширеною помилкою, яка зареєстрована у 5 з 8 лікарів, була втрата візуалізації голки при просуванні. Це призвело до надмірної глибини її проникнення.

Таблиця 1

Порівняльне дослідження кривої навчання при візуалізації нервів нижньої кінцівки

Візуалізація	1 спроба	2 спроба	3 спроба	4 спроба	5 спроба
Стегновий нерв (N=8)	4	5	7	7	8
Сідничний нерв (N=8)	2	3	4	5	7

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена: $r=0.9$, $p>0,05$.

Таблиця 2

Порівняльне дослідження кривої навчання виконанні пункції на фантомах в поперечному (Out of plane) та поздовжньому (In plane) скануванні

Пункція	1 спроба	2 спроба	3 спроба	4 спроба	5 спроба
Out of plane (N=8)	3	6	6	7	8
In plane (N=8)	2	4	7	8	8

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена: $r=0.8$, $p>0,05$.

Висновок дослідження: лікарі анестезіологи без попереднього досвіду в ультразвуковій діагностиці, можуть швидко опанувати інтервенційні маніпуляції під УЗ контролем та підвищити точність їх виконання у модельованій ситуації з використанням фантомів. При порівняльному дослідженні кривої навчання статистично достовірно важко опанувати методикою візуалізації сідничного нерва та виконання пункції у поздовжньому (In plane)

скануванні. У початківців основною помилкою є просування голки без належної візуалізації за допомогою ультразвукового променя. Це призвело до помилки пункції, яка може викликати ятрогенну травму в клінічних умовах.

Приклад 2

Вивчення реологічних властивостей на імітації судинного русла.

Таблиця 3

Визначення зміни швидкості руху рідини при моделюванні змін реологічних властивостей рідини (замінника крові)

Густина / № вимірювання	1	2	3	4	5	6
Рядок 1	1,2	1,1	1,3	0,98	1,1	0,95
Рядок 2	0,93	1,1	1,08	0,95	0,89	0,97

У таблиці наведені деякі експериментальні значення швидкості кровотоку для стандартного фізіологічного розчину (рядок 1) і для розчину з додаванням глюкози (рядок 2).

Висновок дослідження: фантом може бути ефективним методом моделювання доплерографії при різних реологічних станах крові, які можуть зустрічатися в клініці в реанімаційних пацієнтів, в інфузіології, еферентної терапії, флебології [Ю.С. Синєкоп, А.И. Мухомор, Р.В. Бубнов, А.А. Горбач, Д.А. Пуляткин, Л.С. Гнатюк Экспериментальное определение основных характеристик ультразвуковых преобразователей /Электроника и связь №5, 2010.].

Корисна модель пояснюється кресленням та рисунками, на яких зображено:

Фіг. 1. Схема імітації трубчатих (судинних) структур. 1 - помпа; 2 - речовина, імітуюча навколишні тканини; 3 - трубки, по яких рухається рідина з швидкістю v_1 , v_2 ; 4 - імітація поверхні шкіри; 5

- ультразвуковий датчик; α - кут нахилу датчика для проведення доплерографії.

Фіг. 2. Спосіб розташування трубчастих структур для імітації судин у фантомі для створення звивистості. Формування труб різного діаметра, рух рідини забезпечується за допомогою пристосованої помпи.

Фіг. 3. Використання фантому як навчального тренажера.

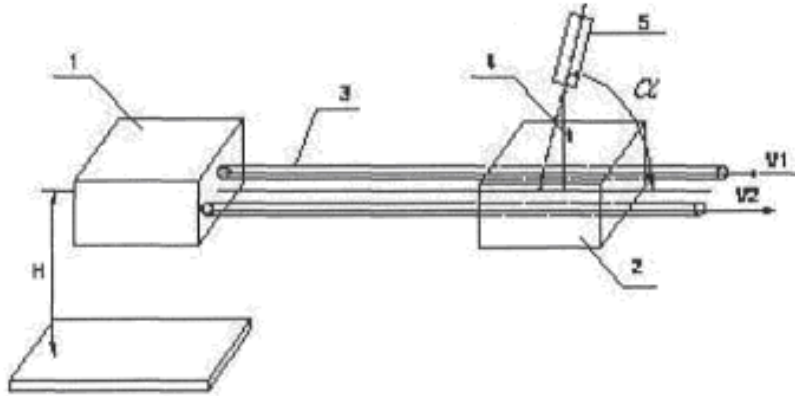
Фіг. 4. Комбінований механо-електронний тренажер з наявністю пристрою з датчиком з електричним перетворювачем для реєстрації контакту інструмента і об'єкта дослідження. Загальний вигляд.

Фіг. 5. Комбінований механо-електронний фантом-тренажер з одночасним використанням синтетичного матеріалу, добре проникливого для ультразвукового променя та біологічної тканини (м'яса), для максимально реалістичного моделювання ділянки втручання з одночасним викорис-

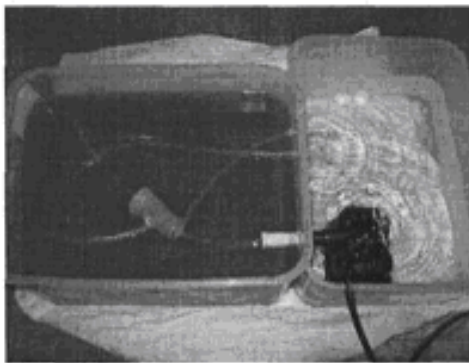
танням пристрою для реєстрації контакту інструмента (голки) і нерва-мішені.

Таким чином, спосіб створення фантомів для моделювання регіонарної анестезії під ультразвуковим контролем шляхом імітації візуалізації периферичної нервової системи, оточуючих тканин, може використовуватись з навчальною та науковою метою, для формування модельно-керованої інтервенційної медицини, для навчання, підвищення кваліфікації лікарів анестезіологів, фахівців

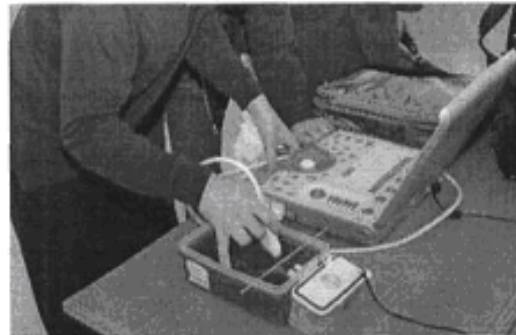
з ультразвукової діагностики (УЗД), а також бути пристосованим для навчання виконання черезшкірних пункційних втручань під ультразвуковим контролем, в основі яких лежить пункція трубчатих структур (судини, нерви, жовчні шляхи тощо), є доступним та наочним методом та може рекомендуватися для впровадження у навчально-учбових центрах, підрозділах ультразвукової діагностики, інтервенційної сонографії, відділеннях анестезіології та інтенсивної терапії.



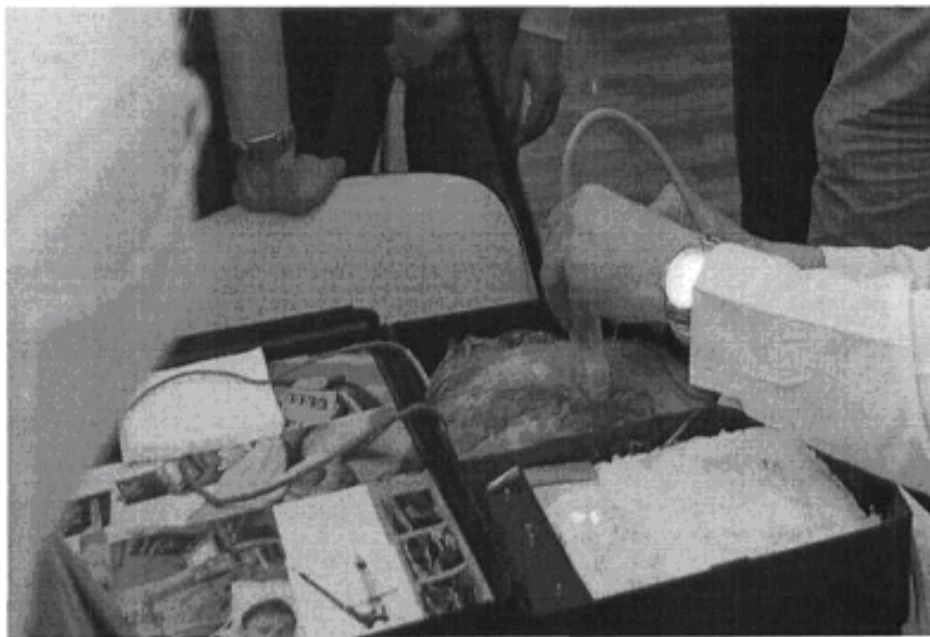
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

**Фіг. 4****Фіг. 5**