

Лабораторна робота № 4.

Ультразвукова інтроскопія.

Мета роботи: Ознайомитися з методиками отримання ультразвукових інтроскопічних зображень та можливостями регулювання інформативності ультразвукових даних.

Загальні відомості

Ультразвукова система підтримує потужність акустичного вихідного сигналу нижче зазначених меж в залежності від області застосування. Тому відповідно до клінічного застосування доводиться працювати із сигналами зі значними змінами потужності.

Елементи опосередкованого впливу на інтенсивність акустичного сигналу це частота повторення імпульсів, глибина фокуса, тривалість імпульсу та вибір датчика.

Вибраний тип візуалізації визначає форму ультразвукового пучка. Режим двовимірної візуалізації використовується для сканування. У доплерівському режимі енергія ультразвукового променя концентрується в області вимірювання.

Частота повторення імпульсів визначає кількість імпульсів ультразвукової хвилі, які збуджуються впродовж одиничного інтервалу часу. Чим вище частота повторення імпульсів, тим більша кількість імпульсів поширюватимуться в досліджуваному об'єкті. Відповідно більшою буде сумарна енергія ультразвукової хвилі на цьому інтервалі часу. Частоту повторення імпульсів можна налаштовувати за допомогою елементів управління. Вона буде змінюватися в залежності від регулювання глибини фокуса, глибини відображення, глибини досліджуваної області (field of interest). На частоту повторення також впливатимуть умови відображення кровотоку, зміни шкали яскравості, вибір кількості фокальних зон і ширини сектора сканування. Роздільна здатність зображення залежить від фокуса ультразвукового перетворювача. Для збереження роздільної здатності незмінною при зміні фокальної відстані потрібно змінювати вихідний сигнал. Тому потужність вихідного сигналу є функцією вказаних налаштувань і визначається при оптимізації параметрів роботи ультразвукової системи.

Для кожного типу дослідження потрібна певна глибина фокусування ультразвукового пучка. Правильний вибір глибини фокусу дозволяє забезпечити найкращу роздільну здатність області дослідження. Тривалість імпульсу – це час, протягом якого діє ультразву-

ковий імпульс. Чим довше діє імпульс, тим більше середнє за часом значення інтенсивності ультразвукового пучка. Зі збільшенням середнього значення інтенсивності відбувається зростання температури і збільшується ймовірність кавітації. Тривалість імпульсу вихідного сигналу також важлива при застосуванні доплерівських режимів. Зі збільшенням складових доплерівського спектру збільшується тривалість імпульсу.

Зміна датчика опосередковано впливає на інтенсивність. При зміні частоти ультразвукової хвилі змінюється коефіцієнт загасання ультразвуку в тканинах. Тому чим вище робоча частота датчика, тим більше загасання енергії ультразвукової хвилі. Відповідно при використанні датчика з високою робочою частотою потрібно збільшити інтенсивність вихідного сигналу для сканування тканин на однаковій глибині. Тобто, щоб збільшити глибину сканування, не змінюючи інтенсивності вихідного сигналу, потрібно зменшити частоту датчика. Також якщо при більшому підсиленні сигналу відлуння та підвищенні потужності вихідного сигналу не відбувається відповідного підвищення якості зображення, потрібно зменшувати частоту датчика або ж обирати датчик із меншою робочою частотою.

Елементи керування при прийманні сигналу

За допомогою елементів керування можна підвищити якість отриманих ультразвукових зображень. Елементи керування при прийманні не впливають на параметри вихідного сигналу. Зміни налаштувань впливають лише на процес прийому ультразвукових ехосигналів. Ці елементи керування дозволяють регулювати підсилення, динамічний діапазон і обробку зображень. Варто зазначити, що для підвищення якості візуалізації перш ніж збільшити потужність вихідного сигналу, необхідно оптимізувати налаштування елементів керування при прийманні сигналу. Наприклад, для поліпшення якості зображення замість підвищення потужності вихідного сигналу оптимізуйте величину підсилення при прийманні сигналу.

Інтенсивність ультразвукової хвилі, загасання сигналу і інтенсивність ультразвукової хвилі у воді

Вимірювання інтенсивності проводять у воді (однорідне середовище). Поглинання ультразвуку у воді відрізняється від процесу поглинання акустичної енергії м'якими біологічними тканинами.

Різні біологічні тканини поглинають акустичну енергію по-різному (табл. 4.1). Значення інтенсивності ультразвукової хвилі, яка проходить крізь тканину, в кожній точці залежить від об'єму і типу

тканини на шляху поширення, від частоти ультразвукового сигналу. Для оцінки значення інтенсивності в тканині використовують наближену формулу:

$$I_{\text{in situ}} = I_{\text{water}} \cdot e^{-0,23 \cdot \alpha \cdot l \cdot f}$$

де:

$I_{\text{in situ}}$ – дійсне значення інтенсивності ультразвукової хвилі, яка проходить крізь тканину¹;

I_{water} – значення інтенсивності ультразвукової хвилі, яка проходить у воді;

$e = 2,7182818284590452353602874713527$;

α – фактор загасання інтенсивності ультразвукової хвилі у тканині.

l – відстань від поверхні датчика (шкіри) до області інтересу, (см)²;

f – робоча частота датчика, (МГц)³.

Табл. 4.1 Здатність біологічних тканин поглинати акустичну енергію.

Тканина	α , $\frac{\text{дБ}}{\text{см МГц}}$
Амніотична рідина	0,006
Мозок	0,53
Серце	0,66
Нирка	0,79
Печінка	0,43
М'язи	0,55

Оскільки під час дослідження ультразвукова хвиля проходить крізь різнотипні тканини неоднакової товщини, оцінка істинного значення інтенсивності ультразвукового пучка в точці вимірювання ускладнена. Тому для отримання загальних оцінок використовується усереднене значення фактору загасання рівне 0,33 дБ/см МГц. Таким чином, відображуване в більшості звітів значення інтенсивності розраховується за формулою:

$$I_{\text{in situ}} = I_{\text{water}} \cdot e^{-0,069 \cdot l \cdot f}$$

Оскільки дане значення є лише оцінкою істинної величини інтенсивності ультразвукового пучка, то при використанні отримане значення зазначається разом з прикметником «знижена» (від англ. *derated*).

Виміри інтенсивності ультразвукової хвилі, виконані у воді і аналітично знижені за допомогою коефіцієнта 0,3 дБ/см МГц, іноді можуть відрізнятися від величини інтенсивності акустичної хвилі, яку вимі-

¹ з лат., на своєму місці

² глибина вимірювання

³ комбінована середня частота системи у відповідному режимі

ряли при проходженні ультразвукової хвилі крізь однорідну тканину з коефіцієнтом загасання 0,3 дБ/см МГц. Така відмінність вимірів пояснюється нелінійними спотвореннями, різними частотними залежностями поглинання хвиль у середовищах.

Взагалі, однакове знижене значення інтенсивності ультразвукової хвилі та максимальне значення інтенсивності ультразвукової хвилі в тканині не отримуються при однакових умовах. Тому вказані значення інтенсивності ультразвукової хвилі, які відображаються в звіті, можуть не співпадати із значенням дійсної інтенсивності. Приклад, для матричного датчика, який має декілька зон, максимальне значення інтенсивності у воді відповідає найглибшій зоні. Але при цьому найбільше значення інтенсивності ультразвукової хвилі може відповідати одній з фокальних зон, що знаходиться на меншій глибині, ближче до поверхні тіла.

Завдання.

1. Ознайомитися із елементами керування та налаштуваннями ультразвукового сканера.
2. Отримайте ультразвукове зображення досліджуваного об'єкта¹.
3. З'ясуйте яку роль в ультразвукових дослідженнях виконує гель².
4. Дослідіть вплив налаштування сканера на якість отриманих ультразвукових зображень³.
5. Виміряйте розміри об'єкта за його ультразвуковим зображенням.⁴
6. З'ясуйте які спотворення виникають на ультразвукових зображеннях при зміні параметрів об'єктів.⁵
7. Дослідити вплив підсилення на якість реконструйованих ультразвукових зображень.⁶

¹ Як досліджуваний об'єкт використайте циліндричну посудину, яка заповнена дистильованою водою.

² Нанесіть на поверхню датчика гель та отримайте повторно зображення досліджуваного об'єкта. Збережіть та порівняйте результати обох інтроскопічних досліджень.

³ Підберіть параметри для максимально чіткої візуалізації границь об'єкту. У звіті опишіть послідовність підбору параметрів та вкажіть отримані значення.

⁴ Оцініть площу перерізу відображуваного об'єкта на ультразвуковому зображенні за допомогою еліпса та «відбитка». Виміряйте значення площі перерізу та оцініть похибку.

⁵ Як досліджуваний об'єкт використовуйте посудину з олією. За допомогою простих геометричних побудов визначте величину спотворення ультразвукового зображення об'єкта.

⁶ Дослідити залежність середньої яскравості та дисперсії яскравості на зображенні досліджуваного об'єкта від коефіцієнту підсилення на різних частотах датчика. У звіті навести отримані експериментальні частотні залежності для різних значень коефіцієнтів підсилення (щонайменше 4 значення).

8. Дослідити вплив робочої частоти датчика на якість реконструйованих ультразвукових зображень.¹

Контрольні запитання

1. Які типи ультразвукових датчиків використовуються для медичної інтроскопії (принципи класифікації, особливості клінічного застосування).
2. Поясніть зміст принципу alara для безпечної діагностики.
3. Як впливають режими сканування на інформативність зображень, які отримані в різних досліджуваних областях.
4. У разі відсутності гелю, яку речовину можна використовувати для його заміни, які фізичні параметри потрібно знати для вибору оптимальної речовини?
5. Розподіл яких характеристики речовини можна візуалізувати за допомогою ультразвукових інтроскопічних систем?
6. Яким чином проводиться просторове розділення різних точок досліджуваних об'єктів?

¹ Для визначення середньої яскравості та дисперсію яскравості використати будь-який графічний редактор.