

Laboratorium Podstaw Technik Obrazowania w Medycynie		
Maciej Standerski Izabela Ghafour Elżbieta Derda Konrad Marciniak	maciej.standerski.stud@pw.edu.pl izabela.ghafour.stud@pw.edu.pl elzbieta.derda.stud@pw.edu.pl konrad.marciniak.stud@pw.edu.pl	Rok akademicki: 2023/2024 wykonanie: 12.12.2023 oddanie: 20.12.2023
Zespół: z4	Mgr inż. Kamil Lipiński	Podstawy obrazowania MRI

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodami obrazowania przy użyciu rezonansu magnetycznego (MRI - Magnetic Resonance Imaging). W jego trakcie będziemy chcieli zaobserwować wpływ czasu echa (TE) i czasu repetycji (TR) na uzyskiwany obraz.

2 Wstęp teoretyczny

Podczas obrazowania tak naprawdę obrazujemy rozkład atomów wodoru w ciele pacjenta. Aby stwierdzić ich liczbę w danym punkcie, wykorzystujemy zjawisko rezonansu magnetycznego.

Atomy wodoru wirują wokół pewnej osi, czyli mają spin. Jako że są obiektem posiadającym ładunek elektryczny, podczas tego obrotu generują swoje własne pole magnetyczne. Jeśli umieścimy je w zewnętrznym polu magnetycznym, to ich momenty magnetyczne będą chciały ustawić się zgodnie z tym polem. Większość tak zrobi, niektóre jednak będą miały dobry kierunek, ale przeciwny zwrot. Jeśli dodamy teraz siłę działającą w płaszczyźnie prostopadłej, to atomy te zaczynają precesować. Jednak z czasem powrócą do początkowego ustawienia równoległego do pola. Dlatego musimy przyłożyć siłę zmienną, która będzie odchylać je od linii pola z pewną częstotliwością.

TR - czas repetycji - czas pomiędzy kolejnymi impulsami 90°

TE - czas echa - podwójna wartość czasu między pobudzeniem 90° i 180°

3 Metody pomiarowe

Podczas pomiarów ułożenie pacjenta (w naszym przypadku banana) jest takie samo przez cały czas. Obrazujemy też cały czas ten sam przekrój pacjenta. Wykonujemy dwie serie pomiarowe, jedną dla stałego TE i zmiennego TR, drugą dla stałego TR i zmiennego TE. W pierwszej serii parametry były następujące:

- czas echa [ms] - 18
- czas repetycji [ms] - kolejno 50, 200, 400, 1000, 2000, 3500

Dla drugiej serii były one następujące:

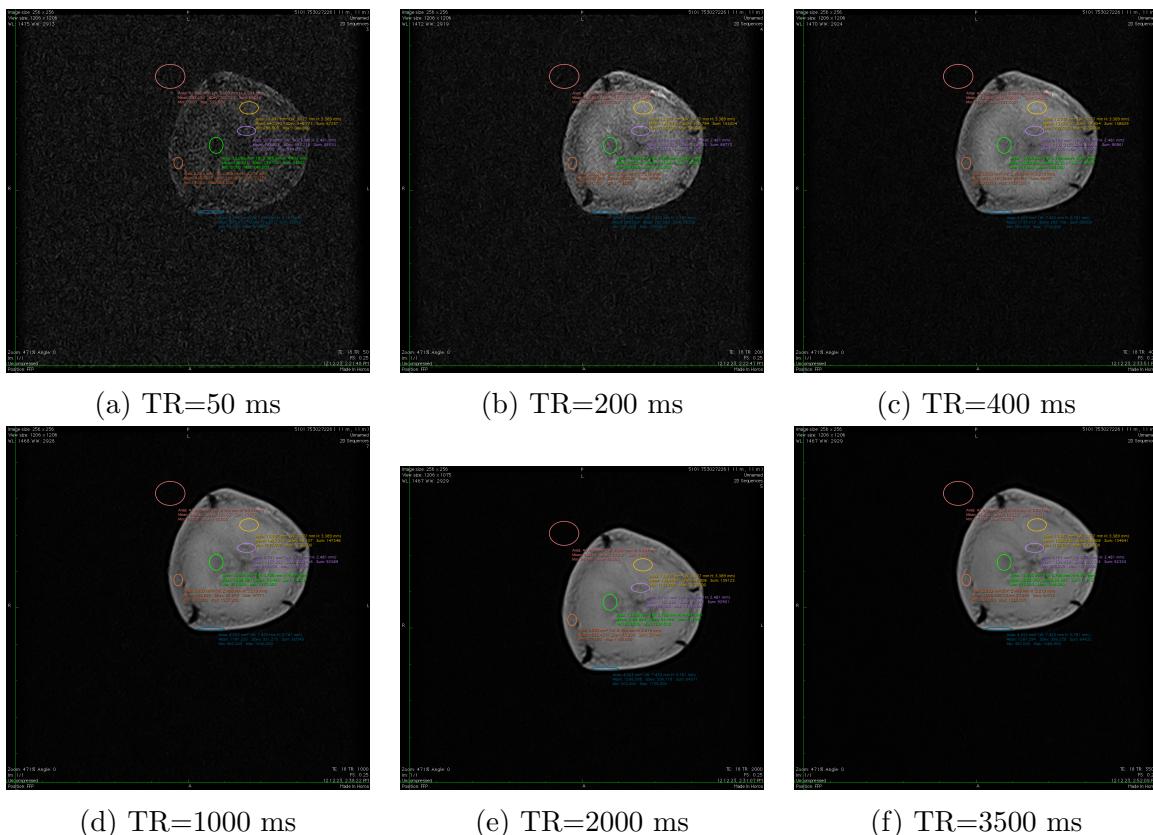
- czas echa [ms] - kolejno 80, 90, 100, 110, 120

- czas repetycji [ms] - 2500

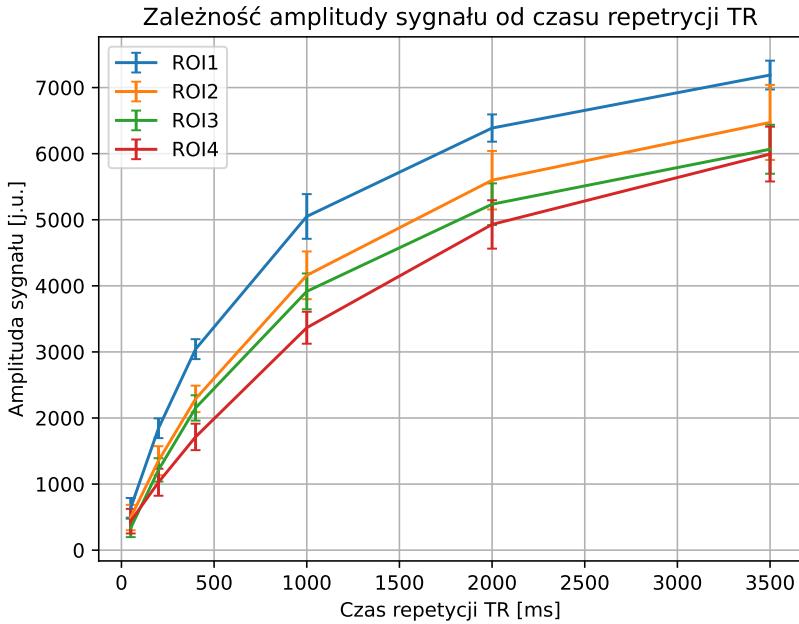
Na otrzymanych obrazach zaznaczamy pięć obszarów zainteresowania ROI (ang. Region of interest), w tym: tło, miąższ, skórę, środek. Wybór obszarów jest dowolny i zależy od widocznych na obrazie charakterystycznych punktów. Dla danej serii pomiarowej obszary te są identyczne na każdym zdjęciu. Z tych obszarów odczytujemy średnią i odchylenie standardowe.

4 Opracowanie i analiza pomiarów

4.1 Badanie wpływu czasu repetycji TR na obraz (obrazy T1 zależne)



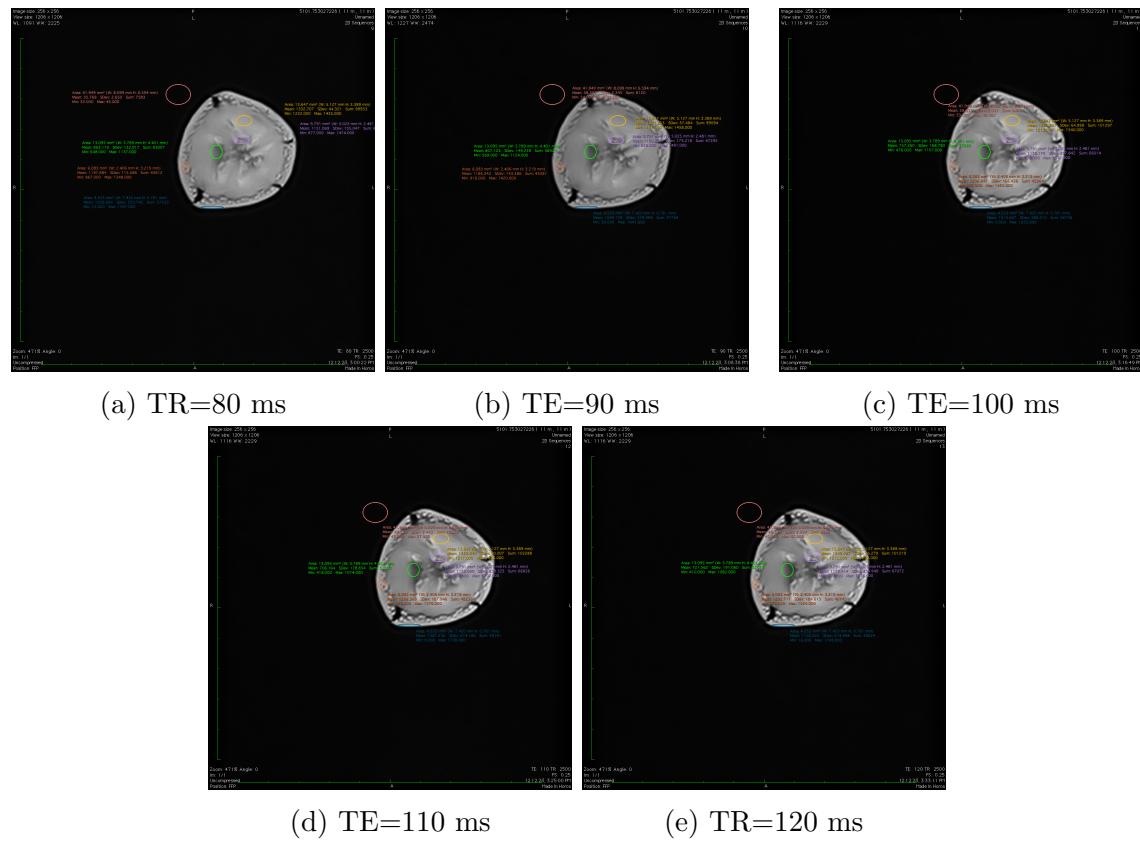
Rysunek 1: Obrazy otrzymane z serii pomiarowej ze zmianą wartości czasu repetycji TR oraz stałym czasem echa TE = 18 ms



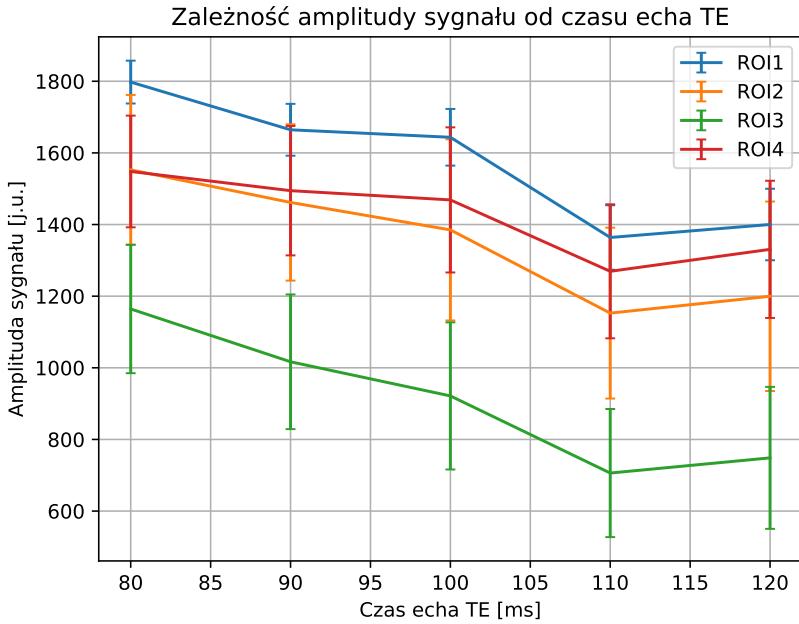
Rysunek 2: Wykres zależności amplitudy sygnału od czasu repetycji TR

Na wykresie (rys. 2) obserwujemy wzrost amplitudy sygnału (jej wartości średniej) wraz ze wzrostem czasu repetycji TR. Możemy to zaobserwować na obrazach uzyskanych z MRI (rys. 1) jako coraz wyraźniejsze obrazy o coraz większym kontraste. Charakter krzywej wynika z następującego mechanizmu: tkanki charakteryzują się wielkością nazywaną czasem relaksacji T1, który określa czas odbudowania się składowej podłużnej wektora magnetyzacji. Po tym jak momenty magnetyczne jąder wodoru zostaną pobudzone sygnałem 90° i ulegną wychyleniu do płaszczyzny poprzecznej, powracają one do ruchu precesyjnego wokół głównego pola magnetycznego, co powoduje wzrost składowej podłużnej wypadkowego wektora magnetyzacji. Jeżeli momentom da się wystarczająco dużo czasu do powrotu do kierunku podłużnego, tzn. czas TR pomiędzy kolejnymi sekwencjami spin-echo będzie zbliżony do czasu relaksacji T1, to sygnał fali RF od tych momentów magnetycznych będzie silniejszy. Jeśli TR będzie za krótkie, momenty magnetyczne nie zdążą powrócić do położenia podłużnego, i sygnał będzie słabszy. Na wykresie widzimy także, że krzywe dla różnych obszarów zainteresowania ROI narastają w większym lub mniejszym stopniu (ROI 1 odznacza się największym wzrostem, a ROI 4 najmniejszym), a zatem różnią się też czasami T1. Ponieważ ROI odpowiadają różnym tkankom (różne części banana), to oznacza że różne tkanki odznaczają się różnymi czasami relaksacji podłużnej T1.

4.2 Badanie wpływu czasu echa TE na obraz (obrazy T2 zależne)



Rysunek 3: Obrazy otrzymane z serii pomiarowej ze zmianą wartości czasu echa TE oraz stałym czasem repetycji TE = 2500 ms



Rysunek 4: Wykres zależności amplitudy sygnału od czasu echa TE

W tych pomiarach zbadaliśmy różnice w obrazach w zależności od czasu echa TE. Na obrazach oraz wykresie uzyskanych z pomiarów z wykorzystaniem sekwencji spin-echo o stałym czasie TR i zmiennym czasie TE widzimy, że im dłuższy jest czas echa, tym amplituda sygnału jest mniejsza (wyjątek stanowi tu ostatni pomiar dla czasu 120 ms).

Im wcześniej zostanie nadany impuls pobudzający 180° (co przekłada się na mniejszy czas TE), tym amplituda sygnału echa będzie mniejsza.

Z czasem TE związany jest czas relaksacji poprzecznej T2. Jest to czas, w którym składowa poprzeczna wypadkowego wektora magnetyzacji zanika. Zanik ten wynika z desynchronizacji faz precesji momentów magnetycznych jąder wodoru. Jeśli nadany zostanie impuls pobudzający 180° spowoduje to odwrócenie faz precesji i chwilową ponowną synchronizację momentów magnetycznych, co w sygnale FID odbieramy jako sygnał echa. Czas odbioru sygnału echa nazywamy czasem echa TE. Im sygnał TE jest lepiej zbliżony do czasu poprzecznej T2, tym lepiej amplituda sygnału oddaje czas relaksacji poprzecznej.

5 Rachunek niepewności

Za niepewność wartości amplitudy sygnału przyjęliśmy odchylenie standardowe wyliczone dla danego obszaru zainteresowania ROI.

Uwaga do wyników: W trakcie pomiarów wykonano sprawdzenia 5 ROI, jednak obszar ROI5 położony w obszarze skóry od banana był położony zbyt blisko tła, przez co średnia dla tego obszaru została zaniona oraz odchylenie standardowe było za wysokie, co objawiało się dużymi słupkami niepewności na wykresach. Z tego względu zrezygnowaliśmy z przedstawienia tej serii na wykresie, gdyż obniżałoby to jego czytelność.

6 Wnioski

Parametry sekwencji spin-echo jakimi są czasy TR i TE wpływają na parametry obrazu. Dłuższy czas TR powoduje zwiększenie amplitudy i kontrastu sygnału obrazu, natomiast dłuższy czas TE zmniejsza amplitudę oraz kontrast. Dzięki znajomości tych czasów jesteśmy w stanie oszacować parametry obrazowanych tkanek, a konkretniej ich czasy relaksacji T1 i T2, co daje istotne informacje z medycznego punktu widzenia (m.in. możliwość rozróżnienia zdrowych tkanek od chorych, np. nowotworowych).

A Załączniki

Załącznik nr 1: kod_lab5.pdf