

Porównanie i analiza metod wyznaczania parametrów badania wykonanego techniką IVIM (Intra-Voxel Incoherent Motion Diffusion-Weighted)

Wstęp

Obrazowanie dyfuzyjne przy użyciu rezonansu magnetycznego ma szczególne znaczenie w badaniach diagnostycznych jamy brzusznej. Nową i bardzo szybko rozwijającą się techniką wśród badań dyfuzyjnych jest metoda IVIM (z ang. Intra-Voxel Incoherent Motion Diffusion-Weighted Imaging). W odróżnieniu od obrazowania dyfuzyjnego DWI (DWI, diffusion-weighted imaging) pozwala ona jednocześnie oszacować dyfuzję czystej wody molekularnej jak i mikrokążenie krwi w kapilarach, czyli perfuzję. Istnieje jednak kilka istotnych ograniczeń, które utrudniają stosowanie tej metody w rutynowej praktyce. Do najważniejszych z nich należy brak standaryzacji sekwencji IVIM oraz brak jednolitej metody analizy danych uzyskiwanych za jej pomocą. Ustandaryzowanie i uporządkowanie metod analizy danych ma szczególne znaczenie z tego względu, że obrazowanie IVIM opiera się na ilościowej analizie wartości parametrów opisujących krzywą IVIM, oznaczanych symbolami f , D i D^* .

Celem pracy było porównanie stosowanych metod w kategoriach zgodności otrzymywanych wyników z uwzględnieniem możliwości skrócenia czasu badania bez utraty informacji diagnostycznej.

Material i metody

W ramach niniejszej pracy na skanerze Magnetom Skyra 3T firmy Siemens Medical Solutions 20 zdrowym ochotnikom wykonano badanie jamy brzusznej. W grupie było 10 kobiet i 10 mężczyzn w wieku od 27 do 67 lat; mediana 38 lat. U każdego pacjenta wykonywano dwa badania. Skanowany był obszar jamy brzusznej zawierający wątrobę i trzustkę. Na podstawie zebranych danych zostały wyznaczone parametry IVIM: f , D i D^* czterema różnymi metodami. Zostało to wykonane metodą najmniejszych kwadratów, z użyciem z programu Gnuplot (wersja 5.0, patch level 4). W pracy analizowano wyniki uzyskane dla modelu Bihana i trzech uproszczonych modeli, oznaczonych jako model I, II i III.

Obliczenia statystyczne zostały przeprowadzone z użyciem środowiska R (wersja 3.3.2, The R-Foundation, Austria). Różnice przy $p < 0.05$ uznano za istotne statystycznie.

Wyniki

Otrzymane wyniki wskazują na to, że wybór metody w istotny sposób wpływa na wartość wyznaczonych parametrów.

Największe wartości współczynników zmienności we wszystkich analizowanych narządach otrzymano dla parametru D^* . Bardzo duże wartości współczynnik zmienności dla danego parametru mogą wynikać z dużej osobniczej zmienności (pomiędzy pacjentami). Natomiast różnice między pierwszym a drugim badaniem wynikają z faktu, że podczas sekwencji IVIM rejestrowana jest perfuzja i dyfuzja, która nie jest wielkością stałą w czasie i może ulegać zmianie podczas badania.

Pomimo znaczących różnic uzyskanych dla poszczególnych struktur anatomicznych i wyznaczanych parametrów jedynie dla 17 spośród 72 porównań uzyskano wyniki które nie różnią się znamienne statystycznie. Brak statystycznie znamiennych różnic uzyskano dla 12 z 36 wyników badań dla wątroby. Dla głowy trzustki brak znamienne statystycznie różnych wyników badań wyniosła jedynie w 5 z 36 wyników badań. Dla trzonu trzustki po odrzuceniu wyników dla D^* brak znamienne statystycznej różnicy występuje jedynie w 1 na 24 wyniki.

W przypadku metody I i metody III we wszystkich przypadkach stwierdzono korelacje dla parametru D , co w istocie odzwierciedla jedynie fakt, że w obu metodach parametr ten wyznaczany jest na podstawie tej samej zależności. W przypadku metody Bihana i metody I silną i bardzo silną korelację otrzymano w 3 przypadkach na 24 analizowanych.

Zastosowanie uproszczeń ułatwia i przyspiesza obliczenie parametrów, jednak wpływa na pogorszenie dopasowania modelu do danych eksperymentalnych. Najniższe wartości sumy reszt kwadratów różnic pomiędzy wartościami eksperymentalnymi i obliczonymi (WSSR) we wszystkich przypadkach otrzymano dla modelu Bihana. Również analiza wartości standardowego odchylenia dopasowanej funkcji wykazała, że najniższe we wszystkich przypadkach otrzymano dla modelu Bihana.

Analiza danych przy użyciu kryterium informacyjnego Akaikego (AIC) oraz kryterium BIC (Bayesian Information Criterion) wykazała, że dla wszystkich analizowanych narządów wartości kryterium AICc oraz BIC otrzymane dla metody Bihana jest niższe niż dla metody II. Najniższe wartości kryterium AICc i BIC otrzymałam dla pierwszego etapu dla modelu I i dla modelu III. Jednakże te modele w etapie, w którym szacowany jest parametr f i D^* nie dają lepszych wyników niż w metodzie Bihana i metodzie II. Porównując metody I i III, które są metodami dwustopniowymi, można stwierdzić, że metoda I pozwala osiągnąć niższe wartości AICc. Ogólna ocena uzyskanych wyników i przeprowadzonych analiz wykazała, że model Bihana zapewnia najlepsze dopasowanie do danych pomiarowych.

Wnioski

W niniejszej pracy przedstawiono porównanie czterech różnych modeli stosowanych do

wyznaczania parametrów IVIM. Otrzymane w pracy wyniki wykazały, że metoda określona jako metoda Bihana jest najdokładniejsza (najbardziej wiarygodna) w szacowaniu parametrów IVIM. Jeżeli jednak, ma znaleźć szerokie zastosowanie kliniczne badanie powinno być przeprowadzone ze szczególną starannością, co wiąże się z długim czasem wykonywania badania. Niestety wyniki tej pracy nie potwierdziły nadziei, że możliwe jest skrócenie badania dzięki zastosowaniu uproszczonych modeli.

Słowa kluczowe: IVIM, DWI, analiza regresji, nieliniowa metoda najmniejszych kwadratów