

Zależności anatomiczne i hemodynamiczne występujące między umiejscowieniem stentów w wybranych odcinkach koła tętniczego mózgu a odgałęzieniami tętnic wewnątrzczaszkowych

Streszczenie w języku polskim

Choroby naczyniowe ośrodkowego układu nerwowego stanowią narastający problem kliniczny i społeczny. Miejscem ich rozwoju jest krążenie mózgowe, które wyróżnia się złożoną budową anatomiczną i ścisłym połączeniem z funkcjonowaniem mózgowia. Jego odrębność jest szczególnie widoczna w zakresie tętnic przesywających – drobnych naczyń wnikających w tkankę nerwową pnia mózgu oraz w obrębie istot dziurkowanych przedniej i tylnej. Choć są to naczynia o małej średnicy, często nieprzekraczającej 0.7 mm, unaczyniają struktury kluczowe dla życia człowieka i biorą udział w rozwoju wielu patologii (m.in. udarów lakunarnych, krwotoków śródmózgowych, otępienia). Co jednak najistotniejsze ze względów patofizjologicznych, odchodzą one bezpośrednio od wysokociśnieniowych tętnic wewnątrzczaszkowych, dlatego wydaje się, że są szczególnie narażone na uszkodzenia. W warunkach klinicznych wykonuje się obecnie wiele różnorodnych interwencji w zakresie krążenia mózgowego, w tym implantuje się stenty, które mogą być źródłem powikłań ze strony naczyń przesywających, czyli perforatorów. Kluczowe jest zatem badanie warunków hemodynamicznych, a jedną z najpowszechniej stosowanych metod jest obliczeniowa mechanika płynów.

Dotychczas prowadzone badania nad perforatorami wykorzystywały techniki optyczne i brak było trójwymiarowych modeli umożliwiających dokładne badania morfologiczne i symulacyjne. Główny cel pracy stanowiło opracowanie metodologii pozyskiwania geometrycznych modeli naczyń przesywających odchodzących od tętnicy środkowej mózgu i tętnicy podstawnej, natomiast dodatkowymi było opisanie morfologii miejsc odejścia perforatorów, relacji przestrzennych między fragmentami stentu a ujściami naczyń przesywających, ocena zachowania drożności odgałęzień, jak również ocena możliwości wykonania symulacji komputerowych warunków hemodynamicznych.

Zasadniczym wynikiem pracy jest metodologia otrzymywanie trójwymiarowych modeli perforatorów. Uzyskuje się je nastrzykując odpowiednio przygotowane preparaty mózgowia człowieka środkiem kontrastowym i po utrwaleniu skanując je przy pomocy mikrotomografii komputerowej. Kluczowe jest właśnie zastosowanie mikrotomografu, ponieważ otrzymywane wyniki radiologiczne cechują się około 10 krotnie wyższą dokładnością niż powszechnie stosowane metody obrazowania. Adekwatność ciśnienia nastrzykiwania oraz dokładność

lek. Radosław Rzepliński

Zależności anatomiczne i hemodynamiczne występujące między umiejscowieniem stentów w wybranych odcinkach koła tętniczego mózgu a odgałęzieniami tętnic wewnątrzczaszkowych

odzwierciedlenia naczyń (również w porównaniu ze standardową tomografią komputerową) zostały potwierdzone w dodatkowych doświadczeniach. Metoda jest powtarzalna, dostarcza wysokiej jakości modeli i nie wymaga drogich odczynników.

Pozostałe cele niniejszej pracy zrealizowano wykorzystując kolekcję preparatów tętnicy środkowej mózgu i tętnicy podstawnej wraz z perforatorami (łącznie odpowiednio 165 i 158 perforatorów). Zbadano geometrię miejsc odejścia naczyń przesywających – obszarów szczególnie interesujących ze względów hemodynamicznych, ponieważ łączą wysokociśnieniowe naczynia macierzyste z drobnymi tętnicami. Odkryto, że rzeczona miejsca odejścia nie mają kształtu okrągłego, lecz owalne, a analizy statystyczne z użyciem liniowych modeli mieszanych pokazały, że obrót owalu względem naczynia macierzystego ma związek z kierunkiem przebiegu początkowego odcinka perforatora, natomiast nasilenie zwężenia może wzrastać z wiekiem. Jest to szczególnie ciekawe odkrycie w kontekście udziału naczyń przesywających w patofizjologii choroby małych naczyń i otępienia.

Relacje przestrzenne między fragmentami stentów a miejscami odejścia perforatorów oraz ocenę zachowania ich drożności przeanalizowano obliczając stopień zakrycia miejsc odejścia przez rozpórki różnorodnych stentów (klasycznych i tzw. flow diverterów). Stopień zakrycia był wyższy w przypadku stentów klasycznych, które zbudowane są z szerszych rozpórek, i wynosił do 50% dla większości perforatorów. W przypadku flow diverterów stopień zakrycia był około 2-3 krotnie niższy. Należy jednak zwrócić uwagę, że mniejsze z perforatorów mogą zostać całkowicie odcięte od napływu krwi przez pojedynczą rozpórkę stentu, co tyczy się zwłaszcza stentów klasycznych. Opisane zjawisko może leżeć u podstaw obserwowanych klinicznie powikłań niedokrwiennych po wybranych procedurach neuroradiologicznych.

Przeprowadzono podstawowe symulacje przepływu krwi przez trójwymiarowy model tętnicy podstawnej, które wykazały, że możliwe jest przeprowadzenie badań warunków hemodynamicznych panujących w tętnicach przesywających. Uwidoczniono złożone warunki w miejscach odejścia perforatorów, mogące odpowiadać za ich zwężanie. Zagadnienie to wymaga dalszych, wnikliwych badań.