

Zakrzepica żył głębokich (ZŻG) kończyny dolnej to choroba, w której z powodu patologicznych zmian w naczyniach krwionośnych lub samej krwi w żyłach głębokich nóg powstają zakrzepy. Proponowane badania naukowe będą koncentrować się na syndromie pozakrzepowym, który można zdefiniować jako przewlekłą niewydolność żylną powodującą objawy w kończynie dotkniętej przez ZŻG. Pacjenci mogą doświadczyć bólu, obrzęku, uczucia ciężkości, a w skrajnych przypadkach owrzodzenia chorej kończyny –symptomy, które znacznie obniżają jakość życia. Jednym z czynników odpowiedzialnych za objawy kliniczne zakrzepicy żylny są zmiany w przepływie krwi, takie jak: anormalne wiry i przepływ wsteczny, które mogą wystąpić zwłaszcza w rozwidleniach naczyń i za zastawkami. Z tego powodu zrozumienie wpływu zakrzepicy na przepływ krwi może pomóc w leczeniu zespołu pozakrzepowego.

Rozwiązania obliczeniowej dynamiki płynów (ang. CFD) są stosowane w układzie sercowo-naczyniowym od kilku dekad i różnią się pod względem złożoności. Modele trójwymiarowe dostarczają szczegółowych informacji na temat hemodynamiki lokalnych obszarów naczyniowych (np. obszarów podatnych na zakrzepicę, takich jak rozwidlenia żylny). Wysoki koszt obliczeniowy i złożoność modeli 3D utrudniają ich wdrożenie w codzienną praktykę kliniczną.

Statystyczne modele kształtów (ang. SSM) stanowią skuteczną metodę matematycznego opisu właściwości geometrycznych wielu skomplikowanych kształtów. Połączenie SSM i CFD może poprawić interpretację analizy obliczeniowej, która charakteryzuje wpływ anatomii na lokalną hemodynamikę, a także zmniejszyć koszt obliczeniowy zastosowania tych technologii klinicznie. Analiza wrażliwości (ang. SA) ma kluczowe znaczenie przy tworzeniu modelu, aby zrozumieć wpływ niepewności danych wejściowych na dane wyjściowe, zwłaszcza gdy wyniki symulacji identyfikują biomarkery stanów chorobowych lub wpływają na decyzje kliniczne. Najnowsze publikacje opisują możliwość wykorzystania statystycznych modeli kształtów w celu uproszczenia anatomii do szeregu modów, które można wykorzystać do przedstawienia zróżnicowania anatomii w populacji pacjentów. Takie założenie umożliwi przeprowadzanie analizy czułości w odniesieniu do charakterystyki indywidualnej anatomii pacjenta używając indywidualnych modów kształtu, znacznie ograniczając liczbę stopni swobody, które należy wziąć pod uwagę. W projekcie wykorzystane zostaną zarówno uproszczone geometrie opisane za pomocą modeli CAD, jak i spersonalizowane dla pacjenta uzyskane przez segmentację obrazów medycznych 3D. Techniki SSM zostaną następnie wykorzystane do matematycznego opisu zmienności kształtu w populacji pacjentów. Analiza czułości zostanie wykorzystana do określenia związku między modami kształtu a metrykami otrzymanymi z symulacji CFD.

Badania mają na celu sprawdzić możliwość zmiany typowego schematu CFD w celu zmniejszenia liczby kosztownych obliczeniowo symulacji 3D. Proponowany projekt zakłada hipotezę, że technikę SSM można zastosować do scharakteryzowania związku między lokalną trójwymiarową anatomią żylną a ryzykiem wystąpienia zakrzepicy, na podstawie analizy CFD. Ustalenie takiego modelu pracy może usprawnić proces podejmowania decyzji klinicznych poprzez zapewnienie wydajnej obliczeniowo metody symulacji indywidualnych pacjentów. Proponowane techniki są nowoczesne a ostatnie publikacje koncentrują się na pytaniach badawczych związanych z chorobami wieńcowymi i sercowymi. Zastosowanie tych technologii do badania ZŻG i syndromu pozakrzepowego jest nowatorskie i może znacząco poprawić informacje dostępne lekarzom, aby ułatwić podejmowanie decyzji zarówno przed interwencjami, jak i w ich trakcie (np. wybór rozmiaru i lokalizacji stentu). W ramach projektu zostaną opracowane matematyczne metryki do charakteryzowania cech anatomicznych (np. metryki kształtu) i natury przepływu krwi dla poszczególnych pacjentów (z wykorzystaniem obliczeniowej dynamiki płynów, CFD), które nie są obecnie dostępne w klinice. W badaniach wykorzystane zostaną retrospektywne dane kliniczne zebrane w klinice Royal Free London Vascular Surgery w Londynie w Wielkiej Brytanii. Wszystkie dane zostaną zanonimizowane przed użyciem.

Projekt zajmie się nowatorskimi zagadnieniami naukowymi, w szczególności przyczyniając się do powstających ram weryfikacji, walidacji i kwantyfikacji modeli (VVUQ), zarówno w tym konkretnym zastosowaniu klinicznym, jak i bardziej ogólnie. Taka działalność jest silnie powiązana z najnowszymi osiągnięciami w tłumaczeniu klinicznym modeli obliczeniowych i uzupełnia szersze działania zarówno w Centrum Sano, jak i w szerszym środowisku naukowym (czego dowodem jest powołanie instytutu VPH (www.vph-institute.org/) i Avicenna Alliance (<https://avicenna-alliance.com/>)).

Projekt badawczy oceni czy zindywidualizowanie symulacji CFD jest konieczne, czy też SSM może dostarczyć wystarczających informacji na temat geometrii żył do scharakteryzowania nowych danych pacjentów i dokładnego prognozowania klinicznie istotnych metryk przepływu krwi.