

STRESZCZENIE POPULARNONAUKOWE

Zabiegi wszczepienia endoprotez stawu kolanowego należą dziś do najczęściej wykonywanych operacji ortopedycznych na świecie. Dzięki rozwojowi techniki medycznej i biomateriałów, pacjenci z zaawansowaną chorobą zwyrodnieniową mogą powrócić do aktywności życiowej i zawodowej. Jednak pomimo ogólnie wysokiej skuteczności zabiegów, z czasem część implantów ulega degradacji i wymaga rewizji, czyli ponownej operacji wymiany protezy.

Przyczyny niepowodzeń są złożone i nie zawsze w pełni poznane. Należą do nich zarówno procesy mechanicznego zużycia (ścieranie, korozja, pękanie), jak i biologiczna odpowiedź organizmu na cząstki ściernie gromadzące się w tkankach. Cząstki te mogą aktywować komórki układu odpornościowego, prowadząc do przewlekłego zapalenia, resorpcji kości (osteolizy) i ostatecznego obluzowania implantu.

Celem projektu jest przeprowadzenie kompleksowej analizy mechanizmów zużycia implantów kolanowych oraz odpowiedzi biologicznej organizmu na powstające cząstki zużycia. Badania zostaną przeprowadzone na unikatowym zbiorze ponad 160 implantów pochodzących z procedur rewizyjnych, gromadzonych od 2012 roku w ramach programu pobierania implantów prowadzonego w UM w Poznaniu.

Analizowane będą zarówno same implanty, jak i otaczające je tkanki. W pierwszym etapie implanty zostaną ocenione makroskopowo i mikroskopowo – przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), spektroskopii EDS oraz profilometrii powierzchni. Z kolei z tkanek okołoprotezowych będą izolowane cząstki zużycia – metodami chemicznymi i enzymatycznymi, w zależności od rodzaju poszukiwanych materiałów (np. polietylen, metal, ceramika).

Szczególną innowacją projektu jest zastosowanie metod opartych o sztuczną inteligencję do analizy mikroskopowych zdjęć cząstek zużycia. Dzięki modelom segmentacji obrazu (m.in. MetaSAM, R-CNN, Unet), możliwe będzie zautomatyzowane wykrywanie i charakterystyka tysięcy cząstek na podstawie ich rozmiaru, kształtu i morfologii. Do tego celu planowane jest zastosowanie specjalistycznego akceleratora AI (np. NVIDIA H100), umożliwiającego wydajną analizę danych.

Równolegle przeprowadzona zostanie analiza biologiczna tkanek – histologiczna, immunohistochemiczna i z wykorzystaniem mikrodyssekcji laserowej (LCM). Pozwoli to na identyfikację lokalnych reakcji zapalnych i próbę powiązania rodzaju obecnych cząstek z aktywacją konkretnych typów komórek – np. makrofagów wydzielających cytokiny zapalne lub czynników sprzyjających osteolizie.

Projekt zakłada ścisłą współpracę zespołów specjalistów z dziedzin inżynierii materiałowej, ortopedii, patologii i bioinformatyki. Wyniki tego badania mogą w przyszłości dostarczyć kluczowych informacji dla producentów implantów, umożliwiając optymalizację konstrukcji protez oraz dobór materiałów o mniejszym potencjale immunogennym. Pozwoli to na poprawę trwałości wszczepów i zmniejszenie liczby kosztownych i obciążających pacjenta operacji rewizyjnych.