

Streszczenie popularnonaukowe

Czaszka człowieka składa się z wielu oddzielnych kości, które zaczynają kształtować się już w życiu płodowym. Co istotne, nie wszystkie powstają z tych samych typów komórek, co sprawia, że tempo i sposób ich wzrostu różni się w poszczególnych częściach czaszki dziecka. Między kośćmi noworodka znajdują się elastyczne, włókniste połączenia zwane szwami czaszkowymi. Dzięki nim głowa niemowlęcia może dostosować się do przejścia przez kanał rodny oraz rosnąć dynamicznie w pierwszych latach życia. Rzadkie wady czaszki to grupa zaburzeń wrodzonych obejmujących nieprawidłowości w budowie i rozwoju kości czaszki. Spośród nich najczęściej diagnozowaną grupą są kraniosynostozy - wady wrodzone, w których dochodzi do zbyt wczesnego zrośnięcia jednego lub kilku szwów czaszkowych. Taki przedwczesny wzrost ogranicza naturalny wzrost czaszki i może prowadzić do jej deformacji, a także do wzrostu ciśnienia wewnątrzczaszkowego, co stanowi zagrożenie dla prawidłowego rozwoju mózgu dziecka.

Leczenie polega na chirurgicznym przecięciu zrośniętego szwu i umożliwieniu czaszce dalszego prawidłowego wzrostu. Jedną z nowoczesnych i coraz częściej stosowanych metod leczenia jest małoinwazyjny zabieg wspomagany sprężynami dystrykcyjnymi (ang. endoscopic spring-assisted surgery, ESAS). W tej technice do czaszki dziecka wprowadza się specjalne sprężyny, które w kontrolowany sposób rozpychają kości i umożliwiają czaszce modelowanie się wraz z rozwojem mózgu. Chociaż metoda ta ma wiele zalet, jej efekty nie zawsze są przewidywalne. U niektórych pacjentów obserwuje się doskonałe wyniki, u innych mniej satysfakcjonujące – mimo podobnego przebiegu operacji.

Projekt badawczy koncentruje się na zrozumieniu, w jaki sposób mikrostrukturalne cechy zrośniętych kości czaszki wpływają na wyniki operacji oraz wzrost czaszki u dzieci z wadami rzadkimi czaszki, w szczególności w kraniosynostozie. W ramach trzyletniego projektu planujemy przebadать do 40 dzieci – zarówno pacjentów z kraniosynostozą leczonych metodą ESAS, jak i grupę kontrolną (dzieci operowane po urazach czaszkowo-mózgowych). Podczas zabiegów chirurgicznych rutynowo usuwa się fragmenty kości czaszki. Te materiały, traktowane jako odpady medyczne, zostaną przez nas przebadane za pomocą najnowocześniejszych technologii, takich jak mikroskopia sił atomowych (AFM), skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM) oraz mikrotomografia komputerowa (micro-CT).

Mikroskopia sił atomowych umożliwi badaczom ocenę właściwości mechanicznych tkanki kostnej na poziomie nano, dostarczając wglądu w sztywność kości. SEM oraz mikro-CT zapewnią szczegółowe obrazy 3D struktury kości oraz gęstości mineralnej, co jest kluczowe dla zrozumienia, jak zmienności w składzie kości wpływają na wyniki operacyjne oraz długoterminowy rozwój czaszki. Dodatkowo wykonane zostaną trójwymiarowe skany powierzchni głowy pacjentów w celu oceny zmiany kształtu czaszki w czasie leczenia.

Wyniki badań pozwolą stworzyć unikalny zbiór danych o mikro- i nanostrukturze kości czaszki dziecięcej, zarówno u pacjentów zdrowych, jak i z wadami czaszki. Znaczenie tego badania wykracza poza doskonalenie technik chirurgicznych; ma ono potencjał do rozwoju chirurgii twarzoczaszki. Poprzez odkrycie szczegółów architektury kości, wzorców mineralizacji oraz właściwości mechanicznych, projekt ma na celu ułatwienie leczenia personalizowanego. Może to prowadzić do poprawy precyzji chirurgicznej, zmniejszenia ryzyka powikłań oraz lepszych efektów estetycznych dla dzieci z kraniosynostozą. Dodatkowo, projekt dąży do rozszerzenia wiedzy naukowej poprzez integrację technologii obrazowania oraz wiedzy klinicznej. Poprzez korelację szczegółowych danych obrazowych z wynikami klinicznymi, badacze mają na celu opracowanie wytycznych opartych na dowodach, które optymalizują strategie chirurgiczne oraz poprawiają ogólną opiekę nad pacjentem.

Ostatecznie, badania mają na celu dostarczenie pracownikom służby zdrowia obszernej wiedzy w o wadach rzadkich czaszki. Poprzez międzydyscyplinarną współpracę, projekt dąży do ustanowienia nowych standardów w chirurgii twarzoczaszki, oferując nadzieję na lepsze wyniki oraz poprawę jakości życia dla młodych pacjentów oraz ich rodzin borykających się z tą trudną dolegliwością.