



Jolanta Tomczyk

Wydział Lekarski

Ocena zmienności anatomicznej stawu kolanowego z uwzględnieniem modelu matematycznego 3D nasady bliższej kości piszczelowej w chorobie zwyrodnieniowej.

Rozprawa doktorska napisana pod kierunkiem

Prof.dr hab.n.med. Marcina Domżańskiego

Łódź 2022

Streszczenie rozprawy doktorskiej:

Ocena zmienności anatomicznej stawu kolanowego z
uwzględnieniem modelu matematycznego 3D nasady bliższej
kości piszczelowej w chorobie zwyrodnieniowej.

Rozprawa doktorska jest cyklem trzech publikacji, których jestem pierwszym autorem. Zawarte w rozprawie publikacje zostały wysoko ocenione merytorycznie i przyjęte do publikacji w uznanych czasopiśmie naukowych, łączny IF załączonych publikacji wynosi 10,201.

Staw kolanowy jest największym i drugim, po stawie skokowym, najbardziej obciążanym stawem w ciele człowieka. Co za tym idzie, podatność na częste urazy oraz tzw. zmiany „ze zużycia”, postępujące z wiekiem, czynią z niego najczęściej poddawany diagnostyce obrazowej stawem w ludzkim organizmie.

W pierwszej z opublikowanych przeze mnie prac pt.: “Anatomical variations of knee ligaments in magnetic resonance imaging: pictorial essay” skupiłam się na przedstawieniu wariantów anatomicznych struktur więzadłowych stawu kolanowego, które mogą imitować zmiany patologiczne. W mojej pracy omówiłam powszechnie spotykane jak i rzadko występujące warianty więzadeł w tym tzw. “ więzadeł dodatkowych”, których znajomość pozwala uniknąć błędów w interpretacji obrazów i pomaga w postawieniu prawidłowej diagnozy. W publikacji przybliżyłam i przedstawiłam zdjęcia z obrazów MRI więzadła międzyłątkowego przedniego, międzyłątkowego skośne, więzadła łątkowo-strzałkowego, łątkowo-udowego w jego trzech wariantach anatomicznych, więzadła łukowatego, więzadła pomiędzy fabellą i kością strzałkową, więzadła podkolanowo-strzałkowego z jego różnymi wariantami anatomicznymi oraz więzadeł krzyżowych przedniego i tylnego.

W dwóch kolejnych publikacjach, które są wynikiem współpracy z Instytutem Inżynierii Materiałowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej oraz Kliniką Ortopedii, Trumatologii i Rehabilitacji Pourazowej Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego im. Wojskowej Akademii Medycznej –

Centralny Szpital Weteranów, przedstawiłam wyniki prowadzonych przez nas badań nad modelem deformacji bliższej nasady kości piszczelowej w przebiegu choroby zwyrodnieniowej.

Choroba zwyrodnieniowa charakteryzuje się destrukcją chrząstki stawowej oraz wtórnych zmian przyległej struktury kostnej. Klinicznie pacjenci odczuwają ból oraz ograniczenie funkcji ruchowych.

Choroba zwyrodnieniowa stawów jest najczęstszą chorobą układu ruchu oraz najczęstszą przyczyną orzekania o inwalidztwie. Szacuje się, że w Polsce cierpi na nią ok 17% społeczeństwa, przy czym dotyczy ok 25-30% osób w wieku 45-64 lat, 60% osób powyżej 65 roku życia oraz ponad 8% osób powyżej 75 roku życia.

Leczenie choroby zwyrodnieniowej jest procesem złożonym i wieloetapowym. Podstawową zasadą jest modyfikacja czynników wyzwalających, czy w późniejszym czasie, nasilającym proces zwyrodnieniowy. Obok redukcji masy ciała, należy zwrócić uwagę na ewentualne wady postawy.

Jedną z metod leczenia operacyjnego jaką możemy zaoferować pacjentom z chorobą zwyrodnieniową stawu kolanowego jest osteotomia korekcyjna nasady kości piszczelowej- HTO- high tibial osteotomy.

Zabieg ten proponowany jest zazwyczaj młodszym, aktywnym pacjentom ze szpotawością stawów kolanowych, celem wydłużenia żywotności stawu i opóźnienia ewentualnej protezoplastyki stawu kolanowego. Procedura ma na celu skorygowanie osi kończyny, dzięki czemu siła wytworzona podczas obciążania jest przesunięta z artretycznego, przyśrodkowego przedziału do zdrowego przedziału bocznego. Zmniejszenie obciążenia w chorej części stawu kolanowego zmniejsza ból kolana. Badania wykazały, że po korekcji, regeneracja może nastąpić również w jamie stawowej, w tym regeneracji chrząstki stawowej.

Do planowania przedoperacyjnego, podobnie jak w wielu innych procedurach używana jest kończyna przeciwległa.

Jednym z powikłań jakie zdarzają się w trakcie zabiegu jest złamanie z przedziale bocznym nasady bliższej kości piszczelowej. Skłoniło nas ono do zastanowienia się nad ewentualnymi przeciążeniami w przedziale bocznym przy zastosowaniu HTO.

W tym celu postanowiliśmy zbadać dokładny model deformacji nasady bliższej kości piszczelowej w przebiegu choroby zwyrodnieniowej.

Obszar badań podzieliliśmy na dwa etapy. Pierwszy polegał na stworzeniu wzorcowego, uśrednionego, matematycznego modelu 3D nasady bliższej kości piszczelowej zdrowej osoby. W tej

części dokonaliśmy dokładnej analizy zmienności nasad kości piszczelowych w grupie zdrowych badanych.

Drugi etap prac polegał na tworzeniu modeli 3D nasad kości piszczelowych pacjentów z chorobą zwyrodnieniową stawów kolanowych oraz analizie porównawczej z modelem bazowym.

W obu etapach przeanalizowaliśmy nasady kości piszczelowych, z uwzględnieniem podziału na płeć i stronę ciała, biorąc na tapet następujące parametry: szerokość kości, analiza pomiarów 2D w wyznaczonej osi Z przekroju poprzecznego, analizę 3D mapy deformacji geometrii, powierzchnię plateau oraz kąt nachylenia plateau.

W zdrowej populacji męskie kolana były znacznie większe i wykazywały większą zmienność wymiarów szczególnie dla lewych kolani kłykci przyśrodkowych.

W analizie wymiarów 2D uzyskaliśmy większą zmienność pomiarów w grupie mężczyzn o statystycznie istotnym znaczeniu dla lewej strony ciała.

W analizie modeli wymiarów 3D istotne statystycznie różnice wykazywał obszar kłykcia przyśrodkowego dla obu płci i stron, przy czym kości prawostronne u obu płci wykazywały większe zróżnicowanie. W populacji mężczyzn zaobserwowano statystycznie istotne różnice w obszarze kłykcia bocznego. Holistycznie nasady kości piszczelowej w grupie mężczyzn w analizie modelu 3D wykazały większą zmienność w porównaniu z grupą kobiet.

Kąty nachylenia plateau kłykcia przyśrodkowego różnią się statystycznie w populacji mężczyzn. Istotną różnicę między płciami zaobserwowano jedynie w przypadku kłykci przyśrodkowych prawych kolan, mężczyźni mieli mniejsze wartości kąta.

Wyniki pierwszego etapu prac zostały przedstawione w publikacji „Assessment of morphological differences of the proximal tibia in healthy knees: analysis of the 3-dimensional mathematical model”.

W drugiej części badania, gdzie ocenialiśmy model deformacji nasady kości piszczelowej w przebiegu choroby zwyrodnieniowej przyjęliśmy dwa podstawowe możliwe modele: pierwszy z założeniem zapadnięcia się tylko przedziału przyśrodkowego, drugi z jednoczesnym podniesieniem przedziału bocznego. Postawiliśmy tezę, że gdyby tylko przyśrodkowy przedział zapadał się z powodu choroby zwyrodnieniowej, mogłoby wyjaśnić śródoperacyjne złamanie zawiasu bocznego podczas HTO w wyniku przeciążenia struktury kostnej przedziału bocznego. W badaniu udowadniamy, że w zwyrodnieniowej szpotawości kolan w miarę zapadania się przedziału przyśrodkowego przedział boczny unosi się, co wyraźnie widać na rycinie 2 zamieszczonej w pracy

Badana grupa w drugiej części badania jest stosunkowo niewielka, ale trend zmian pokazany na rycinie jest tak silny, że naszym zdaniem nasze wnioski są miarodajne.

Szczegółowe wyniki drugiego etapu badań wraz z graficznym opracowaniem zostały przedstawione w publikacji „Assessment of the deformation model of the proximal tibia in the course of degenerative disease: analysis of the 3-dimensional mathematical model.”

Summary of the doctoral dissertation:

Assessment of the anatomical variability of the knee joint with
analysis of the 3D mathematical model of the proximal
tibia deformation in the course of degenerative disease

The doctoral dissertation consists of three publications, of which I am the first author. The publications contained in the dissertation were highly evaluated in terms of content and accepted for publication in scientific journals, the total IF of the attached publications is 10,201.

The knee joint is the largest and the second, after the ankle joint, the most loaded joint in the human body. As a result, susceptibility to frequent injuries and so-called changes "from wear and tear", progressing with age, make it the most frequently subjected to imaging diagnostics joint in the human body.

In the first, published article entitled: "Anatomical variations of knee ligaments in magnetic resonance imaging: pictorial essay", I focused on presenting anatomical variants of ligament structures of the knee joint, which can imitate pathological changes. In my paper, I discussed common and rare variants of ligaments, including the so-called "accessory ligaments", the knowledge of which avoids errors in the interpretation of images and helps in making a correct diagnosis. In the publication, I presented MRI images of the anterior intermeniscus ligament, oblique intermeniscus, meniscus-femoral ligament in its three anatomical variants, the arcuate ligament, the ligament between the fabella and the fibula, the poplite-fibula ligament with its various anatomical variants and the anterior and posterior cruciate ligaments.

In two subsequent publications, which are the result of cooperation with Institute of Materials Science and Engineering of Lodz University of Technology and Department of Orthopedics and Traumatology of Veteran's Memorial Hospital Medical University of Lodz, I presented the results of our research on the model of deformation of the proximal tibia in the course of degenerative disease.

Degenerative disease is characterized by the destruction of articular cartilage and secondary changes in the adjacent bone structure. Clinically, patients experience pain and reduced motor functions.

Osteoarthritis is the most common disease of the musculoskeletal system and the most common cause of disability. It is estimated that in Poland about 17% of the population suffers from it, and it affects about 25-30% of people aged 45-64, 60% of people over 65 years of age and over 8% of people over 75 years of age.

Treatment of osteoarthritis is a complex and multi-stage process. The basic principle is the modification of triggers or factors, which aggravate the course of the disease degenerative process. In addition to weight reduction, attention should be paid to possible posture defects.

One of the methods of surgical treatment that we can offer to patients with knee osteoarthritis is corrective osteotomy of the tibia epiphysis - HTO- high tibial osteotomy.

This procedure is usually proposed to younger, active patients with knee joint deformity, in order to extend the life of the joint and delay possible knee replacement. The procedure is aimed at correcting the axis of the limb so that the force created during loading is shifted from the arthritic, medial compartment to a healthy lateral compartment. Reducing the load on the diseased part of the knee joint reduces knee pain. Studies have shown that after correction, regeneration can also occur in the articular cavity, including the regeneration of articular cartilage.

For preoperative planning, as in many other procedures, the opposite limb is used.

One of the complications that occur during the procedure is a fracture with the lateral compartment of the proximal tibia epiphysis. It made us think about possible overloads in the side compartment when using HTO.

For this purpose, we decided to investigate an accurate model of deformation of the epiphysis of the proximal tibia in the course of degenerative disease.

We have divided the research area into two stages. The first was to create a model, averaged, mathematical 3D model of the root of the proximal tibia of a healthy person. In this section, we have made a detailed analysis of the variability of the epiphyses of tibia in a group of healthy subjects.

The second stage of work consisted in creating 3D models of the proximal tibia of patients with degenerative knee and a comparative analysis with the base model.

In both stages, we analyzed the proximal tibia, taking into account the division according to gender and side of the body, having regard to the following parameters: bone width, analysis of 2D measurements in the designated Z axis of the cross-section, 3D analysis of geometry deformation map, plateau surface and plateau angle of inclination.

In a healthy population, male knees were much larger and showed greater variation in dimensions, especially for the medial left knees.

In the analysis of 2D dimensions, we obtained greater variability of measurements in a group of men with statistically significant significance for the left side of the body.

In the analysis of 3D dimension models, statistically significant differences were shown by the medial condyle area for both sexes and sides, with right-sided bones in both sexes showing greater diversity. In the male population, statistically significant differences were observed in the area of the lateral condyle. Holistically, the proximal tibia in the group of men in the analysis of the 3D model showed greater variability compared to the group of women.

The angles of inclination of the medial condyle plateau vary statistically in the male population. A significant difference between the sexes was observed only in the case of medial condyles of the right knees, men had smaller angle values.

The results of the first stage of work are presented in the publication „ Assessment of morphological differences of the proximal tibia in healthy knees: analysis of the 3-dimensional mathematical model”.

In the second part of the study, where we evaluated the model of tibia epiphysis deformation in the course of degenerative disease, we adopted two basic possible models: the first assuming the collapse of only the medial compartment, the second with simultaneous elevation of the lateral compartment.

We made a thesis, that if only the medial compartment would collapse due to OA that could explain intraoperative lateral hinge fracture during HTO as a result of overloading the bone structure of lateral compartment. In the study we prove that in degenerative varus knees as the medial compartment collapse, the lateral compartment rises, what is clearly presented in Figure 2 of the paper

Our tested group in second part of the study is relatively small, but the trend of changes shown in the figure is so strong, that we believe our conclusions are authoritative.

Detailed results of the second stage of research together with a graphic study are presented in the publication „ Assessment of the deformation model of the proximal tibia in the course of degenerative disease: analysis of the 3-dimensional mathematical model.”