

# Morfologia więzadeł krzyżowych stawu kolanowego

## Morphology of the cruciate ligaments of the knee joint

Bogdan Ciszek (1), Youry M. Kisielewski (2)

(1) Zakład Anatomii Prawidłowej, Akademia Medyczna w Warszawie

(2) Katedra Anatomii Prawidłowej, Uniwersytet Medyczny w Grodnie

### Streszczenie

W pracy przedstawiono współczesne poglądy na budowę więzadeł krzyżowych kolana. Omówiono pola przyczepów i strukturę pęczkową więzadeł. Więzadło krzyżowe przednie zbudowane jest z dwóch pęczków. Więzadło krzyżowe tylne utworzone jest przez cztery pęczki. Ważnym elementem współdziałającym z więzadłami krzyżowymi są więzadła łąkotkowo-udowe przednie i tylne. [Acta Clinica 2001 1:278-283]

**Słowa kluczowe:** staw kolanowy, więzadło krzyżowe przednie, więzadło krzyżowe tylne, więzadła łąkotkowo-udowe

Staw kolanowy, bez wątpienia najbardziej skomplikowany staw organizmu ludzkiego zaopatrzony jest w szereg więzadeł stabilizujących ruchy wykonywane w tym stawie.

Kształt powierzchni stawowych stawu kolanowego nie sprzyja stabilności stawu. Funkcjonalnie staw kolanowy zbudowany jest z dwóch części.

Staw udowo-goleniowy utworzony jest przez główkę w postaci powierzchni stawowych kłykci kości udowej oraz panewkę utworzoną przez powierzchnię stawową górną piszczeli podzieloną na dwie części położone na odpowiednich kłykciach – przyśrodkowym i bocznym. Powierzchnie stawowe główki i panewki stawu udowo-goleniowego rozdzielone są łąkotkami.

Drugą częścią stawu kolanowego jest staw rzepkowo-udowy. Powstaje on pomię-

### Summary

Study presents review of concepts on structure of the cruciate ligaments of the knee joint. Anatomy of the insertions and fascicular arrangement of the cruciate ligaments was described. Anterior cruciate ligament is composed of two fascicles. Posterior cruciate ligament is composed of four fascicles. Meniscofemoral ligaments are important structures reinforcing cruciate ligaments. [Acta Clinica 2001 1:278-283]

**Key words:** knee joint, anterior cruciate ligament, posterior cruciate ligament, meniscofemoral ligaments

dzy powierzchnią stawową rzepki położoną na jej tylnej powierzchni oraz powierzchnią stawową rzepkową położoną na powierzchni przedniej końca dalszego kości udowej w miejscu gdzie dochodzi do połączenia się powierzchni stawowych obu kłykci kości udowej.

Ruchy w stawie kolanowym to zgięcie i prostowanie wokół osi przechodzącej przez kłykcie kości udowej, prostopadłej do dłuższej osi kończyny. Zakres tego ruchu wynosi 160 – 170°. Mięśnie zapewniają zgięcie o 130°. Dalszy ruch odbywa się np. pod ciężarem ciała aż do zetknięcia pośladek z piętami. W pozycji wyprostowanej u dorosłego oś uda jest równoległa do osi goleni. Przeprost jest możliwy u dzieci w pierwszych latach życia i po odpowiednim wytrenowaniu. Obraz taki nazywamy *genu recurvatum* (2).

Z wyjątkiem pozycji krańcowego zgięcia i prostowania możliwe są ruchy rotacyjne dookoła osi długiej goleni. Obrót na zewnątrz jest większy niż obrót do wewnątrz. Przy zgięciu o  $30^\circ$  obrót na zewnątrz wynosi ok.  $32^\circ$ , a do wewnątrz  $5-10^\circ$ . Przy zgięciu o  $120^\circ$  odpowiednio  $52^\circ$  i  $5-10^\circ$ . W końcowym stadium prostowania odbywa się niewielka bierna rotacja zewnętrzna goleni ok.  $5^\circ$  (2, 13).

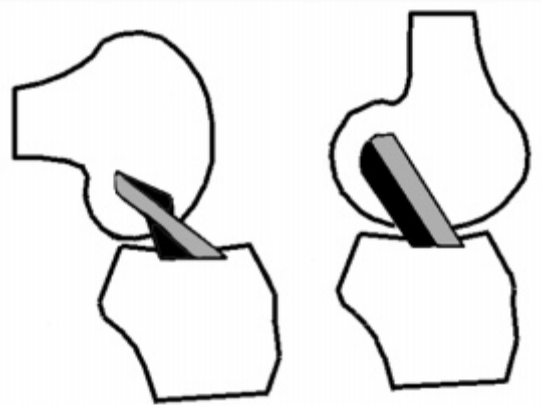
Aparat więzadłowy stawu kolanowego nie tylko ogranicza ruchy w stawie kolanowym także wpływa na ich charakter. Utworzony jest przez więzadła: poboczne piszczelowe i strzałkowe (*lig. Collaterale tibiale et fibulare*), podkolanowe skośne i łukowate (*lig popliteum obliquum et arquatum*), poprzeczne kolana (*lig. transversum genus*), krzyżowe przednie (ACL) i tylne (PCL) (*lig cruciatum anterius et posterius*), łąkotkowo-udowe przednie (AMFL) i tylne (PMFL) (*lig. meniscofemorale anterius et posterius*). Więzadło rzepki (*lig. patellae*) stanowi przedłużenie ścięgna mięśnia prostego uda, w obręb którego włączona jest rzepka jako trzeszczka.

Szczególna uwaga jaką poświęcamy więzadłom krzyżowym związana jest z ich rolą biomechaniczną, neurosensoryczną oraz dużą częstością urazów prowadzących do znacznego upośledzenia funkcji stawu kolanowego

Więzadła krzyżowe nazywane są czasem więzadłami wewnątrzstawowymi. Jednak nie leżą one we wnętrzu jamy stawowej. Położone są pomiędzy warstwą włóknistą, a warstwą maziową torebki stawu. Z więzadłami krzyżowymi związane są więzadła łąkotkowo-udowe (MFL), których morfologia także będzie omówiona w niniejszej pracy (2, 13).

### Więzadło krzyżowe przednie (ACL)

Więzadło to rozciąga się pomiędzy polem międzykłykciowym przednim pi-



Ryc. 1. ACL w pozycji zgięcia i wyprost. Pęczek przednio-przyśrodkowy szary. Pęczek tylnoboczny czarny

ACL in flexion and extension. Anteromedial fascicle – gray. Posterolateral fascicle – black

szczeli, a powierzchnią przyśrodkową kłykcia bocznego kości udowej. Średnia długość więzadła wynosi 38 mm a szerokość 11 mm. (5). Średnia grubość wynosi 5 mm (9). W obrębie więzadła krzyżowego przedniego wyróżnić można dwie grupy włókien.

Pęczek przednio-przyśrodkowy i tylnoboczny. W stadium wyprost oba pęczki pozostają napięte. Włókna pęczka przed-



Ryc. 2. PCL w pozycji zgięcia. Pęczek przednio-boczny szary. Pęczek tylnoprzyśrodkowy czarny

PCL in flexion. Anterolateral fascicle – gray. Posteromedial fascicle-black

nio-przyśrodkowego położone są wtedy w pobliżu stropu dołu międzykłykciowego. Dalszy przeprost prowadzić może do zetknięcia tych struktur i uszkodzenia więzadła. W miarę zginania zmniejsza się przede wszystkim napięcie pęczka tylno-bocznego ponieważ jego przyczep przemieszcza się do przodu co jednocześnie prowadzi do skrzyżowania włókien obu pęczków. Jednocześnie oddziaływanie pęczka przednio-przyśrodkowego odpowiada za zmianę ruchu toczenia kości udowej na ruch ślizgowy. Ten pęczek zbudowany jest z bardziej izometrycznych włókien (5).

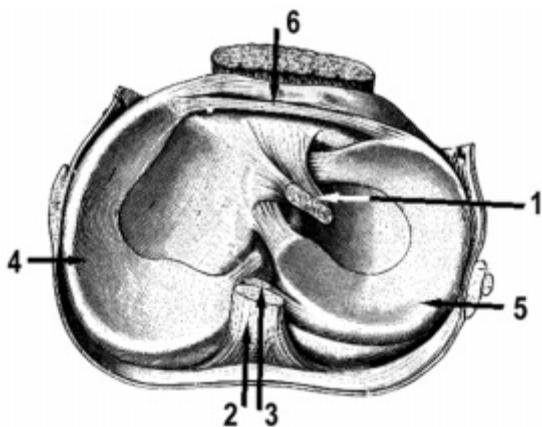
Pole przyczepu piszczelowego więzadła położone jest pomiędzy polami przyczepów rogów łąkotki bocznej. Wydłużonym trójkątem o wysokości 30 mm sięga ono aż do wyniosłości międzykłykciowej. Jego powierzchnia całkowita wynosi  $136 \pm 33 \text{ mm}^2$ . Część boczna tego pola to przyczep pęczka tylno-bocznego, a część przyśrodkowa to przyczep pęczka przednio-przyśrodkowego (6).

Pole przyczepu udowego przypomina sierp skierowany wypukłością ku tyłowi (w pozycji anatomicznej). Jego powierzchnia wynosi  $113 \pm 27 \text{ mm}^2$  (6). Górna część przyczepu należy do pęczka przed-

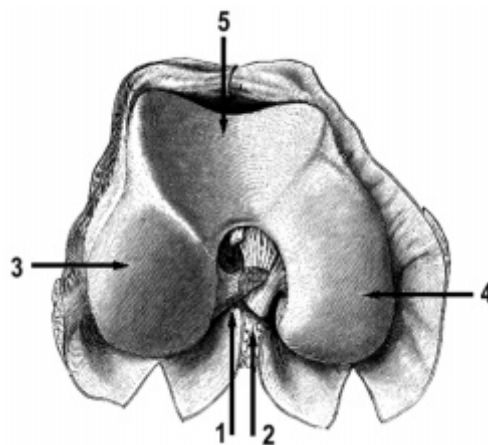
nio-przyśrodkowego, a dolna do pęczka tylno-bocznego. Górna część przyczepu jest miejscem wyprowadzenia przeszczepu więzadła przy jego rekonstrukcji (5). Przyczep wypełnia tylną część powierzchni przyśrodkowej kłykcia zawartą pomiędzy stropem a brzegiem chrząstki stawowej.

Pola przyczepu składników więzadła stanowią po około 50% bez istotnych różnic statystycznych. W stosunku do pola przekroju środkowego odcinka więzadła powierzchnia przyczepu jest trzykrotnie większa (6).

Więzadło pokryte jest warstwą błony maziowej. Można ją rozdzielić na warstwę obwodową – (ang. *epiligament*) i warstwę wewnętrzną (ang. *endoligament*) wnikającą do wnętrza więzadła (3). Warstwa powierzchniowa zanika ok. 10 mm powyżej przyczepu piszczelowego zastąpiona przez zbitą warstwę włóknistą. Odpowiada to poziomowi kontaktu ze stropem dołu międzykłykciowego. Strefa ta pokrywa się z awaskularnym obszarem wykrywanym zarówno technikami iniekcyjnymi jak też immunohistochemicznymi pozwalającymi zidentyfikować lamininę w ścianach naczyń (10). Pozostała część więzadła jest dobrze unaczyniona od



Ryc. 3. Przyczepy więzadeł krzyżowych na piszczeli. Tibial insertions of the cruciate ligament 1. ACL 2. PCL 3. AMFL 4. Łąkotka przyśrodkowa Medial meniscus 5. Łąkotka boczna Lateral meniscus 6. Więzadło poprzeczne kolana Transverse lig. of the knee



Ryc. 4. Więzadła krzyżowe w dole międzykłykciowym. Cruciate ligaments in the intercondylar fossa. 1. ACL 2. PCL 3. Kłykiec boczny kości udowej Lateral femoral condyle 4. Kłykiec przyśrodkowy kości udowej Medial femoral condyle 5. Powierzchnia rzepkowa Patellary surface

strony przyczepów i błony maziowej. Źródłem unaczynienia jest tętnica środkowa kolana oraz tętnice dolne kolana (13).

Tkankę więzadła określa się w lit. angielskiej mianem *fibrocartilage*. Woda stanowi do 60% większości więzadeł. Główne pęczki więzadła zbudowane są z kolagenu typu I 90%. Typ II stanowi 10% kolagenu. 5% więzadła tworzy elastyna (1).

Unerwienie więzadła pochodzi od tylnego nerwu stawowego który jest gałęzią nerwu piszczelowego (4). Receptory więzadła to mechanoreceptory (ciałka Rufiniego, Paciniego i Golgiego) oraz zakończenia wolne – nocyceptory (12).

### Wieżadło krzyżowe tylne (PCL)

Wieżadło to rozciąga się pomiędzy polem międzykłykciowym tylnym piszczeli, a boczną powierzchnią kłykcia przyśrodkowego kości udowej. Średnia długość więzadła wynosi 38 mm, a szerokość 13 mm.



Ryc. 5. Podział PCL wg Makris i wsp. (7) Subdivision of the PCL (Makris et al. (7)) 1. Pęczek przedni Anterior fascicle 2. Pęczek środkowy Central fascicle 3. Pęczek tylnopodłużny Posterolongitudinal fascicle 4. Pęczek tylnoskośny Posterooblique fascicle 5. ACL

Również PCL dzielimy na dwa pęczki włókien. Większość włókien tworzy pęczek przedni lub inaczej przednio-boczny. Pozostałe gorzej zdefiniowany pęczek tylny lub inaczej tylnoprzysrodkowy (5). Nowsze wyniki badań mikroanatomicznych wskazują, że w obrębie więzadła krzyżowego tylnego można wyróżnić cztery pęczki włókien. Pęczek przedni i centralny stanowią główną masę więzadła i obejmują 85% włókien. Pozostałe 15% przypada na pęczek tylnopodłużny (org.ang. – *postero-longitudinal*) i tylnoskośny (7). Przy wyproście pęczek przedni jest rozluźniony, centralny bardziej napięty, pęczki tylne są silnie naciągnięte. Pęczek przedni pozostaje w napięciu przy zgięciu od 30 – 90°. Pęczek centralny – najszerszy pozostaje w napięciu w zakresie zgięcia 30 – 120°. Tylne włókna napinają się ponownie po przekroczeniu 90° i napięcie to wzrasta.

Pole przyczepu piszczelowego o szerokości 15mm leży na tylnej powierzchni pi-



Ryc. 6. 1. PCL, 2. AMFL, 3. PMFL, 4. Łąkotka boczna Lateral meniscus, 5. Wyniosłość międzykłykciowa Intercondylar eminence 6. Łąkotka przyśrodkowa Medial meniscus

szczeli pomiędzy kłykcami i wstępuje na powierzchnię górną. Powierzchnia przyczepu wynosi  $153 \pm 37$  mm<sup>2</sup>. Przyczep udowy w kształcie półksiężyca o powierzchni  $128 \pm 22$  mm<sup>2</sup> (6). Jego część przednia (w pozycji anatomicznej) jest miejscem przyczepu włókien pęczka przedniego, przednio-bocznego lub przedniego i centralnego w zależności od przyjętej nomenklatury. W części tylnej przyczepia ją się włókna pęczka, tylnego, tylno-przyśrodkowego lub tylno-podłużnego i tylno-skośnego. Podział powierzchni przypadającej obu komponentom zarówno na przyczepie udowym jak też piszczelowym wynosi ok. 50%. Pole powierzchni przyczepów jest ok. dwukrotnie większe od pola przekroju w środkowym odcinku więzadła (6).

Przednia i boczna powierzchnia więzadła jest pokryta przez luźną warstwę dobrze unaczynionej maziówki. „Rdzeń” więzadła utworzony jest z włóknisto-chrzęstnej istoty (*fibrocartilage*) zawierającej chondrocyty. Środkowa jedna trzecia więzadła jest strefą beznaczyniową (10).

Z PCL związane są więzadła łątkowo-udowe (MFL) przednie i tylne. Więzadło łątkowo-udowe przednie (AMFL) zwane jest więzadłem Humphry'a. Więzadło łątkowo-udowe tylne (PMFL) zwane jest więzadłem Wrisberga. Więzadła te przyczepiają się do rogu tylnego łątki bocznej, następnie przebiegają odpowiednio do przodu i do tyłu od PCL i przyczepiają się do kłykcia przyśrodkowego kości udowej. Częstość występowania oceniana jest na 70 do 100%. AMFL występuje w 26 do 50%, a PMFL 35 – 76% zbadanych kolan. AMFL częściej występuje u mężczyzn (100%) niż u kobiet (71%). Starsze badania oceniają współwystępowanie MFL na 6 – 17%. W jednej z ostatnich prac stwierdzono jednoczesne ich występowanie w 64%. Długość więzadeł łątkowo-udowych wynosi odpowiednio dla przedniego ok. 25 mm, a dla tylnego ok. 30 mm. AMFL jest wy-

rażnie cieńsze u kobiet – 2,9mm niż u mężczyzn – 5,1. PMFL odpowiednio 5,5 mm i 4,7 mm. Znaczna grubość więzadeł łątkowo-udowych może wskazywać na ich znaczenie biomechaniczne zwłaszcza w przypadku izolowanego zerwania PCL. Z tego też powodu więzadła łątkowo-udowe mogą być mylnie zinterpretowane jako wolne ciała śródstawowe w badaniu rezonansowym (11).

Klasyczne opisy więzadeł krzyżowych traktują je jak izolowane struktury (2, 13). Morgan-Jones & Cross w 1999 stwierdzili, iż są one połączone pęczkiem międzykrzyżowym (8). Włókna te pokryte są także błoną maziową. Pęczek był bogato unaczyniony i unerwiony. Autorzy zidentyfikowali wolne zakończenia nerwowe w 8 na 30 przypadków.

To nowe odkrycie podnosi neurosensoryczną rolę więzadeł krzyżowych w biomechanice kolana i całej lokomocji człowieka.

## Piśmiennictwo

1. Amiel D., Frank C., Harwood F., Frontek J. i wsp.: Tendons and ligaments morphological and biochemical comparison J. Orthop. Res. 1984 1:257 – 265
2. Bochenek A., Reicher M.: Anatomia człowieka Tom I PZWL1997 Warszawa
3. Clark J.M., Sidles J.A.: The interrelation of fiber bundles in the anterior cruciate ligament J. Orthop. Res. 1990 8:180 – 188
4. Gardner E. The innervation of the knee joint Anat. Rec. 1948 101:109 – 130
5. Girgis F.G., Marshal J. L., Al. Monajem A.R.S.: The cruciate ligaments of the knee joint. Clin. Orthop. 106:216 1975
6. Harner Ch. D., Baek G.H., Vogrin T.M., Carlin G.J. i wsp.: Quantative analysis of the human cruciate ligament insertion. Arthroscopy 1999 15:741 – 749
7. Makris Ch. A., Georgoulis A.D., Papageorgiou Ch. D., Moebius U.G. i wsp.: Posterior cruciate li-

- gament architecture: Evaluation under microsurgical dissection *Arthroscopy* 2000 16:627-32
8. Morgan-Jones R.L., Cross M.J.: The intercruciate band of the human knee *J. Bone Joint Surg (Br)* 1999;81-B:991-4
9. Odenstein M., Gillquist J.: Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction *J. Bone joint Surg.* 1975 67-A: 257
10. Petersen W., Tillmann B.: Structure and vascularisation of the cruciate ligaments of the human knee joint *Anat Embryol* 1999 200:325-334
11. Poynton A.R., Javadpour S.M., Finegen P.J., O'Brien M.: The menisofemoral ligaments of the knee *J. Bone joint Surg (Br)* 1997:79-B: 327-30
12. Schutte M.J., Dabezies E.J., Zimny M.L., Hapfel L.T.: Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament *J bone Joint Surg.* 1987 69-A: 243-249
13. Williams P.L. (Editor) *Gray's Anatomy* 38 edition Churchill Livingstone Londyn 1995

**Adres do korespondencji / Address for correspondence:** Bogdan Ciszek, Zakład Anatomii Prawidłowej CB Akademii Medycznej w Warszawie, ul. Chałubińskiego 5, 02-004 Warszawa, bciszek@ib.amwaw.edu.pl