

Otrzymano: 23.04.2019  
Zaakceptowano: 27.08.2019  
Opublikowano: 30.09.2019

## Poziom zgodności ocen dla protokołu badania ultrasonograficznego więzadła przednio-bocznego stawu kolanowego

### Inter-rater reliability of an ultrasound protocol to evaluate the anterolateral ligament of the knee

Michel Kandel<sup>1</sup>, Erik Cattrysse<sup>2</sup>, Michel De Maeseneer<sup>3</sup>, Leon Lenchik<sup>4</sup>, Marc Paantjens<sup>5</sup>, Marco Leeuw<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Physical Therapy Practice, Oberriet, Szwajcaria

<sup>2</sup> Department of Experimental Anatomy, Vrije Universiteit Brussel, Bruksela, Belgia

<sup>3</sup> Department of Radiology, Universitair Ziekenhuis Brussel, Bruksela, Belgia

<sup>4</sup> Department of Radiology, Wake Forest School of Medicine, Winston-Salem, Karolina Północna, USA

<sup>5</sup> Ministry of Defence, Holandia

Adres do korespondencji: Michel Kandel, Physical Therapy Practice, Staatsstrasse 46, 9463 Oberriet, Switzerland; e-mail: kandel.physio@bluewin.ch

DOI: 10.15557/JoU.2019.0027

#### Abstract

**Objectives:** The aim of this study was to validate an ultrasound protocol for evaluating the anterolateral ligament of the knee. **Methods:** A Thiel technique cadaveric specimen was used to validate an optimal scanning position and develop an ultrasound protocol to evaluate the anterolateral ligament. Three musculoskeletal sonographers acquired short- and long-axis images of the anterolateral ligament in 36 knees from 18 healthy volunteers. Anterolateral ligament length, thickness, width, and distance between anterolateral ligament insertion and lateral tibia plateau were measured. Intraclass Correlation Coefficient (ICC) was calculated. **Results:** The inter-rater reliability for anterolateral ligament thickness was poor, ICC = 0.35 (95% CI: -0.06–0.63). The inter-rater reliability for anterolateral ligament length and width was good, ICC = 0.80 (95% CI 0.64–0.89), ICC = 0.88 (95% CI 0.79–0.94), respectively; and the inter-rater reliability for the distance between insertion and lateral tibia plateau was excellent, ICC = 0.96 (95% CI 0.93–0.98). **Conclusions:** Ultrasonography is a reliable method for evaluating the anterolateral ligament. There is an excellent reliability for the distal part of the anterolateral ligament. As injuries usually occur in this part of the ligament, this protocol may be used to evaluate the anterolateral ligament in patients with suspected anterior cruciate ligament tears in clinical practice.

#### Słowa kluczowe

więzadło przednio-boczne, ultrasonografia układu mięśniowo-szkieletowego, niestabilność stawu kolanowego, więzadło krzyżowe przednie, staw kolanowy

#### Keywords

anterolateral ligament, musculoskeletal ultrasound, knee instability, anterior cruciate ligament, knee

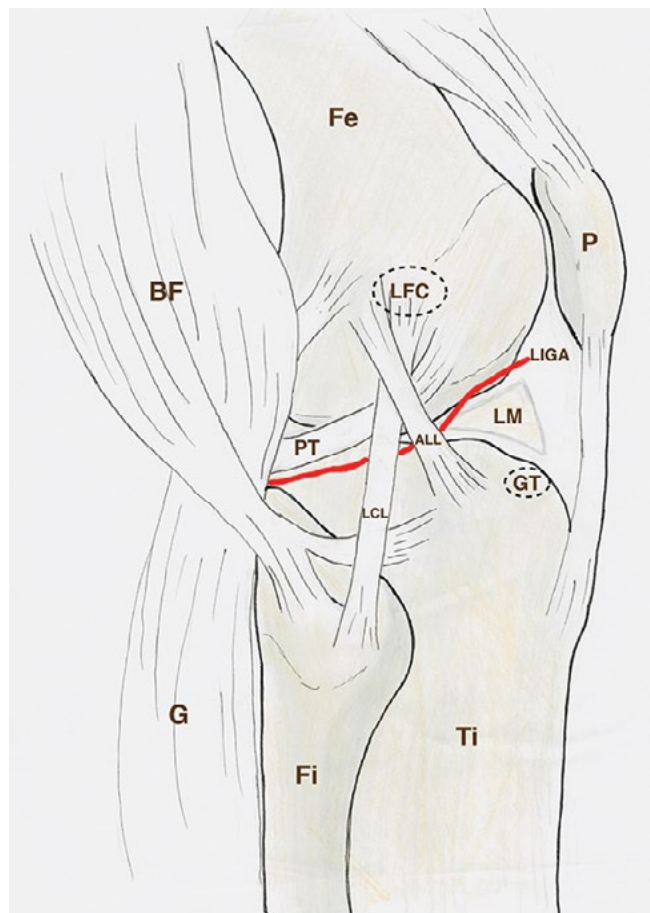
## Wstęp

Publikacja autorstwa Claesa i wsp.<sup>(1)</sup> z 2013 roku zwróciła uwagę badaczy i klinicystów na więzadło przednio-boczne stawu kolanowego. Autorzy ci przeprowadzili analizę pośmiertnych preparatów stawów kolanowych, opierając się na opisie autorstwa Paula Segonda<sup>(2)</sup>, który

w 1879 roku dokonał obserwacji „perlistego, włóknistego, opornego pasma” związanego ze złamaniem awulsyjnym przednio-bocznego brzegu nasady bliższej kości piszczelowej (złamaniem Segonda). Claes i wsp. w 97% spośród 41 niesparowanych preparatów pośmiertnych stawów kolanowych stwierdzili obecność dobrze odgraniczonej struktury więzadłowej, którą opisali jako więzadło przednio-boczne

(anterolateral ligament, ALL). Odtąd wielu autorów doko-  
nywało dalszej charakterystyki anatomicznej więzadła  
przednio-bocznego<sup>(3-8)</sup>. Doszli oni do zgodnej konkluzji, że  
ALL stanowi trójkątną, przednio-boczną strukturę więza-  
dłową biegnącą poniżej pasma biodrowo-piszczelowego  
(*iliotibial band*, ITB)<sup>(9)</sup> (Ryc. 1).

Rola tego więzadła polega na zapewnieniu stabilności  
przednio-bocznej stawu kolanowego poprzez zapobieganie  
podwichnięciu części bocznej kości piszczelowej do przodu  
w stosunku do kości udowej<sup>(9,10)</sup>. W badaniach udokumen-  
towano, że 46–79% przypadków urazów więzadła przed-  
nio-bocznego współistnieje z urazami w obrębie więzadła  
krzyżowego przedniego<sup>(11,12)</sup>. Niewydolność tych bocznych  
struktur wydaje się prowadzić do przewlekłej niestabil-  
ności rotacyjnej po rekonstrukcji więzadła krzyżowego  
przedniego (częstość występowania: 25%)<sup>(13)</sup>. Rozważając  
jednocześnie rekonstrukcję ALL i ACL, należy uwzględnić  
wywiad chorobowy, objawy kliniczne, wyniki badań obra-  
zowych i profil pacjenta<sup>(9,14)</sup>.



**Ryc. 1.** Schematyczny rysunek przedstawiający boczny widok stawu kolanowego, głęboko do pasma biodrowo-piszczelowego. Fe – k. udowa; Ti – k. piszczelowa; P – k. strzałkowa; G – głowa boczna mięśnia brzuchatego łydki; BF – m. dwugłowy uda; LFC – kłykiec boczny k. udowej; GT – guzek Gerdy'ego; PT – ścięgno m. podkolanowego; LCL – więzadło poboczne strzałkowe; ALL – więzadło przednio-boczne; LM – łukotka boczna; LIGA – tętnica dolna boczna kolana

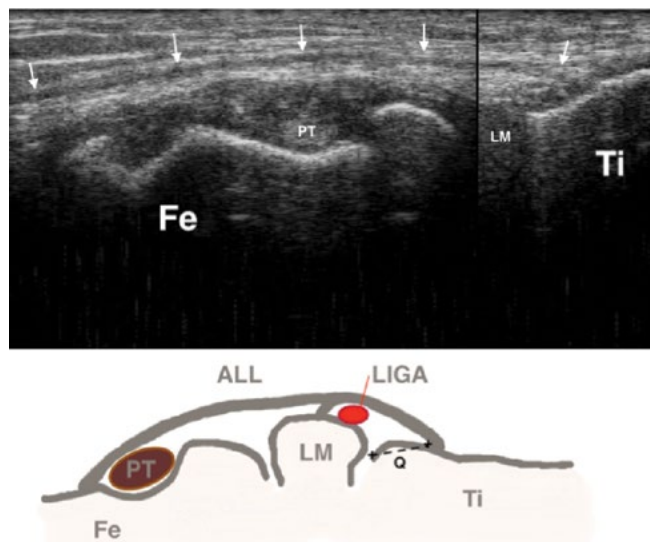
Badanie ultrasonograficzne układu mięśniowo-szkieletowego stanowi nieinwazyjną, opłacalną i uzasadnioną metodę obrazowania struktur pozastawowych w czasie rzeczywistym. Obrazowanie więzadła przednio-bocznego z zastosowaniem ultrasonografii oceniano jedynie w kilku badaniach<sup>(15-19)</sup>. Nie udało się w nich określić, w jaki sposób należy dokonać wiarygodnego uwidocznienia tą metodą więzadła przednio-bocznego<sup>(20)</sup>. Zgodnie z przyjętą hipotezą w przypadku wysunięcia podejrzenia zerwania więzadła przednio-bocznego przydatne może się okazać przyłózkowe badanie USG (*point-of-care ultrasound*, POCUS). Niemniej jednak w celu wiarygodnego obrazowania ultrasonograficznego więzadła przednio-bocznego potrzebny jest ustandaryzowany protokół.

Celem niniejszej pracy było przedstawienie ustandaryzowanego protokołu obrazowania ultrasonograficznego więzadła przednio-bocznego oraz określenie poziomu zgodności między badaczami.

## Material i metody

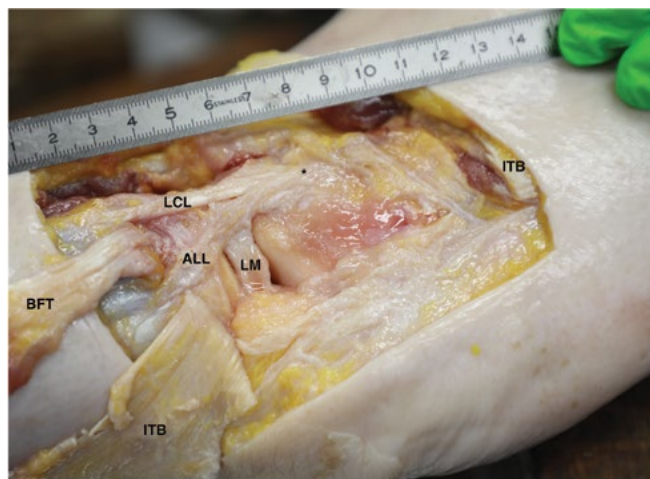
Neri i wsp.<sup>(21)</sup> odnotowali, że maksymalna długość więzadła przednio-bocznego jest osiągalna przy zgięciu pod kątem 30° z jednoczesną rotacją wewnętrzną. Większe zgięcie powodowało spadek napięcia na więzadło. W celu wykonania dynamicznego badania stawu kolanowego pacjenta bez pomocy asystenta pacjent może być ułożony w pozycji bocznej. W pozycji tej operator ma możliwość samodzielnego obrazowania i kontrolowania pozycji stawu kolanowego przy większym lub mniejszym napięciu na więzadło. W celu oceny zastosowania badania USG do uwidocznienia więzadła przednio-bocznego wykorzystano pośmiertnie wypreparowaną próbkę utrwaloną metodą Thiela. Taki wybór próbki był podyktowany jej właściwościami akustycznymi, mechanicznymi i elastycznymi<sup>(22,23)</sup>. W pierwszej kolejności przeprowadzono dynamiczne badanie ultrasonograficzne pośmiertnej próbki stawu kolanowego, a uzyskane obrazy przechowywano na urządzeniu USG (Ryc. 2). Zarejestrowano obrazy i na zasadzie konsensusu dokonano pomiarów (długości, szerokości, grubości oraz odległości między przyczepem więzadła a bocznym plateau kości piszczelowej) w osi krótkiej i długiej. Po osiągnięciu konsensusu przez dwóch doświadczonych operatorów USG (MdM, MK: MDM – 20-letnie doświadczenie, MK – 5-letnie doświadczenie) na początku oraz w miejscu przyczepu więzadła przednio-bocznego umieszczono igły chirurgiczne. Następnie w celu przeprowadzenia oceny położenia igieł dokonano preparacji stawu kolanowego. Więzadło przednio-boczne było możliwe do zidentyfikowania między igłami, gdyż przebiegało nieco proksymalnie i do tyłu od kłykcia bocznej kości udowej, nad więzadłem bocznym strzałkowym, łączyło się z łąkottką boczną, a następnie z kością piszczelową, w połowie drogi między guzkiem Gerdy'ego a głową kości strzałkowej (Ryc. 3).

W celu uwzględnienia docelowej populacji ryzyka do badania włączono, na zasadzie nielosowego doboru próby zdrowe, aktywne osoby w wieku od 18 do 55 lat. Od każdego uczestnika badania uzyskano świadomą zgodę na udział w badaniu; badanie prowadzono z poszanowaniem



Ryc. 2. Obraz USG stawu kolanowego (preparatu pośmiertnego) przedstawiający więzadło przednio-boczne (strzałki) przytwierdzone do kości piszczelowej (Ti), biegnące nad ścięgnem m. podkolanowego (PT) do kłykcia k. udowej (Fe). Schematyczny rysunek struktur (B): Fe - k. udowa; Ti - k. piszczelowa; LM - łąkotka boczna; strzałki - więzadło przednio-boczne; LIGA - tętnica dolna boczna kolana; Q - odległość między przyczepem więzadła przednio-bocznego a plateauu piszczeli

praw człowieka. Wszystkie pomiary zostały przeprowadzone przez trzech oceniających fizykoterapeutów ze stopniem naukowym magistra oraz co najmniej 3-letnim doświadczeniem w wykonywaniu badania USG (MAP, ML, MK). Przed rozpoczęciem badania każdy ze specjalistów ukończył 4-godzinne szkolenie w celu zapoznania się z protokołem badania więzadła przednio-bocznego. W celu wykluczenia klinicznej niestabilności przednio-bocznej ochotników poddano badaniu klinicznemu prowadzonemu przez doświadczonych fizykoterapeutę.

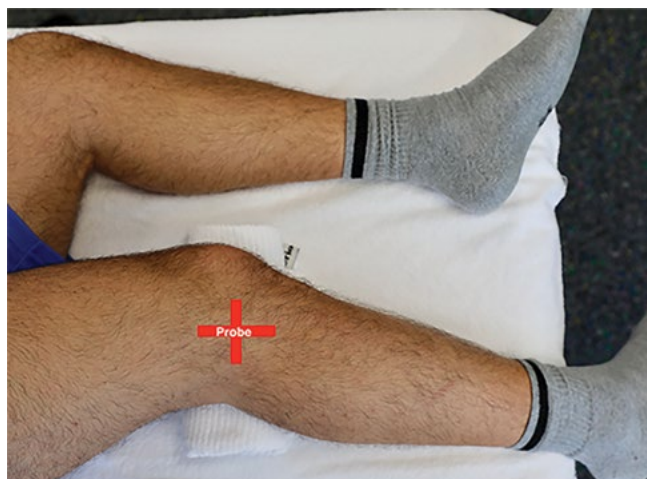


Ryc. 3. Preparat anatomiczny boku stawu kolanowego uwidaczniający więzadło przednio-boczne (ALL), kłykiec boczny k. udowej (\*), łąkotkę boczną (LM), więzadło poboczne strzałkowe (LCL) z pasmem biodrowo-piszczelowym (ITB) oraz ścięgnem m. dwugłowego uda (BFT)

Aby uwidocznić więzadło przednio-boczne w warunkach *in vivo*, przyjęto ustandaryzowany protokół oparty na walidacji pozycji badania: każdy uczestnik był ułożony na tej samej stronie z górną częścią nogi zgiętą pod kątem 30° oraz stopą zwisającą ze stołu do badania. Pod kolaniem umieszczano poduszkę. Badający znajdował się za pacjentem w celu łatwej regulacji ustawień USG oraz aby w razie potrzeby móc zginać i obracać kończynę dolną. W osi długiej pasmo biodrowo-piszczelowe znajdowało się w miejscu przyczepu na guzku Gerdy'ego. Następnie głowicę powoli obracano w kierunku głowy kości strzałkowej. W połowie drogi między guzkiem Gerdy'ego a głową kości strzałkowej znajduje się przyczep dystalny więzadła przednio-bocznego. W tej pozycji za punkty orientacyjne służące do identyfikacji więzadła przednio-bocznego biegnącego do kłykcia bocznego kości udowej przyjęto ścięgno podkolanowe oraz tętnicę dolną boczną kolana. Mierzono w tej pozycji (Ryc. 4) długość i grubość (tuż powyżej tętnicy dolnej bocznej kolana) więzadła oraz odległość od przyczepu do plateauu kości piszczelowej. Szerokość więzadła mierzono w projekcji osi krótkiej, powyżej tętnicy dolnej bocznej kolana. Obrazy i wyniki pomiarów zapisywano i przechowywano w systemie USG.

Poziom zgodności między trzema ( $k = 3$ ) badaczami określano jako dobry w przypadku uzyskania wartości 0,75 ( $R_1$ ) oraz jako niski w przypadku wartości poniżej 0,5 ( $R_0$ )<sup>(24)</sup>. Wartość  $\alpha$  jest wstępnie określona na poziomie 0,05 (co oznacza prawdopodobieństwo błędu typu I). Moc testu ustawiono na 85% (błąd typu II), a zatem  $\beta = 1 - 0,85 = 0,15$ . Z równania wynika, że minimalna wymagana wielkość próby wynosiła  $n = 26,7$  pomiaru.

Do wszystkich pomiarów więzadła przednio-bocznego obu kończyn dolnych u uczestników badania wykorzystano aparat Philips Affiniti 50 G (Royal Philips, Amsterdam, Holandia) wyposażony w 5-centymetrową głowicę liniową o częstotliwości 18–5 MHz.



Ryc. 4. Uczestników badania ułożono w pozycji na boku ze wspartym na poduszce kolaniem zgiętym pod kątem 30° i stopą luźno zwisającą ze stołu do badania. Pozycję przyłożenia głowicy wskazano za pomocą czerwonych strzałek



Analizę danych przeprowadzono z zastosowaniem oprogramowania IBM SPSS, wersji 21 (SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA). Wszystkie dane zostały sprawdzone pod kątem założeń. Obliczono statystyki opisowe. W celu oszacowania poziomu zgodności między badającymi zastosowano współczynnik korelacji wewnątrzklasowej (ICC, *intraclass correlation coefficient*; ICC<sub>2,1</sub> – dwukierunkowy model z efektami losowymi, pojedynczy pomiar, zgodność bezwzględna) i przedstawiono wraz z 95-procentowym przedziałem ufności (CI) szacowanego ICC. Poziomą zgodności oparto na ogólnej wytycznej według Koo z 2016 roku<sup>(25)</sup>.

## Wyniki

Oznaczenia wykonane za pomocą igieł pod kontrolą USG w utrwalonym metodą Thiela preparacie odpowiadały dokładnie położeniu więzadła przednio-bocznego zaobserwowanego w trakcie późniejszego preparowania i potwierdzonego przez doświadczonego anatoma (EC – 20-letnie doświadczenia). W badaniu wzięło udział 18 zdrowych osób (12 mężczyzn i 6 kobiet). Średnie wieku, wzrostu i masy ciała ( $\pm$  odchylenie standardowe) wynosiły odpowiednio 41,2 roku ( $\pm 10,3$ ), 179,2 cm ( $\pm 8,5$ ) i 84,7 kg ( $\pm 13,1$ ). Dwa spośród 36 stawów kolanowych wykluczono z badania w związku z przebyłym zabiegiem chirurgicznym. W przypadku pozostałych 34 stawów kolanowych nie stwierdzono objawów klinicznej niestabilności przednio-bocznej. Trzech oceniających było w stanie zlokalizować więzadło przednio-boczne w 33 stawach kolanowych (97%). Charakterystykę uczestników badania i więzadła przednio-bocznego przedstawiono w Tab. 1. Z uwagi na normalny rozkład danych obliczono współczynnik korelacji wewnątrzklasowej (ICC). Poziomą zgodności między badaczami w odniesieniu do grubości więzadła był niski: ICC = 0,35 (95% CI: -0,6–0,63). Poziomą zgodności w odniesieniu do długości i szerokości więzadła był wysoki: odpowiednio ICC 0,80 (95% CI: 0,64–0,89) i 0,88 (95% CI: 0,79–0,94), natomiast w przypadku odległości między przyczepem więzadła a bocznym plateau kości piszczelowej uzyskano doskonałą zgodność: ICC 0,96 (95% CI: 0,93–0,98) (Tab. 2).

## Omówienie

Ultrasonografia była stosowana w celu uwidocznienia więzadła przednio-bocznego w pięciu poprzednich badaniach. Cianca i wsp.<sup>(16)</sup> jako pierwsi opisali obraz więzadła przednio-bocznego w osi krótkiej i długiej w pojedynczym stawie kolanowym u zdrowego mężczyzny. Według autorów identyfikacja więzadła była najłatwiejsza przy zgięciu stawu kolanowego pod kątem 90° z jednoczesną niewielką rotacją wewnętrzną. Niemniej jednak brakowało korelacji anatomicznej umożliwiającej potwierdzenie, że uwidoczniona struktura odpowiada więzadłu przednio-bocznemu. Cavaignac i wsp.<sup>(18)</sup> odnotowali 100-procentową czułość w uwidacznianiu więzadła przednio-bocznego w 18 nieutrwalonych pośmiertnych preparatach stawów kolanowych poprzez umieszczenie metalowych

**Tab. 1.** Statystyka opisowa uczestników badania (wiek, wzrost, masa ciała, BMI) oraz wyniki pomiarów więzadła przednio-bocznego (długość, grubość i szerokość więzadła przednio-bocznego oraz odległość między więzadłem a plateau k. piszczelowej). Wyniki pomiarów podano w mm

|  | n  | Niski | Wysoki | Średnia | SD   |
|--|----|-------|--------|---------|------|
| Wiek (lata)                              | 33 | 23    | 54     | 41,2    | 10,3 |
| Wzrost (cm)                              | 33 | 164   | 188    | 179,2   | 8,5  |
| Masa ciała (kg)                          | 33 | 63,3  | 104    | 84,7    | 13,1 |
| BMI                                      | 33 | 21,5  | 31,1   | 26,3    | 2,9  |
| Długość ALL                              | 33 | 38,7  | 53,3   | 46,9    | 4,2  |
| Grubość ALL                              | 33 | 0,52  | 1,24   | 0,94    | 0,16 |
| Szerokość ALL                            | 33 | 4,4   | 11,7   | 8,4     | 2,3  |
| Odległość między ALL a plateau piszczeli | 33 | 2,2   | 9,2    | 5,7     | 1,8  |

ALL – więzadło przednio-boczne

igieł pod kontrolą USG w proksymalnych i dystalnych końcach więzadła przednio-bocznego, przy czym badanie zostało przeprowadzone przez jednego radiologa z zastosowaniem głowicy liniowej o częstotliwości 12 MHz. Autorzy uznali badanie USG za odpowiednie narzędzie do identyfikacji więzadła przednio-bocznego. W uwadze technicznej ci sami autorzy opisali badanie w pozycji leżącej na plecach, ze zgięciem w stawie kolanowym pod kątem 90° i rotacją wewnętrzną zapewnioną przez asystenta w warunkach sali operacyjnej<sup>(26)</sup>. Według Capo i wsp.<sup>(15)</sup> badanie USG nie umożliwiło wiarygodnej identyfikacji więzadła przednio-bocznego w miejscu jego przyczepu udowego i piszczelowego ani jego odróżnienia od głęboko położonych włókien pasma biodrowo-piszczelowego. Autorzy stosowali głowicę liniową o częstotliwości 14 MHz i ustawienie stawu kolanowego w zgięciu pod kątem 30° do 60° z rotacją wewnętrzną. Według Oshima i wsp.<sup>(17)</sup> badanie USG można stosować w celu potwierdzenia integralności więzadła przednio-bocznego. Autorom udało się zlokalizować więzadło z zastosowaniem wirtualnej ultrasonografii w czasie rzeczywistym w 18 stawach kolanowych u 9 zdrowych ochotników płci męskiej (wiek 28–37 lat). Autorzy porównali wyniki badania MRI i USG w odniesieniu do grubości i długości więzadła oraz odległości między przyczepem piszczelowym a bocznym plateau piszczelowym (w zgięciu stawu kolanowego pod kątem 30°).

**Tab. 2.** Wartości współczynnika korelacji wewnątrzklasowej dla długości, grubości i szerokości więzadła oraz jego odległości od k. piszczelowej. Przedstawiono również wartość 95-procentowego przedziału ufności oraz poziom istotności

|                                      | Wsp. korelacji wewnątrzklasowej | 95-proc. przedział ufności |               | Poziom istotności |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------|-------------------|
|                                      |                                 | Granica dolna              | Granica górna |                   |
| Długość ALL                          | 0,799                           | 0,643                      | 0,894         | <0,001            |
| Grubość ALL                          | 0,346                           | -0,058                     | 0,0632        | 0,038             |
| Szerokość ALL                        | 0,884                           | 0,794                      | 0,939         | <0,001            |
| Odległość do plateau k. piszczelowej | 0,959                           | 0,927                      | 0,978         | <0,001            |

Po ocenie ultrasonograficznej z użyciem preparatu pośmiertnego autorzy niniejszej pracy określili zgodność ocen dla 34 zdrowych stawów kolanowych. Średnie wartości długości i szerokości więzadła przednio-bocznego wyniosły odpowiednio 46,9 ( $\pm$  4,2) mm i 8,4 ( $\pm$  2,3) mm, co było zgodne z wynikami Neri i wsp.<sup>(21)</sup> Autorzy ci odnotowali długość więzadła wynoszącą 45,29 mm ( $\pm$  4,1) przy zgięciu stawu kolanowego pod kątem 30° oraz szerokość równą 8,36 mm ( $\pm$  0,69) dla 84 świeżo mrożonych pośmiertnych preparatów stawu kolanowego. W badaniu USG u 30 zdrowych osób Faruch i wsp.<sup>(19)</sup> odnotowali grubość więzadła przednio-bocznego równą 0,97 mm ( $\pm$  0,13). Odległość odnotowana przez Taneja i wsp.<sup>(27)</sup> w badaniu MRI, obejmującym 36 stawów kolanowych, wynosiła 5,7 mm; natomiast Claes i wsp.<sup>(1)</sup>, którzy zbadali 41 pośmiertnych preparatów stawów kolanowych, odnotowali średnią odległość równą 6,5 mm ( $\pm$  1,4).

W prezentowanym badaniu odnotowano niski współczynnik korelacji wewnątrzklasowej (ICC) dla grubości więzadła przednio-bocznego, wysoki dla długości i szerokości więzadła oraz doskonały dla odległości między przyczepem a boczną plateau piszczeli. Prezentowane wyniki są zgodne z wynikami wcześniejszych badań<sup>(3,17)</sup>, w których odnotowano zmienność w odniesieniu do przyczepu udowego oraz zwarte połączenie między strukturami otaczającymi boczny kłykiec udowy, utrudniające identyfikację więzadła przednio-bocznego w tej okolicy. Niska spójność pomiarów grubości więzadła przednio-bocznego może wynikać z dokładności pomiarów ultrasonograficznych wykraczającej poza milimetry. Niewielki błąd pomiarowy wynoszący 0,1 mm oznacza 11-procentową różnicę w średniej wartości grubości (0,9 mm). Faruch i wsp.<sup>(19)</sup> odnotowali różnicę w grubości więzadła przednio-bocznego między osobami zdrowymi (0,97  $\pm$  0,13 mm) a pacjentami z urazem w obrębie więzadła ALL (1,46  $\pm$  0,27 mm) na podstawie pomiaru USG. Oznacza to wzrost grubości więzadła przednio-bocznego o ponad 50%. Ze względu na niewielkie odchylenie standardowe pomimo niskiej wiarygodności można założyć, że protokół ten mógłby umożliwić wykrycie takiego wzrostu. Wysoki współczynnik korelacji wewnątrzklasowej dla pomiaru szerokości więzadła wskazuje na możliwość przeprowadzenia wiarygodnej oceny więzadła przednio-bocznego w osi krótkiej, pomiędzy pasmem biodrowo-piszczelowym a więzadłem pobocznym strzałkowym.

Niemal doskonała wiarygodność pomiarów przyczepu dystalnego więzadła przednio-bocznego ma duże znaczenie w odniesieniu do opieki nad pacjentem. Niemal wszystkie urazy więzadła dotyczą jego przyczepu dystalnego. Faruch i wsp.<sup>(19)</sup> stwierdzili, że 100% urazów więzadła przednio-bocznego, którym towarzyszy zerwanie więzadła krzyżowego przedniego, występuje przy przyczepie piszczelowym. Uwidocznienie więzadła za pomocą USG ma tę zaletę, że umożliwia wykazanie nie tylko złamania

awulsyjnego (złamania Segonda), ale również samego urazu więzadła, które może prowadzić do podobnej niestabilności mechanicznej.

Prezentowane badanie ma kilka ograniczeń. Do badania włączono zdrowe, aktywne osoby. Uzyskane przez autorów wyniki mogą nie dotyczyć pacjentów z podejrzeniem zerwania więzadła krzyżowego przedniego, u których mogą występować patologiczne zmiany w obrębie więzadła przednio-bocznego. W tej sytuacji należy ocenić integralność, a nie charakterystykę morfologiczną. Potrzebne są badania przypadków patologicznych. Walidacji protokołu ultrasonograficznego dokonano z użyciem pojedynczego, utrwalanego metodą Thiela pośmiertnego preparatu stawu kolanowego. Zaletą tej metody jest to, że próbki zachowują właściwości tkanki tak jak próbki świeże, w przeciwieństwie do utrwalania klasycznego, w którego wyniku próbki ulegają stwardnieniu, a płaszczyzny tkanek stają się nierozłączne. Pomimo dobrej zgodności wyników badania USG i preparowania poziom walidacji można uznać jedynie za minimalny. Średnia wieku uczestników badania (41 lat) nie do końca odpowiadała średniej wieku populacji narażonej na ryzyko wystąpienia zerwania więzadła krzyżowego przedniego (18–25 lat)<sup>(28)</sup>.

## Wniosek

Prezentowany protokół badania ultrasonograficznego stanowi wiarygodne narzędzie do oceny więzadła przednio-bocznego stawu kolanowego. Odnotowano doskonałą wiarygodność pomiarów dla części dystalnej więzadła. Ponieważ to w tej części więzadła najczęściej dochodzi do urazów, prezentowany protokół stanowi obiecujące narzędzie do oceny więzadła u pacjentów z podejrzeniem zerwania więzadła krzyżowego przedniego zarówno w praktyce klinicznej, jak i na boisku.

## Konflikt interesów

*Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie do niej prawo.*

## Podziękowania

*Autorzy niniejszej pracy pragną podziękować zakładowi Anatomical Research Training and Education (ARTE) na Vrije Universiteit Brussel (Belgia) za przeprowadzenie analizy pośmiertnej oraz Uniwersytetowi SOMT (Amersfoort, Holandia) za umożliwienie dostępu do obiektów i sprzętu podczas prowadzenia badań.*

## Piśmiennictwo

1. Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J: Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat* 2013; 223: 321–328.
2. Segond P: Recherches cliniques et expérimentales sur les épanchements sanguins du genou par entorse. *Prog Med* 1879; 7: 297–299.

3. Daggett M, Ockuly AC, Cullen M, Busch K, Lutz C, Imbert P *et al.*: Femoral origin of the anterolateral ligament: an anatomic analysis. *Arthroscopy* 2016; 32: 835–841.
4. Dodds AL, Halewood C, Gupte C, Williams A, Amis AA: The anterolateral ligament: anatomy, length changes and association with the second fracture. *Bone Joint* 2014; 96-B: 325–331.
5. Helito CP, Demange MK, Bonadio MB, Tírico LE, Gobbi RG, Pécora JR *et al.*: Anatomy and histology of the knee anterolateral ligament. *Orthop J Sports Med* 2013; 1: 2325967113513546.
6. Lutz C, Sonnery-Cottet B, Niglis L, Freychet B, Clavert P, Imbert P: Behavior of the anterolateral structures of the knee during internal rotation. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015; 101: 523–528.
7. Vincent JP, Magnussen RA, Gezmez F, Uguen A, Jacobi M, Weppe F *et al.*: The anterolateral ligament of the human knee: an anatomic and histologic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012; 20: 147–152.
8. De Maeseeneer M, Boulet C, Willekens I, Lenchik L, De Mey J, Cattrysse E *et al.*: Segond fracture: involvement of the iliotibial band, anterolateral ligament, and anterior arm of the biceps femoris in knee trauma. *Skeletal Radiol* 2015; 44: 413–421.
9. Sonnery-Cottet B, Daggett M, Fayard JM, Ferretti A, Helito CP, Lind M *et al.*: Anterolateral Ligament Expert Group consensus paper on the management of internal rotation and instability of the anterior cruciate ligament – deficient knee. *J Orthop Traumatol* 2017; 18: 91–106.
10. Van der Watt L, Khan M, Rothrauff BB Ayeni OR, Musahl V, Getgood A *et al.*: The structure and function of the anterolateral ligament of the knee: a systematic review. *Arthroscopy* 2015; 31: 569–582.
11. Claes S, Luyckx T, Vereecke E, Bellemans J: The Segond fracture: a bony injury of the anterolateral ligament of the knee. *Arthroscopy* 2014; 30: 1475–1482.
12. Van Dyck P, Clockaerts S, Vanhoenacker FM, Lambrecht V, Wouters K, De Smet E *et al.*: Anterolateral ligament abnormalities in patients with acute anterior cruciate ligament rupture are associated with lateral meniscal and osseous injuries. *Eur Radiol* 2016; 26: 3383–3391.
13. Tanaka M, Vyas D, Moloney G, Bedi A, Pearle AD, Musahl V: What does it take to have a high-grade pivot shift? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012; 20: 737–742.
14. Roessler PP, Schüttler KF, Heysse TJ, Wirtz DC, Efe T: The anterolateral ligament (ALL) and its role in rotational extra-articular stability of the knee joint: a review of anatomy and surgical concepts. *Arch Orthop Trauma Surg* 2016; 136: 305–313.
15. Capo J, Kaplan DJ, Fralinger DJ, Adler RS, Campbell KA, Jazrawi LM *et al.*: Ultrasonographic visualization and assessment of the anterolateral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017; 25: 3134–3139.
16. Cianca J, John J, Pandit S, Chiou-Tan FY: Musculoskeletal ultrasound imaging of the recently described anterolateral ligament of the knee. *Am J Phys Med Rehabil* 2014; 93: 186.
17. Oshima T, Nakase J, Numata H, Takata Y, Tsuchiya H: Ultrasonography imaging of the anterolateral ligament using real-time virtual sonography. *Knee* 2016; 23: 198–202.
18. Cavaignac E, Wytrykowski K, Reina N, Pailhé R, Murgier J, Faruch M *et al.*: Ultrasonographic identification of the anterolateral ligament of the knee. *Arthroscopy* 2016; 32: 120–126.
19. Faruch Bilfeld M, Cavaignac E, Wytrykowski K, Constans O, Lapègue F, Chiavassa Gandois H *et al.*: Anterolateral ligament injuries in knees with an anterior cruciate ligament tear: contribution of ultrasonography and MRI. *Eur Radiol* 2018; 28: 58–65.
20. Bottene Villa Albers M, Yoshida M, Fu FH, Onishi K: Ultrasonographic visualization of anterolateral complex of the knee. *Oper Tech Orthop* 2017; 27: 121–125.
21. Neri T, Palpacuer F, Testa R, Bergandi F, Boyer B, Farizon F *et al.*: The anterolateral ligament: anatomic implications for its reconstruction. *Knee* 2017; 24: 1083–1089.
22. Munirama S, Eisma R, Columb M, Corner GA, McLeod GA: Physical properties and functional alignment of soft-embalmed Thiel human cadaver when used as a simulator for ultrasound-guided regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 2016; 116: 699–707.
23. Sawhney C, Lalwani S, Ranjan Ray B, Sinha S, Kumar A: Benefits and pitfalls of cadavers as learning tool for ultrasound-guided regional anesthesia. *Anesth Essays Res* 2017; 11: 3–6.
24. Walter SD, Eliasziw M, Donner A: Sample size and optimal designs for reliability studies. *Stat Med* 1998; 17: 101–110.
25. Koo TK, Li MY: A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med* 2016; 15: 155–163.
26. Cavaignac E, Laumond, Reina GN, Wytrykowski K, Murgier J, Faruch M *et al.*: How to test the anterolateral ligament with ultrasound. *Arthrosc Tech* 2017; 7: e29–e31.
27. Taneja AK, Miranda FC, Braga CAP, Gill CM, Hartmann LG, Santos DC *et al.*: MRI features of the anterolateral ligament of the knee. *Skeletal Radiol* 2015; 44: 403–410.
28. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA *et al.*: Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: a 21-year population-based study. *Am J Sports Med* 2016; 44: 1502–1507.