



**UNIwersYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU**

Collegium Medicum
im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy

Bydgoszcz 2025 r.



**UNIwersYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU**

Wydział Lekarski
Collegium Medicum w Bydgoszczy

Jakub Erdmann

**Zastosowanie zmodyfikowanej techniki tenodezy bocznej
zewnątrzstawowej w rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego:
analiza wskazań, ocena funkcjonalna i ultrasonograficzna.**

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych

Promotor:

Dr hab. n. med. Jan Zabrzyński, prof. UMK

Bydgoszcz rok 2025

"It is better to travel well than to arrive."

— Budda Śakjamuni

Podziękowania dla

Dr hab. n. med. Jana Zabrzyńskiego, prof. UMK, za innowacyjne pomysły w trakcie prowadzenia badań, za poświęcony czas i nieocenioną pomoc w realizacji pracy.

Spis treści:

1. Wykaz skrótów	5
2. Wstęp.....	6
3. Anatomia i biomechanika kompleksu przednio-bocznego stawu kolanowego	7
4. Tenodeza boczna zewnątrzstawowa	10
5. Cel pracy	13
6. Streszczenie artykułów oryginalnych	14
Artykuł oryginalny I	14
Artykuł oryginalny II	15
Artykuł oryginalny III	16
7. Wnioski	18
8. Streszczenie	18
9. Summary.....	21
10. Bibliografia.....	23
11. Publikacje będące przedmiotem rozprawy doktorskiej	29
12. Oświadczenia współautorów publikacji	61
13. Zgoda komisji bioetycznej	84

1. Wykaz skrótów

ACL – więzadło krzyżowe przednie (ang. anterior cruciate ligament)

ACLR – rekonstrukcja więzadła krzyżowego przedniego (ang. anterior cruciate ligament reconstruction)

ALL – więzadło przednio-boczne (ang. anterolateral ligament)

FCL – więzadło poboczne strzałkowe (ang. fibular collateral ligament)

IKDC – kwestionariusz Międzynarodowego Komitetu Dokumentacji Kolana (ang. the International Knee Documentation Committee)

ITB – pasmo biodrowo-piszczelowe (ang. iliotibial band)

KOOS – kwestionariusz Urazów Kolana i Choroby Zwyródnieniowej Stawów (ang. the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score)

KOOS-pain – subskala bólu kwestionariuszu Urazów Kolana i Choroby Zwyródnieniowej Stawów(ang. the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score pain subscale)

KOOS-symptoms - subskala objawów kwestionariuszu Urazów Kolana i Choroby Zwyródnieniowej Stawów (ang. the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score symptoms subscale)

KOOS-ADL - subskala funkcjonowania na co dzień kwestionariuszu Urazów Kolana i Choroby Zwyródnieniowej Stawów (ang. the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score function in daily living subscale)

KOOS-sport - subskala aktywności sportowej i rekreacyjnego kwestionariuszu Urazów Kolana i Choroby Zwyródnieniowej Stawów (ang. the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score function in sport and recreation subscale)

KOOS-quality - subskala jakości życia w oparciu o stan kolana kwestionariuszu Urazów Kolana i Choroby Zwyródnieniowej Stawów (ang. the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score knee-related Quality of Life subscale)

LET – tenodeza boczna zewnątrzstawowa (ang. lateral extra-articular tenodesis)

Lysholm – kwestionariusz oceny kolana Lysholm (ang. the Lysholm knee scoring scale)

LCL – więzadło poboczne boczne (ang. lateral collateral ligament)

MRI – rezonans magnetyczny (ang. magnetic resonance imaging)

SD – odchylenie standardowe (ang. Standard deviation)

WOMAC – kwestionariusz oceny choroby zwyrodnieniowej Uniwersytetów Western Ontario i McMaster (ang. the Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index)

2. Wstęp

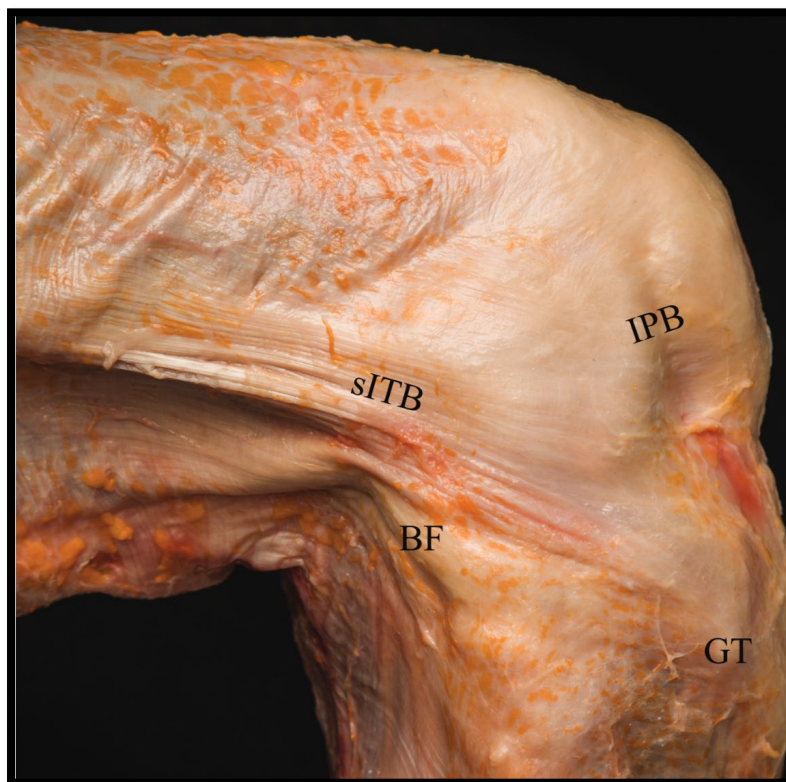
Więzadło krzyżowe przednie (ACL) jest jednym z głównych więzadeł stawu kolanowego i zbudowane jest z dwóch pęczków: przednio-przyśrodkowego i tylnio-bocznego. Pierwsze z nich odpowiada głównie za stabilność przednio-tylną, natomiast drugie za stabilność rotacyjną [1]. Całkowite przerwanie tej struktury w większości przypadków prowadzi do niestabilności stawu kolanowego i wiąże się z dodatkowymi uszkodzeniami łąkotec i chrząstki stawowej. Szacuje się, że częstość występowania tej dysfunkcji to 30-81 na 100 000 przypadków [2]. Złotym standardem w leczeniu całkowitego uszkodzenia ACL stanowi jego artroskopowa rekonstrukcja (ACLR) z użyciem przeszczepu, najczęściej pobieranego z mięśni kulszowo-goleniowych, tak zwanych „hamstringów” [3]. W Stanach Zjednoczonych stanowi ona jedną z najczęściej wykonywanych procedur w obrębie stawu kolanowego licząc 125 000 – 200 000 przypadków rocznie [4]. ACLR pozwala w dużej części na przywrócenie stabilności przednio-tylnej i rotacyjnej stawu kolanowego oraz wiąże się z zaopatrzeniem dodatkowych uszkodzeń w obrębie stawu. Właściwe wykonanie tych procedur, stanowi prewencję przedwczesnej choroby zwyrodnieniowej [5]. Szacuje się, że odroczenie zabiegu operacyjnego o 12 miesięcy lub więcej, wiąże się z podwyższonym ryzykiem nowych lub pogłębieniem już przebytych uszkodzeń łąkotec i chrząstki stawowej [6, 7]. Co więcej, odsetek pourazowej artrozy stawu kolanowego sięga 0-13% przy izolowanym uszkodzeniu ACL, a 21-48% przy współistniejącym urazie łąkotki [8]. Mimo ciągłego udoskonalania technik ACLR oraz wymienionych zalet takiego postępowania, odsetek uszkodzeń przeszczepionego ACL oscyluje w granicach 15-17%, a poczucie niestabilności wśród pacjentów osiąga 25-30% [9, 10]. Ponadto powrót do aktywności fizycznej sprzed urazu udaje się u około 60% pacjentów w ciągu 2 lat od ACLR [11]. Relatywnie wysoki odsetek tych powikłań tłumaczy się, między innymi, niepełnym odtworzeniem stabilności rotacyjnej przednio-bocznej ujawniającej się podczas „pivot shift test. Wynika ona z całkowitego uszkodzenia lub niewydolności struktur kompleksu przednio-bocznego stawu kolanowego, w szczególności więzadła przednio-bocznego (ALL) [12]. Przyczep proksymalny ALL rozpoczyna się od kłykcia bocznego kości udowej, a dystalny kończy się na nasadzie bliższej kości piszczelowej między guzkiem Gerdy’ego a głową kości strzałkowej. Szacuje się, że współistniejące przerwanie ALL występuje w 37,5-78,8% przypadków całkowitego uszkodzenia ACL [11, 13, 14]. W 2013 r. nastąpiło zwiększone zainteresowanie wokół ALL po publikacji nowych badań na temat jego biomechaniki, które podkreślają jego fundamentalną rolę w utrzymaniu stabilności rotacyjnej przednio-bocznej stawu kolanowego [15]. Od tego momentu zaczęto ponownie stosować powszechnie tenodezę boczną zewnątrzstawową (LET), która imituje działanie ALL i wzmacnia kompleks

przednio-boczny lub wykonywać bezpośrednią rekonstrukcję ALL podczas jednoczasowej ACLR.

3. Anatomia i biomechanika kompleksu przednio-bocznego stawu kolanowego

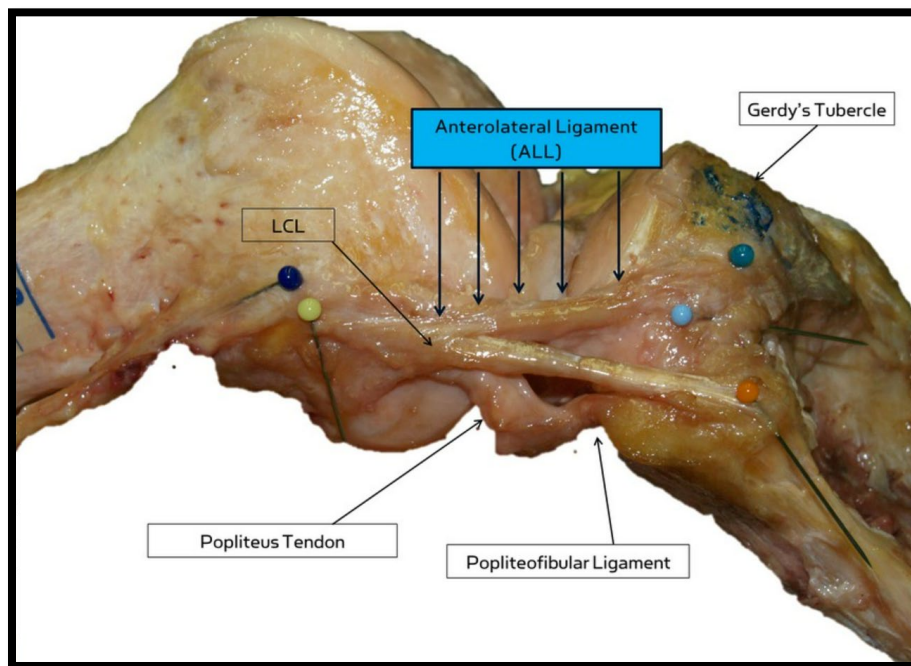
Historycznie, ALL po raz pierwszy zostało opisane w 1879 r. przez Paula Ferdinanda Segonda jako struktura wzmacniająca część boczną torby stawowej i ulegająca znacznemu napięciu podczas rotacji wewnętrznej stawu kolanowego. Ponadto wykazano wtedy, że izolowane całkowite uszkodzenie ACL może nie stanowić częstego zjawiska i towarzyszy mu zwykle uraz struktur bocznych stawu kolanowego [16]. Po około 100 latach później, najpierw Hughston, a potem Norwood potwierdzili tę zależność oraz opisali wynikającą z tych uszkodzeń niestabilność przednio-rotacyjną stawu kolanowego [17, 18].

Sama struktura anatomiczna kompleksu przednio-bocznego stawu kolanowego pozostaje złożona i nie została jeszcze definitywnie opisana tak jak struktury kompleksu przyśrodkowego [19]. Pierwszą warstwę, tuż pod skórą, tworzy warstwa powierzchowna ITB, która przyczepia się do guzka Gerdy. Przednia część włókien tej warstwy łączy się również z boczną częścią rzepki i więzadła rzepki, by utworzyć strukturę zwaną pasmem biodrowo-rzepkowym. Natomiast tylne włókna tej warstwy wzmacniają powięź mięśnia dwugłowego uda (Rys. 1). Do warstwy głębokiej ITB zalicza się włókna Kaplana, które przyczepiają się do przegrody bocznej międzymięśniowej i troczka bocznego. Ponadto włókna te przebiegają blisko gałęzi sieci tętniczej górnej kolana. W tym miejscu, przy urazach rotacyjnych stawu kolanowego, obserwuje się krwiaka widocznego w MRI [19]. Poniżej włókien Kaplana przebiega najgłębsza część ITB zwana warstwą torebkowo-kostną. Proksymalnie włókna tej warstwy biegną wzdłuż mięśnia podeszwowego i części bocznej mięśnia brzuchatego łydki, kończąc się na tylnej części guzka Gerdy.



Rys. 1. Zdjęcie ukazujące struktury powierzchowne pasma biodrowo-piszczelowego - jednego z elementów kompleksu przednio-bocznego stawu kolanowego prawego. Uwidoczniono warstwę powierzchowną pasma biodrowo-piszczelowego (Superficial Illiotibial band) [sITB]), ścięgno mięśnia dwugłowego uda (Biceps Femoris [BF]), guzek Gerdy (Gerdy Tubercle [GT]) oraz pasmo biodrowo-rzępkowe (Illiopatellar Band [IPB]). Na podstawie: Musahl, V., Herbst, E., Burnham, J., and Fu, F. The Anterolateral Complex and Anterolateral Ligament of the Knee. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2018;26(8):p 261-267. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-16-00758>.

Poniżej całego kompleksu ITB znajduje się FCL oraz do przodu od niego ALL. Oba mają przyczepy na nadkłykciu bocznym kości udowej, a ich pojedyncze włókna w początkowej części mogą ulegać skrzyżowaniom [15]. Przyczep proksymalny ALL znajduje się bardziej do przodu od FCL oraz proksymalnie i do tyłu od przyczepu ścięgna mięśnia podkolanowego. Przyczep dystalny FCL ma miejsce na głowie kości strzałkowej, a ALL na nasadzie bliższej kości piszczelowej, między guzkiem Gerdy a głową kości strzałkowej (Rys. 2). Przebieg ALL pozostaje skośny a jego włókna łączą się z 1/3 częścią trzonu łąkotki bocznej. Między tymi dwiema strukturami przebiega tętnica dolna boczna kolana na wysokości linii stawu kolanowego. Pod kątem histopatologicznym ALL ma gęsty i dobrze zorganizowany przebieg pojedynczych włókien oraz charakteryzuje się bogatym unerwieniem i obecnością licznych mechanoreceptorów [20, 21]. Oprócz FCL i ALL, do najgłębszej warstwy kompleksu przednio-bocznego zalicza się również ścięgno mięśnia podkolanowego, więzadło podkolanowo-strzałkowe oraz boczną część torby stawowej [15].



Rys. 2. Zdjęcie ukazujące struktury głębokie kompleksu przednio-bocznego stawu kolanowego prawego. Uwidoczniono więzadło przednio-boczne (Anterolateral Ligament [ALL]), guzek Gerdy (Gerdy's Tubercle), ścięgno mięśnia podkolanowego (Popliteus Tendon) oraz więzadło podkolanowe-strzałkowe (Popliteofibular Ligament). Na podstawie: Claes, S., Vereecke, E., Maes, M., Victor, J., Verdonk, P. and Bellemans, J. *Anatomy of the anterolateral ligament of the knee.. Journal of Anatomy.* 2013;223: 321-328. <https://doi.org/10.1111/joa.12087>.

Badania biomechaniczne na kadaverach pod kątem funkcji poszczególnych struktur kompleksu przednio-bocznego stawu kolanowego są złożone i obejmują wiele wariantów uszkodzeń próbując odtworzyć jak najbardziej zbliżone warunki do naturalnych. Pod kątem biomechanicznym wykazano, że samo ALL ulega największemu napięciu przy rotacji wewnętrznej kości piszczelowej i zgięciu stawu kolanowego między 30 a 90 stopni. Natomiast sam ACL stabilizuje przednio-rotacyjnie staw kolanowy głównie przy zgięciu poniżej 35 stopni [22]. Oprócz wymienionych struktur, warstwa powierzchowna kompleksu przednio-bocznego, czyli ITB i jego anatomiczne komponenty, również stabilizują staw kolanowy rotacyjnie, w szczególności warstwa torebkowo-kostna ograniczając rotację wewnętrzną przy jego zgięciu ponad 30 stopni [15, 19, 23]. Ponadto, oszacowano, że nieuszkodzone ITB może zmniejszać siły działające na ACL o 23-40% [24]. Co więcej, wykazano, że przerwanie bocznej części torby stawowej odgrywa również znaczną rolę w niestabilności przednio-rotacyjnej [15, 21].

Warto wspomnieć, że temat stabilności staw kolanowego stanowi złożony aspekt i nie ogranicza się tylko do udziału struktur powierzchownych i głębokich kompleksu przednio-bocznego. Uważa się, że wpływ na stabilność wyżej wymienionego stawu ma również korzeń tylny łąkotki bocznej, którego uszkodzenie lub całkowite usunięcie może prowadzić do bardziej wyrażonego testu „pivot shift” [25]. Podobnie sygnalizuje się, że niewydolność więzadła tylnego

przyśrodkowego łąkotkowo-piszczelowego może powodować niestabilność rogu tylnego łąkotki przyśrodkowej, co może pogłębiać niewydolność ACL [26].

4. Tenodeza boczna zewnątrzstawowa

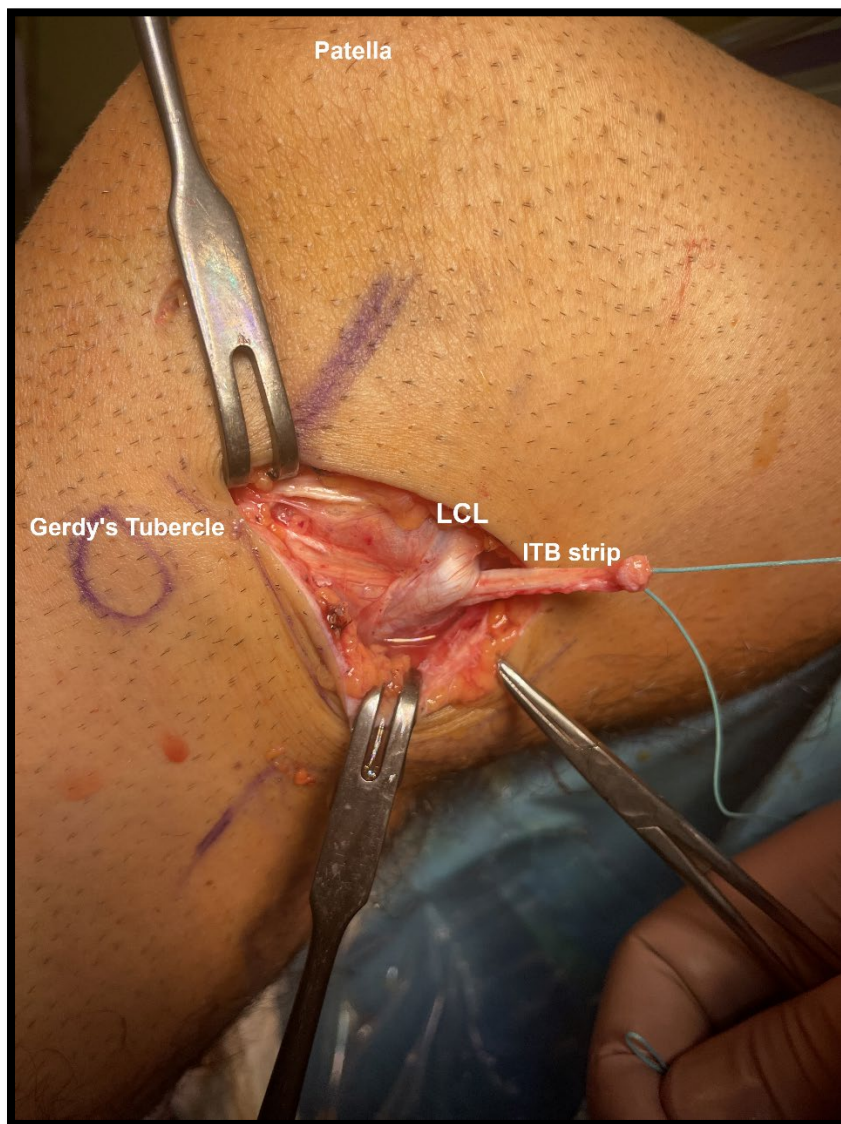
Pierwsza technika LET została opisana w latach 1960 przez Lemaire jako izolowana forma leczenia całkowitego uszkodzenia ACL. Z powodu niesatysfakcjonujących wyników klinicznych takiego działania, zaniechano stosowania tej procedury przez wiele lat [27]. Po doniesieniach w 2013 r. na temat biomechaniki ALL, technika ta ponownie wróciła do łask jako procedura uzupełniająca artroskopową ACLR. Celem ograniczenia niestabilności rotacyjnej podczas jednoczasowej ACLR, wykonuje się bezpośrednią rekonstrukcją ALL lub nieanatomiczną LET. Aktualnie liczne badania nie wykazują przewagi jednej procedury nad drugą. Obie grupy procedur wiążą się ze zredukowanym odsetkiem uszkodzeń przeszczepionego ACL, zmniejszonym odczuciem niestabilności oraz lepszymi wynikami klinicznymi w porównaniu z izolowaną artroskopową ACLR [28–30]. Wskazania do LET podczas jednoczasowej ACLR pozostają przedmiotem debaty i nie zostały jeszcze definitywnie określone. Mimo braku konsensusu w tej kwestii, generalnie akceptowalnymi pozostają: wysoki stopień „pivot shift test”, rewizyjna ACLR, wiotkość więzadłowa, zawodowi sportowcy oraz pacjenci wymagający naprawy łąkotek [11, 31]. Przeciwwskazania do LET podczas jednoczasowej ACLR również nie zostały dotychczas jednoznacznie określone. Jednak liczne prace wskazują, że procedura LET nie powinna być stosowana w uszkodzeniach wielowięzadłowych stawu kolanowego, całkowitych uszkodzeniach więzadła krzyżowego tylnego i uszkodzeniach więzadeł pobocznych. Natomiast przeciwwskazaniami, wokół których panuje niezgodność stanowią poważne uszkodzenia chrząstki stawowej wymagające chirurgicznego zaopatrzenia i znaczne zaburzenia osi kończyny w płaszczyźnie czołowej [32–37].

Badania biomechaniczne na kadawerach wskazują, że zastosowanie LET prowadzi głównie do stabilizacji rotacyjnej stawu kolanowego przy jego zgięciu w zakresie 0-30 stopni. Szacuje się, że LET w tym zakresie może stabilizować wyżej wymieniony staw mocniej niż natywne struktury takiej jak ALL i ITB [38]. Mniejszy wpływ LET, lecz nadal statystycznie istotny, widoczny jest przy 60 i 90 stopniach [39]. Podobnie jak w obserwacjach klinicznych pacjentów, nie wykazano istotnych różnic biomechanicznych między licznymi technikami LET, co podtrzymuje aktualne stanowisko o dobrowolności wyboru metody chirurgicznej przez operatora [40]. Podobna zasada dotyczy również wyboru wzmocnienia kompleksu przednio-bocznego między bezpośrednią rekonstrukcją ALL a nieanatomiczną LET – nie udowodniono

wyższości jednej metody nad drugą [39, 41]. Co więcej, szacuje się, że zastosowanie LET może powodować zmniejszenie działających sił na przeszczepiony ACL do 43% [21].

Liczne techniki operacyjne LET zostały opisane w literaturze. Aktualnie jedną z najczęściej stosowanych metod jest zmodyfikowana technika Lemaire [42]. Nieco mniejszą popularnością cieszą się metody według MacIntosha, Arnolda-Cokera, Ellisona oraz liczne ich modyfikacje [40]. Wybór techniki operacyjnej zależy od preferencji chirurga ortopedy, bowiem zarówno rezultaty kliniczne jak i biomechaniczne są zbliżone i nie wykazano przewagi jednej metody nad drugą [43, 44]. Zdecydowana większość z nich polega na opracowaniu paska z ITB o różnej długości i przełożeniu go pod FCL z zakotwiczeniem jego proksymalnego, wolnego końca w kłykcium bocznym kości udowej używając do tego dowolnego instrumentarium [11]. Z reguły stosowane są kotwice, staplery, śruby interferencyjne lub szwy różnego typu. Badanie, które porównywało odsetek komplikacji między kotwicą a śrubą interferencyjną podczas fiksacji paska ITB w LET, nie wykazało istotnych różnic w obserwacji dwunastomiesięcznej [45].

Zmodyfikowana technika Lemaire polega na wykonaniu dostępu operacyjnego o długości około 6-8 cm między guzkiem Gerdy a tylną krawędzią kłykcia bocznego kości udowej. W przypadku technik mało-inwazyjnych, cięcie ogranicza się do 3-4 cm [46]. Następnie identyfikuje się centralną część ITB, w którym preparuje się pasek wzdłuż dostępu chirurgicznego o długości 8 cm i szerokości 1 cm z wolnym końcem proksymalnym, który obszywa się nićmi, by utworzyć lejce. Kolejnym krokiem jest odnalezienie brzegów przedniego i tylnego FCL. Za pomocą narzędzi chirurgicznych (np. kleszczyków naczyniowych), preparując na ostro i tępo, wytwarza się łożę bezpośrednio pod FCL, przez którą przeciąga się pasek ITB z wykorzystaniem wcześniej utworzonych lejców (Rys. 3). Następnie preparuje się okolicę proksymalno-tylną kłykcia bocznego kości udowej z tkanek miękkich celem dotarcia do warstwy korowej. Po wykonaniu tego etapu, za pomocą dowolnego materiału fiksującego, pod umiarkowanym napięciem mocuje się koniec wolny paska ITB do kości. Staw kolanowy po wykonaniu fiksacji, powinien mieć zachowany cały zakres ruchomości. Następnie zszywa się ITB oraz tkankę podskórną i skórę. Cała procedura odbywa się po wcześniejszym wykonaniu ACLR oraz przy zgięciu w stawie kolanowym 90 stopni i neutralnej rotacji [42, 46, 47].



Rys. 3. Zdjęcie ukazujące etap zmodyfikowanej techniki Lemaire, podczas którego przesunięto pasek ITB pod LCL we wcześniej wypreparowanej łoży. Uwidoczniono więzadło poboczne strzałkowe (Lateral Collateral Ligament [LCL]), pasek ITB (ITB strip), guzek Gerdy (Gerdy's Tubercle) oraz rejon rzepki (Patella). Zasób własny.

Jak każda procedura chirurgiczna, LET nie jest pozbawiona efektów ubocznych. Jedną z częstszych komplikacji tego sposobu leczenia jest mechaniczne podrażnienie okolicznych tkanek przez zastosowany materiał służący do fiksacji paska ITB [35, 48, 49]. Objawy jakie występują to uczucie dyskomfortu i dolegliwości bólowe. Część z tych powikłań przemija samoistnie, a w przypadku ich charakteru przewlekłego, zaleca się usunięcie materiału fiksującego [49]. Kolejnymi powikłaniami są krwiak w okolicy dostępu operacyjnego, przewlekły ból niezwiązany z materiałem fiksującym, śródoperacyjne uszkodzenie paska ITB lub materiału fiksującego, przerwanie ciągłości FCL i zakażenie miejsca operowanego [35, 48–52]. Mimo opisanych efektów ubocznych LET, jedno z badań randomizowanych nie wykazało zwiększonego odsetka reoperacji w grupie, w której zastosowano jednocześnie ACLR+LET w porównaniu z grupą, u których wykonano tylko ACLR (15% versus 18%) [35]. W aspekcie długoterminowych komplikacji związanych z LET, pozostaje obawa o możliwość „przesztywnienia” przedziału bocznego stawu kolanowego prowadzące do jego

przyspieszonej choroby zwyrodnieniowej. Jednak aktualne badania kliniczne nie wykazują takiej tendencji [43, 48, 53]. Potwierdzają to również prace badające kinematykę stawu kolanowego. Stwierdzono, że nawet znaczne napięcie paska ITB podczas jego fiksacji (80 niutonów) w niewielkim stopniu nadmiernie zwiększa kontakt powierzchni stawowych przedziału bocznego, a napięcie o wartości 20 niutonów jest wystarczające do przywrócenia fizjologicznego stanu [54]. Tyczy się to również implantacji paska ITB przy rotacji zewnętrznej kości piszczelowej a nie neutralnej [8]. Co więcej, w jednej z prac o długiej obserwacji przedstawiono wyniki, które ujawniły, że pacjenci z grupy izolowanej ACLR, cierpieli na cięższą postać gonartrozy niż ci z grupy z ACLR+LET [55].

5. Cel pracy

Celem pracy jest ocena funkcjonalna i ultrasonograficzna pacjentów po zastosowaniu zmodyfikowanej tenodezy bocznej zewnątrzstawowej z użyciem kotwicy „self-punching all-suture” w rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego oraz ustalenie wskazań do wykonania tej procedury.

Szczegółowe cele:

1. Zastosowanie mini-inwazyjnej zmodyfikowanej techniki tenodezy bocznej zewnątrzstawowej z użyciem kotwicy typu „self-punching all-suture” podczas jednoczasowej artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego, z jednoczasową oceną funkcjonalną badanych pacjentów.
2. Ocena pooperacyjna pasma biodrowo-piszczelowego wykorzystanego w technice tenodezy bocznej zewnątrzstawowej z wykorzystaniem ultrasonografii oraz ustalenie zależności pomiędzy wynikami funkcjonalnymi a badaniem ultrasonograficznym.
3. Analiza i ustalenie wskazań do wykonania tenodezy bocznej zewnątrzstawowej podczas jednoczasowej artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego.

6. Streszczenie artykułów oryginalnych

Artykuł oryginalny I

„Functional outcomes of simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis using an all-suture anchor: a modified mini-open technique”

Cel: Celem pracy było zastosowanie mini-inwazyjnej i zmodyfikowanej techniki operacyjnej tenodezy bocznej zewnątrzstawowej z użyciem kotwicy typu „self-punching all-suture” podczas jednoczasowej artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego oraz pooperacyjna ocena kliniczna pacjentów poddanych tej procedurze.

Materiał i metody: Do badania włączono 32 pacjentów, u których wykonano pierwotny lub rewizyjny zabieg artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego z zastosowaniem mini-inwazyjnej techniki tenodezy bocznej zewnątrzstawowej z użyciem kotwicy „self-punching all-suture”. Kryteria włączenia obejmowały całkowite uszkodzenie więzadła krzyżowego przedniego z objawową niestabilnością, wiek od 18 do 64 lat i oczekiwania pacjenta dotyczące powrotu do poziomu sprawności sportowej sprzed urazu. Kryteria wykluczenia obejmowały wcześniejsze operacje przeciwnego stawu kolanowego, uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego bez objawowej niestabilności, uraz przeciwnego stawu kolanowego, zaburzenia osiowości kolana, uraz wielowięzadłowy stawu kolanowego, wiek poniżej 18 roku życia lub większy niż 65 lat. Grupa badana została poddana przed- i pooperacyjnym badaniu klinicznemu (test Lachmana, test McMurray’a, test pivot shift, test szuflady przedniej i tylnej) wraz z zebraniem następujących kwestionariuszy: KOOS, IKDC, Lysholm i WOMAC.

Wyniki: W okresie pooperacyjnym w badanej grupie 32 pacjentów były 4 kobiety (12,5%) i 28 mężczyzn (87,5%), a ich średni wiek wyniósł 35,7 lat, wahając się od 20 do 63 lat. Pięciu pacjentów (15,6%) przeszło operację rewizyjną rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego oraz LET. Badanie kliniczne przeprowadzono średnio 234,5 dni (SD – 136,3 dni) po operacji (zakres 55-487 dni). U 20 pacjentów (62,5%) zdiagnozowano dodatkowe uszkodzenia łąkotek, a ponadto uszkodzenia chrząstki stopnia 2 według skali Outerbridge wykryto u 7 pacjentów, a stopnia 3 u 1 pacjenta, co stanowiło 25% badanej grupy. U wszystkich pacjentów wyniki testów fizykalnych, takich jak test Lachmana, tylnej szuflady i test McMurraya były ujemne. W grupie 4 pacjentów (12,5%) uzyskano dodatni wynik testu pivot shift (stopień 1), a u 1 pacjenta (3,1%) uzyskano dodatni wynik testu przedniej szuflady (stopień 1), ci pacjenci nie zgłaszali

objawów niestabilności stawu kolanowego. Powikłania śród- i pooperacyjne nie wystąpiły. Uzyskano poprawę wyników klinicznych w każdym z kwestionariuszy w porównaniu z oceną przedoperacyjną.

Wnioski: Przedstawiona w badaniu mini-inwazyjna i zmodyfikowana technika operacyjna tenodezy bocznej zewnątrzstawowej z użyciem kotwicy typu „self-punching all-suture” podczas jednoczasowej artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego jest bezpieczną metodą, zmniejszającą ryzyko komplikacji. Jej zaletą jest mniejszy rozmiar blizny w porównaniu z klasycznymi technikami operacyjnymi, a kotwica typu „self-punching all-suture” nie wymaga dodatkowych narzędzi chirurgicznych podczas fiksacji pasma biodrowo-piszczelowego do kości udowej.

Artykuł oryginalny II

“A Sonographic Examination of the Iliotibial Band Strip Used in the Mini-Open Modified Lemaire Lateral Extra-Articular Tenodesis in Patients with Primary and Revision ACL Reconstruction—A Pilot Study.”

Cel: Celem pracy były ultrasonograficzna identyfikacja i ocena pasma biodrowo-piszczelowego wykorzystywanego w mini-inwazyjnej i zmodyfikowanej tenodezie bocznej zewnątrzstawowej. Dodatkowo autorzy oceniali zależności między cechami ultrasonograficznymi a wynikami funkcjonalnymi.

Materiał i metody: Do badania włączono 32 pacjentów, u których wykonano pierwotny lub rewizyjny zabieg artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego z zastosowaniem mini-inwazyjnej techniki tenodezy bocznej zewnątrzstawowej. Kryteria włączenia stanowiły całkowite uszkodzenie natywnego lub przeszczepionego więzadła krzyżowego przedniego z objawową niestabilnością stawu kolanowego, wiek od 18 do 64 lat, oczekiwania pacjenta dotyczące powrotu do poziomu sprawności sportowej sprzed urazu i poziom ≤ 3 w skali the American Society of Anesthesiologists. Kryteria wykluczenia obejmowały: uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego bez objawowej niestabilności, wcześniejsze operacje lub uraz przeciwnego stawu kolanowego, zaburzenia osiowości kolana, wiek poniżej 18 roku życia lub większy niż 65, poziom ≥ 4 w skali the American Society of Anesthesiologists. Grupa badana została poddana ocenie ultrasonograficznej oraz przed- i pooperacyjnym wypełnieniu następujących kwestionariuszy: KOOS, IKDC, Lysholm i WOMAC.

Wyniki: W badanej grupie 32 pacjentów było 28 mężczyzn (87,5%), i 4 kobiety (12,5%), a ich średni wiek wyniósł 35,7 lat, wahając się od 20 do 63 lat. Ocenę ultrasonograficzną przeprowadzono średnio 234,5 dni (SD - 136,3 dni) po operacji (zakres 55-487 dni). Fragment pasma biodrowo-piszczelowego użytego do tenodezy bocznej zewnątrzstawowej zidentyfikowano u 31 pacjentów (96,9%). Charakteryzował się on średnią szerokością 5,0 mm (SD – 1,6 mm) i średnią wysokością 4,6 mm (SD - 1,2 mm) w przekrojach poprzecznych. Ultrasonograficznie, jego hiperechogeniczny obraz odnotowano u 27 pacjentów (87,1%), a hipoechogeniczny u 4 (12,9%). Lokalizację na poziomie kości udowej wykryto u 11 pacjentów (58,1%), między kością udową a piszczelową u 11 (35,5%), a na poziomie kości piszczelowej u 2 (6,5%). Fragment pasma biodrowo-piszczelowego użytego do tenodezy bocznej zewnątrzstawowej cechował się nieobecnością pasma płynowego wokół u 26 pacjentów (83,9%) i brakiem aktywnego sygnału Doppler (100%). Natomiast wysięk wokół pobranego fragmentu pasma zaobserwowano u 4 pacjentów (16,1%). Ultrasonograficzną cechą, która korelowała negatywnie z wynikami uzyskanymi w KOOS-symptoms były pasma płynowe wokół pasma biodrowo-piszczelowego ($p=0.0115$). Pozostałe cechy nie wykazały istotnych statystycznie zależności.

Wnioski: Badanie ultrasonograficzne stanowi użyteczne narzędzie w identyfikacji pasma biodrowo-piszczelowego zastosowanego w tenodezie bocznej zewnątrzstawowej podczas jednoczasowej artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego. Cechy ultrasonograficzne obrzęku wokół tej struktury mogą korelować ze stanem klinicznym pacjenta i służyć szybkiej ocenie skuteczności interwencji chirurgicznej.

Artykuł oryginalny III

“Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review.”

Cel: Celem pracy była analiza i usystematyzowanie wskazań do wykonania tenodezy bocznej zewnątrzstawowej podczas jednoczasowej artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego w formie przeglądu systematycznego.

Materiał i metody: Przeprowadzono przegląd literatury przeszukując bazy PubMed, Cochrane Central, ScienceDirect, Web of Science i Embase używając następujących fraz: extraarticular lub extra-articular; tenodesis lub plasty, lub augmentation, lub procedure; reconstruction lub reconstructive, lub surgical, lub surgery, lub technique; ACL lub anterior cruciate ligament. Do

pracy włączono badania przeprowadzane na ludziach o poziomie dowodu naukowego od 1 do 4 w języku angielskim. Wykluczono prace nieanglojęzyczne, analizy przypadku, prace przeglądowe i ankietowe, listy do redakcji, badania nieobejmujące tematyki stawu kolanowego, prace na zwierzętach, anatomiczne i radiologiczne badania, abstrakty konferencyjne oraz prace z niekompletnymi lub niejednoznacznymi danymi (poziom dowodu naukowego 5). Ponadto nie brano pod uwagę prac, które nie określały klarownie wskazań. Trzech niezależnych współautorów pracy przeszukało i wyekstrahowało istotne informacje takie jak: rok badania, kraj, rodzaj badania, liczba uczestników, średnia wieku, płeć i wskazania do procedury tenodezy bocznej zewnątrzstawowej.

Wyniki: Prześledzono 1027 artykułów opublikowanych między 1999 a 2023, z których 29 spełniło kryteria włączenia. Łączna liczba uczestników w badaniach wyniosła 4041. Mężczyzn było 2796 (63,5%), a kobiet 1605 (36,5%). Średni wiek badanych był równy 24,4 lat. 21 prac miało charakter retrospektywny, 8 prospektywny. Poziomy dowodu naukowego ujętych prac były następujące: 1 – 4 prace, 3 – 13 prac, 4 – 12 prac. Najwięcej prac przeprowadzono we Włoszech (5), Kanadzie (3), Francji (3) i Hiszpani (3). Na podstawie badań ustalono, że najczęstszymi wskazaniami do LET były: dyscypliny sportowe o wysokim ryzyku uszkodzenia ACL (16 prac), potrzeba naprawy łąkotki (11 prac), test pivot shift stopnia 2 i 3 (11 prac), hipermobilność w skali Beightona ≥ 4 (8 prac) i zabieg rewizyjny rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego (8 prac). Wskazania podzielono na 4 podgrupy w nawiązaniu do oceny klinicznej, aktywności sportowej i zabiegu rewizyjnego, oceny radiologicznej i w zależności grupy wiekowej. W każdej z wymienionych podgrup w wyżej wymienionej kolejności najczęstszymi wskazaniami były: test pivot shift stopnia 2 i 3 (11 prac), dyscypliny sportowe o wysokim ryzyku uszkodzenia ACL (16 prac), objaw Segonda i tyłopochylenie plateau kości piszczelowej $>12^\circ$ (po 3 prace) i nastolatkiem w wieku od 10 do 19 lat (5 prac).

Wnioski: Tenodeza boczna zewnątrzstawowa jest wartościową techniką uzupełniającą rekonstrukcję więzadła krzyżowego przedniego u pacjentów z niestabilnością rotacyjną lub zwiększonym ryzykiem uszkodzenia przeszczepu. Ustalenie dokładnych wskazań do wykonania tej procedury i odpowiednia selekcja pacjentów pozwalają uzyskać lepszą stabilność i długoterminowe wyniki funkcjonalne. Włączenie tenodezy bocznej zewnątrzstawowej do algorytmu leczenia może poprawić skuteczność leczenia uszkodzeń więzadła krzyżowego przedniego, szczególnie u sportowców z towarzyszącymi uszkodzeniami łąkotek i dodatnim testem pivot shift, test stopnia 2 i 3.

7. Wnioski

1. Przedstawiona w badaniu mini-inwazyjna i zmodyfikowana technika operacyjna tenodezy bocznej zewnątrzstawowej z użyciem kotwicy typu „self-punching all-suture” podczas jednoczasowej artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego jest bezpieczną metodą, zmniejszającą ryzyko komplikacji.
2. Zastosowana technika charakteryzuje się mniejszym rozmiarem blizn w porównaniu z klasycznymi technikami operacyjnymi, a kotwica typu „self-punching all-suture” nie wymaga dodatkowych narzędzi chirurgicznych podczas pasma biodrowo-piszczelowego do kości udowej.
3. Opisana metoda operacyjna wiąże się z poprawą wyników klinicznych ocenianych w kwestionariuszach KOOS, IKDC, Lysholm i WOMAC w porównaniu z wynikami przedoperacyjnymi.
4. Badania ultrasonograficzne stanowi użyteczne narzędzie w identyfikacji paska pasma-biodrowo piszczelowego zastosowanego w tenodezie bocznej zewnątrzstawowej podczas jednoczasowej artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego.
5. Ultrasonograficzna identyfikacja paska pasma biodrowo-piszczelowej użytego do tenodezy bocznej zewnątrzstawowej i określenie jego morfologii może służyć jako szybka ocena skuteczności interwencji chirurgicznej.
6. Najczęstszymi wskazaniami do zastosowania tenodezy bocznej zewnątrzstawowej podczas jednoczasowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego są: udział w dyscyplinach sportowych o wysokim ryzyku uszkodzenia ACL, uszkodzenia łąkotek wymagające naprawy oraz pozytywny wynik testu pivot shift, o stopniu 2 lub 3.

8. Streszczenie

Więzadło krzyżowe przednie jest kluczowym elementem stabilizującym staw kolanowy, odpowiedzialnym zarówno za jego stabilność przednio-tylną, jak i rotacyjną. Jego całkowite uszkodzenie prowadzi do niestabilności kolana oraz towarzyszących urazów łąkotek i chrząstki stawowej. Standardem leczenia takich urazów jest artroskopowa rekonstrukcja, najczęściej z wykorzystaniem przeszczepu z mięśni kulszowo-goleniowych. Pomimo skuteczności tej procedury, część pacjentów doznaje urazu przeszczepu więzadła, utrzymującego się uczucia niestabilności i niemożności powrotu do aktywności fizycznej sprzed urazu. Jedną z głównych przyczyn tych niepowodzeń jest niedostateczne odtworzenie stabilności rotacyjnej,

wynikające z braku naprawy struktur kompleksu przednio-bocznego stawu kolanowego, w szczególności więzadła przednio-bocznego. W celu poprawy wyników leczenia, coraz częściej podczas jednoczasowej artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego wykonuje się także rekonstrukcję więzadła przednio-bocznego lub nieanatomiczną tenodezę boczną zewnątrzstawową. Obie procedury mają na celu ograniczenie niestabilności rotacyjnej, a ich efekty biomechaniczne i kliniczne są porównywalne. Zastosowanie tenodezy bocznej zewnątrzstawowej może istotnie zmniejszyć siły działające na przeszczep więzadła krzyżowego przedniego i poprawić jego trwałość. Najczęściej stosowaną metodą tenodezy bocznej zewnątrzstawowej jest modyfikacja techniki Lemaire, polegająca na wypreparowaniu paska z pasma biodrowo-piszczelowego, który przeprowadzany jest pod więzadłem pobocznym strzałkowym i mocowany do kości udowej. Wybór konkretnej techniki zależy od doświadczenia chirurga, ponieważ dostępne metody nie wykazują znaczących różnic w wynikach klinicznych.

Grupę badaną stanowili pacjenci z całkowitym uszkodzeniem więzadła krzyżowego przedniego, z niestabilnością stawu kolanowego i dolegliwościami bólowymi, w wieku od 18 do 64 lat i oczekiwaniami dotyczącymi powrotu do poziomu sprawności sportowej sprzed urazu. U chorych wykonano jednoczasowo pierwotną lub rewizyjną artroskopową rekonstrukcję więzadła krzyżowego przedniego i tenodezę boczną zewnątrzstawową według mini-inwazyjnej, zmodyfikowanej techniki z użyciem kotwicy „self-punching all-suture”. Każdy pacjent został poddany ocenie przed- i pooperacyjnej z wykorzystaniem skal KOOS, IKDC, Lysholm i WOMAC. Ponadto pooperacyjnie wykonano u każdego z nich testy kliniczne Lachmana, McMurray’a, pivot shift, szuflady przedniej i tylnej oraz badanie ultrasonograficzne. Obserwowano również wystąpienie wczesnych komplikacji śród- i pooperacyjnych. Kolejnym krokiem było wykonanie na podstawie 29 prac z 1027 przeanalizowanych, przeglądu systematycznego zgodnie z wytycznymi PRISMA, analizując wskazania do tenodezy bocznej zewnątrzstawowej.

W badaniu wzięło udział 32 pacjentów o średnim wieku 35,7 lat. Płeć męska stanowiła 87,5% grupy badanej. Średni czas obserwacji wyniósł 234,5 dni. U 27 chorych (84,4%) wykonano pierwotną artroskopową rekonstrukcję więzadła krzyżowego przedniego i tenodezy bocznej zewnątrzstawowej, a u 5 (15,6%) rewizyjną. U 20 pacjentów (62,5%) śródoperacyjnie zdiagnozowano dodatkowe uszkodzenia łąkotek oraz u 7 chorych (25%) uszkodzenia chrząstki stawowej o różnym stopniu. W pooperacyjnym badaniu fizykalnym u 4 (12,5%) stwierdzono pozytywny wynik testu „pivot shift” stopnia 1, natomiast u 1 (3,1%) pozytywny test szuflady przedniej stopnia 1. Testy Lachmana, szuflady tylnej i McMurray’a były negatywne. Nie

stwierdzono śródoperacyjnych i wczesnych powikłań pooperacyjnych po zastosowaniu zaprezentowanej techniki tenodezy bocznej zewnątrzstawowej. Ponadto uzyskano poprawę wyników klinicznych w każdym z kwestionariuszy (KOOS, IKDC, Lysholm i WOMAC) w porównaniu z oceną przedoperacyjną. W badaniu ultrasonograficznym pobrany fragment pasma biodrowo-piszczelowego zidentyfikowano u 31 pacjentów (96,9%). Typowa ultrasonograficzna morfologia użytego fragmentu pasma biodrowo-piszczelowego wydaje się być następująca: średnia szerokość 5,0 mm, średnia wysokość 4,6 mm, hiperechogeniczna struktura (87,1%), lokalizacja na poziomie kości udowej (58,1%), brak pasma płynowego wokół (83,9%) i brak aktywnego sygnału Doppler (100%). Ultrasonograficzną cechą, która korelowała negatywnie z wynikami uzyskanymi w KOOS-symptoms było pasmo płynowe wokół pobranego fragmentu pasma biodrowo-piszczelowego ($p=0.011$). Pozostałe cechy nie wykazały istotnych statystycznie zależności. W przeprowadzonym przeglądzie systematycznym zidentyfikowano łącznie we wszystkich pracach 4041 uczestników, a ich średni wiek wyniósł 24,4 lat. 21 prac miało charakter retrospektywny, 8 prospektywny. Poziomy dowodu naukowego ujętych prac były następujące: 1 – 4 prace, 3 – 13 prac, 4 – 12 prac. W rezultacie przeprowadzonej analizy ustalono że, najczęstszymi wskazaniami do tenodezy bocznej zewnątrzstawowej były: dyscypliny o wysokim ryzyku uszkodzenia ACL (16 prac), uszkodzenia łąkotek wymagające naprawy (11 prac), pozytywny test „pivot shift” stopnia 2 i 3 (11 prac).

Przedstawiona w badaniu mini-inwazyjna i zmodyfikowana technika operacyjna tenodezy bocznej zewnątrzstawowej z użyciem kotwicy typu „self-punching all-suture” podczas jednoczasowej artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego jest bezpieczną metodą, zmniejszającą ryzyko komplikacji. Zastosowana technika charakteryzuje się mniejszym rozmiarem blizn w porównaniu z klasycznymi technikami operacyjnymi, a kotwica typu „self-punching all-suture” nie wymaga dodatkowych narzędzi chirurgicznych podczas fiksacji pasma biodrowo-piszczelowego kości udowej. Badanie ultrasonograficzne stanowi użyteczne narzędzie w identyfikacji pasma biodrowo-piszczelowego zastosowanego w tenodezie bocznej zewnątrzstawowej podczas jednoczasowej artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego. Ultrasonograficzna identyfikacja paska pasma biodrowo-piszczelowego użytego do tenodezy bocznej zewnątrzstawowej i określenie jego morfologii może służyć jako szybka ocena skuteczności interwencji chirurgicznej. Najczęstszymi wskazaniami do zastosowania tenodezy bocznej zewnątrzstawowej podczas jednoczasowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego są: udział w dyscyplinach sportowych o wysokim ryzyku uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego, uszkodzenia łąkotek wymagające naprawy oraz pozytywny wynik testu pivot shift stopnia 2 lub 3.

9. Summary

The anterior cruciate ligament is a main stabilizing structure of the knee joint, responsible for both anteroposterior and rotational stability. Its complete rupture leads to knee instability and is often associated with concomitant injuries to the menisci and articular cartilage. The standard treatment for such injuries is arthroscopic reconstruction, most commonly using a hamstring tendon autograft. Despite the effectiveness of this procedure, a group of patients experience graft failure, persistent instability, and an inability to return to pre-injury levels of physical activity. One of the primary causes of these failures is insufficient restoration of rotational stability, often due to damage to the anterolateral complex of the knee, particularly the anterolateral ligament. To improve clinical outcomes, it is increasingly common to perform concurrent reconstruction of the anterolateral ligament or a non-anatomic extra-articular lateral tenodesis during anterior cruciate ligament reconstruction. Both procedures aim to reduce rotational instability and demonstrate comparable biomechanical and clinical outcomes. The use of extra-articular lateral tenodesis may significantly reduce the forces acting on the anterior cruciate ligament graft and enhance its durability. The most frequently employed method of extra-articular lateral tenodesis is the modified Lemaire technique, which involves harvesting a strip of the iliotibial band, passing it under the lateral collateral ligament, and fixing it to the femur. The choice of specific technique depends on the surgeon's experience, as no significant differences in clinical outcomes have been observed among the available methods.

The study population consisted of patients aged 18 to 64 years with a complete anterior cruciate ligament rupture, knee joint instability, and pain, and expectations of returning to pre-injury levels of sports performance. These patients underwent either primary or revision arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction combined with extra-articular lateral tenodesis using a minimally invasive, modified technique with a self-punching all-suture anchor. Each patient underwent pre- and postoperative assessment using the KOOS, IKDC, Lysholm, and WOMAC scales. Additionally, postoperative clinical tests including Lachman, McMurray, pivot shift, anterior and posterior drawer tests, and ultrasound examinations were performed. Intra- and early postoperative complications were also recorded. Subsequently, a systematic review based on 29 out of 1027 analyzed studies was conducted according to PRISMA guidelines to evaluate the indications for extra-articular lateral tenodesis.

The study included 32 patients with a mean age of 35.7 years, 87.5% of whom were male. The mean follow-up duration was 234.5 days. Primary anterior cruciate ligament reconstruction

with extra-articular lateral tenodesis was performed in 27 patients (84.4%), and revision surgery in 5 patients (15.6%). Intraoperatively, additional meniscal injuries were diagnosed in 20 patients (62.5%), and cartilage lesions of varying degrees in 7 patients (25%). Postoperative physical examination revealed a positive grade 1 pivot shift test in 4 patients (12.5%) and a positive grade 1 anterior drawer test in 1 patient (3.1%). Lachman, posterior drawer, and McMurray tests were negative. No intraoperative or early postoperative complications were observed with the applied technique of extra-articular lateral tenodesis. Moreover, clinical scores (KOOS, IKDC, Lysholm, and WOMAC) improved compared to preoperative assessments. Ultrasound examination identified the harvested iliotibial band graft in 31 patients (96.9%). The typical sonographic morphology of the iliotibial band graft was as follows: mean width of 5.0 mm, mean thickness of 4.6 mm, hyperechoic structure (87.1%), level of femoral location (58.1%), absence of surrounding fluid band (83.9%), and absence of Doppler signal (100%). A fluid band surrounding the graft negatively correlated with KOOS-symptoms scores ($p=0.011$). No other morphological features demonstrated statistically significant correlations. The systematic review identified a total of 4041 participants across all included studies, with a mean age of 24.4 years. Twenty-one studies were retrospective and eight prospective. The levels of evidence were as follows: level 1 – 4 studies, level 3 – 13 studies, and level 4 – 12 studies. The most common indications for extra-articular lateral tenodesis were: participation in sports with a high risk of ACL injury (16 studies), meniscal injuries requiring repair (11 studies), and a positive grade 2 or 3 pivot shift test (11 studies).

The minimally invasive, modified extra-articular lateral tenodesis technique using a self-punching all-suture anchor, performed concurrently with arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction, is a safe method that reduces the risk of complications. This technique results in smaller surgical scars compared to traditional methods, and the self-punching all-suture anchor eliminates the need for additional surgical instruments for iliotibial band graft fixation to the femur. Ultrasound imaging is a valuable tool for identifying the iliotibial band graft used in extra-articular lateral tenodesis during simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction. Sonographic identification and morphological assessment of the iliotibial band graft can serve as a quick method for evaluating the effectiveness of the surgical intervention. The most common indications for performing extra-articular lateral tenodesis during simultaneous arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction are: participation in high-risk sports, meniscal injuries requiring repair, and a positive grade 2 or 3 pivot shift test.

10. Bibliografia

1. Markatos K, Kaseta MK, Lalloos SN, Korres DS, Efstathopoulos N (2013) The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 23:747–752
2. Thein R, Hershkovich O, Gordon B, Burstein G, Tenenbaum S, Derazne E, Tzur D, Shamis A, Afek A, Kreiss Y (2016) The Prevalence of Cruciate Ligament and Meniscus Knee Injury in Young Adults and Associations with Gender, Body Mass Index, and Height a Large Cross-Sectional Study. *The Journal of Knee Surgery* 30:565–570
3. Cerulli G, Placella G, Sebastiani E, Tei MM, Speziali A, Manfreda F (2013) ACL Reconstruction: Choosing the Graft. *Joints* 1:18–24
4. Biały M, Kublin K, Brzuszkiewicz-Kuźmicka G, Gnat R (2022) Myofascial and Movement Tests after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Hum Kinet* 83:67–75
5. Montalvo AM, Schneider DK, Webster KE, et al (2019) Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Sport: A Systematic Review and Meta-Analysis of Injury Incidence by Sex and Sport Classification. *J Athl Train* 54:472–482
6. Giordano L, Maffulli N, Carimati G, Morengi E, Volpi P (2023) Increased Time to Surgery After Anterior Cruciate Ligament Tear in Female Patients Results in Greater Risk of Medial Meniscus Tear: A Study of 489 Female Patients. *Arthroscopy* 39:613–622
7. Unay K, Akcal MA, Gokcen B, Akan K, Esenkaya I, Poyanlı O (2014) The relationship between intra-articular meniscal, chondral, and ACL lesions: finding from 1,774 knee arthroscopy patients and evaluation by gender. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 24:1255–1262
8. Itthipanichpong T, Limskul D, Tanpowpong T, Virulsri C, Tangpornprasert P, Kuptniratsaikul S, Thamrongskulsiri N (2024) Higher contact pressure of the lateral tibiofemoral joint in lateral extra-articular tenodesis with tensioned graft in external rotation than in neutral rotation: A biomechanical study. *Journal of ISAKOS* 9:562–567
9. Crawford SN, Waterman MBR, Lubowitz JH (2013) Long-Term Failure of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 29:1566–1571

10. Na B-R, Kwak W-K, Seo H-Y, Seon J-K (2021) Clinical Outcomes of Anterolateral Ligament Reconstruction or Lateral Extra-articular Tenodesis Combined With Primary ACL Reconstruction: A Systematic Review With Meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 9:23259671211023099
11. Getgood A, Moatshe G (2020) Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Medicine and Arthroscopy Review* 28:71
12. Musahl V, Getgood A, Neyret P, et al (2017) Contributions of the anterolateral complex and the anterolateral ligament to rotatory knee stability in the setting of ACL Injury: a roundtable discussion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25:997–1008
13. Faruch Bilfeld M, Cavaignac E, Wytrykowski K, Constans O, Lapègue F, Chiavassa Gandois H, Larbi A, Sans N (2018) Anterolateral ligament injuries in knees with an anterior cruciate ligament tear: Contribution of ultrasonography and MRI. *Eur Radiol* 28:58–65
14. Lee DW, Lee JH, Kim JN, Moon SG, Kim NR, Kim DH, Kim JG (2018) Evaluation of Anterolateral Ligament Injuries and Concomitant Lesions on Magnetic Resonance Imaging After Acute Anterior Cruciate Ligament Rupture. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 34:2398–2406
15. Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J (2013) Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *Journal of Anatomy* 223:321–328
16. Segond P (1879) Recherches cliniques et expérimentales sur les épanchements sanguins du genou par entorse. *Aux Bureaux du Progrès médical*
17. Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, Moschi A (1976) Classification of knee ligament instabilities. Part II. The lateral compartment. *JBJS* 58:173
18. Norwood LAJ, Andrews JR, Meisterling RC, Glancy GL (1979) Acute anterolateral rotatory instability of the knee. *JBJS* 61:704
19. Musahl V, Herbst E, Burnham JM, Fu FH (2018) The Anterolateral Complex and Anterolateral Ligament of the Knee. *JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 26:261
20. Catherine S, Litchfield R, Johnson M, Chronik B, Getgood A (2015) A cadaveric study of the anterolateral ligament: re-introducing the lateral capsular ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23:3186–3195

21. Cerciello S, Batailler C, Darwich N, Neyret P (2018) Extra-Articular Tenodesis in Combination with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: An Overview. *Clinics in Sports Medicine* 37:87–100
22. Parsons EM, Gee AO, Spiekerman C, Cavanagh PR (2015) The Biomechanical Function of the Anterolateral Ligament of the Knee. *Am J Sports Med* 43:669–674
23. Kittl C, El-Daou H, Athwal KK, Gupte CM, Weiler A, Williams A, Amis AA (2016) The Role of the Anterolateral Structures and the ACL in Controlling Laxity of the Intact and ACL-Deficient Knee. *Am J Sports Med* 44:345–354
24. Yamamoto Y, Hsu W-H, Fisk JA, Van Scyoc AH, Miura K, Woo SL-Y (2006) Effect of the iliotibial band on knee biomechanics during a simulated pivot shift test. *Journal of Orthopaedic Research* 24:967–973
25. Tanaka M, Vyas D, Moloney G, Bedi A, Pearle AD, Musahl V (2012) What does it take to have a high-grade pivot shift? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 20:737–742
26. Mariani PP (2011) Posterior horn instability of the medial meniscus a sign of posterior meniscotibial ligament insufficiency. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19:1148–1153
27. Cavaignac E, Ancelin D, Chiron P, Tricoire J-L, Wytrykowski K, Faruch M, Chantalat E (2017) Historical perspective on the “discovery” of the anterolateral ligament of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25:991–996
28. Bosco F, Giustra F, Masoni V, Capella M, Sciannameo V, Camarda L, Massè A, LaPrade RF (2024) Combining an Anterolateral Complex Procedure With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Reduces the Graft Reinjury Rate and Improves Clinical Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Am J Sports Med* 52:2129–2147
29. Devitt BM, Bell SW, Ardern CL, Hartwig T, Porter TJ, Feller JA, Webster KE (2017) The Role of Lateral Extra-articular Tenodesis in Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review With Meta-analysis and Best-Evidence Synthesis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 5:2325967117731767
30. Borque KA, Jones M, Laughlin MS, Balendra G, Willinger L, Pinheiro VH, Williams A (2022) Effect of Lateral Extra-articular Tenodesis on the Rate of Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Elite Athletes. *Am J Sports Med* 50:3487–3492

31. Costa GG, Perelli S, Grassi A, Russo A, Zaffagnini S, Monllau JC (2022) Minimizing the risk of graft failure after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes. A narrative review of the current evidence. *J EXP ORTOP* 9:26
32. El-Azab H, Moursy M, Mohamed MA, Elsayed M (2023) A comparison of the outcomes of anterior curciate ligament reconstruction with large-size graft versus reconstruction with average-size graft combined with extraarticular tenodesis. *Injury* 54:976–982
33. Rezansoff A, Firth AD, Bryant DM (2024) Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Plus Lateral Extra-articular Tenodesis Has a Similar Return-to-Sport Rate to Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Alone but a Lower Failure Rate. *Arthroscopy* 40:384–396
34. Getgood AMJ, Bryant DM, Litchfield R, et al (2020) Lateral Extra-articular Tenodesis Reduces Failure of Hamstring Tendon Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: 2-Year Outcomes From the STABILITY Study Randomized Clinical Trial. *Am J Sports Med* 48:285–297
35. Heard M, Marmura H, Bryant D, et al (2023) No increase in adverse events with lateral extra-articular tenodesis augmentation of anterior cruciate ligament reconstruction – Results from the stability randomized trial. *Journal of ISAKOS* 8:246–254
36. Anderson AF, Snyder RB, Lipscomb AB (1994) Anterior cruciate ligament reconstruction using the semitendinosus and gracilis tendons augmented by the losee iliotibial band tenodesis. A long-term study. *Am J Sports Med* 22:620–626
37. Vadalà AP, Iorio R, Carli A (2013) An extra-articular procedure improves the clinical outcome in anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings in female athletes. *Int Orthop* 37:187–192
38. Ahsan ZS, Berube EE, Frondorf BJ, et al (2024) Role of Lateral Extra-articular Tenodesis in Restraining Internal Tibial Rotation: In Vitro Biomechanical Assessment of Lateral Tissue Engagement. *Am J Sports Med* 52:87–95
39. Jette C, Gutierrez D, Sastre S, Llusa M, Combalia A (2019) Biomechanical comparison of anterolateral ligament anatomical reconstruction with a semi-anatomical lateral extra-articular tenodesis. A cadaveric study. *The Knee* 26:1003–1009
40. Slette EL, Mikula JD, Schon JM, Marchetti DC, Kheir MM, Turnbull TL, LaPrade RF (2016) Biomechanical Results of Lateral Extra-articular Tenodesis Procedures of the Knee: A

Systematic Review. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 32:2592–2611

41. Delaloye J-R, Hartog C, Blatter S, Schläppi M, Müller D, Denzler D, Murar J, Koch PP (2020) Anterolateral Ligament Reconstruction and Modified Lemaire Lateral Extra-Articular Tenodesis Similarly Improve Knee Stability After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Biomechanical Study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 36:1942–1950
42. McAleese T, Murgier J, Cavaignac E, Devitt BM (2024) A review of Marcel Lemaire's original work on lateral extra-articular tenodesis. *Journal of ISAKOS* 9:431–437
43. Declercq J, Schuurmans M, Tack L, Verhelst C, Truijen J (2023) Combined lateral extra-articular tenodesis and anterior cruciate ligament reconstruction: risk of osteoarthritis. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 33:1075–1082
44. Laksana IKM, Aryana IW, Pratistha IRT (2023) Functional Outcomes of ACL Reconstruction with Lateral Extra-articular Tenodesis Using Modified Lemaire Procedure Versus Modified MacIntosh Procedure: A Systematic Review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 11:2325967121S00870
45. Behrendt P, Fahlbusch H, Akoto R, Thürig G, Frings J, Herbst E, Raschke MJ, Frosch K-H, Kittl C, Krause M (2023) Comparison of Onlay Anchor Fixation Versus Transosseous Fixation for Lateral Extra-articular Tenodesis During Revision ACL Reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 11:23259671231166380
46. Muller B, Willinge GJA, Zijl JAC (2021) Minimally Invasive Modified Lemaire Tenodesis. *Arthroscopy Techniques* 10:e29–e36
47. Kittl C, Wagner M, Weiler A (2022) The Modified Lemaire Procedure. *Video Journal of Sports Medicine* 2:26350254211060354
48. Meynard P, Pelet H, Angelliaume A, Legallois Y, Lavignac P, De Bartolo R, Fabre T, Costes S (2020) ACL reconstruction with lateral extra-articular tenodesis using a continuous graft: 10-year outcomes of 50 cases. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 106:929–935
49. Imbert P, Lustig S, Steltzlen C, et al (2017) Midterm results of combined intra- and extra-articular ACL reconstruction compared to historical ACL reconstruction data. *Multicenter*

study of the French Arthroscopy Society. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 103:S215–S221

50. Ibrahim SA-R (1999) Anterior Cruciate Ligament Reconstruction by Combined Intra-Articular (K. Lambert) and Extra-Articular Iliotibial Band Tenodesis (MacIntosh; Autologous Grafts). *Medical Principles and Practice* 8:1–5
51. Eggeling L, Drenck TC, Frings J, Krause M, Korthaus A, Krukenberg A, Frosch K-H, Akoto R (2022) Additional lateral extra-articular tenodesis in revision ACL reconstruction does not influence the outcome of patients with low-grade anterior knee laxity. *Arch Orthop Trauma Surg* 142:291–299
52. Feller JA, Devitt BM, Webster KE, Klemm HJ (2021) Augmentation of Primary ACL Reconstruction With a Modified Ellison Lateral Extra-articular Tenodesis in High-Risk Patients: A Pilot Study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 9:23259671211021351
53. Devitt BM, Bouguennec N, Barfod KW, Porter T, Webster KE, Feller JA (2017) Combined anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis does not result in an increased rate of osteoarthritis: a systematic review and best evidence synthesis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25:1149–1160
54. Inderhaug E, Stephen JM, El-Daou H, Williams A, Amis AA (2017) The Effects of Anterolateral Tenodesis on Tibiofemoral Contact Pressures and Kinematics. *Am J Sports Med* 45:3081–3088
55. Viglietta E, Ponzo A, Monaco E, Iorio R, Drogo P, Andreozzi V, Conteduca F, Ferretti A (2022) ACL Reconstruction Combined With the Arnold-Coker Modification of the MacIntosh Lateral Extra-articular Tenodesis: Long-term Clinical and Radiological Outcomes. *Am J Sports Med* 50:404–414

11. Publikacje będące przedmiotem rozprawy doktorskiej

Functional outcomes of simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis using an all-suture anchor: a modified mini-open technique

Jakub Erdmann¹, Maria Zabrzynska², Przemysław Pękala³, Szymon Nowak¹, Filip Gołębiewski¹, Gazi Huri^{4,5}, Jan Zabrzynski¹

1 Department of Orthopaedics and Traumatology, Faculty of Medicine, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Torun, Bydgoszcz, Poland

2 Department of Family Medicine, Collegium Medicum, Nicolaus Copernicus University in Torun, Toruń, Poland

3 International Evidence-Based Anatomy Working Group, Department of Anatomy, Jagiellonian University Medical College, Kraków, Poland

4 Department of Orthopaedics and Traumatology, Hacettepe University School of Medicine, Ankara, Turkey

5 Department of Orthopaedic and Sports Medicine, Hospital Doha, Doha, Qatar

KEY WORDS

all-suture anchor,
anterior cruciate
ligament
reconstruction, lateral
extra-articular
tenodesis, Lemaire
technique, mini-
invasive

ABSTRACT

INTRODUCTION The anterior cruciate ligament (ACL) rupture frequently leads to instability of the knee joint, which subsequently damages other intra-articular structures. The combination of ACL reconstruction (ACLR) with concurrent lateral extra-articular tenodesis (LET) improves rotational stability and reduces the risk of subsequent ACL rupture. However, there is not much research that specifically outlines LET hardware and surgical methods.

AIM This study aimed to describe and evaluate clinical outcomes of a mini-open modified Lemaire technique using a self-punching all-suture anchor.

MATERIALS AND METHODS In this study, 32 patients underwent primary or revision ACLR combined with LET via the mini-open modified Lemaire technique using a self-punching all-suture anchor. All individuals completed the following pre- and postoperative questionnaires to evaluate their functional performance: the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score, assessing several domains, the International Knee Documentation Committee subjective knee evaluation form, the Lysholm knee scoring scale, and the Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index. Complication rates were also assessed.

RESULTS Each patient's functional score values increased, as compared with preoperative measurements. There were no early post- or intraoperative complications associated with the technique described.

CONCLUSIONS This is the first study that evaluated clinical outcomes, intraoperative, and early postoperative complications of the mini-open modified Lemaire technique using a self-punching all-suture anchor. Our study indicates that this procedure is effective, safe, and associated with better cosmesis than classic LET techniques.

INTRODUCTION In the United States, it is estimated that over 120 000 anterior cruciate ligament (ACL) injuries occur each year, mostly among high school and college-age individuals.¹ ACL rupture may lead to persistent knee instability and the risk of subsequent chondral lesions, meniscal injuries, and early osteoarthritis.² ACL reconstruction (ACLR) is recommended

to mitigate these effects, especially in young, active patients.³ Despite the fact that ACLR successfully decreases anterior tibial translation, 25%–30% of patients experience postoperative rotational instability, and the ACL graft failure rate remains comparatively high (17.1%–18%).^{4,5} Thus, ACLR has been recently combined with lateral extra-articular tenodesis (LET) procedures

Correspondence to:
Jakub Erdmann, MD, Department
of Orthopaedics and Traumatology,
Faculty of Medicine, Collegium
Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus
Copernicus University in
Torun, ul. Jurija Gagarina 11,
85-092 Bydgoszcz, Poland,
phone: +48 52 585 47 20,
email: Erdmann.jakub@gmail.com
Received: February 3, 2025.
Revision accepted: March 12, 2025.
Published online: March 21, 2025.
Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne.
2025; 20 (1): 76-83
doi:10.20452/wiitm.2025.17938
Copyright by the Authors, 2025

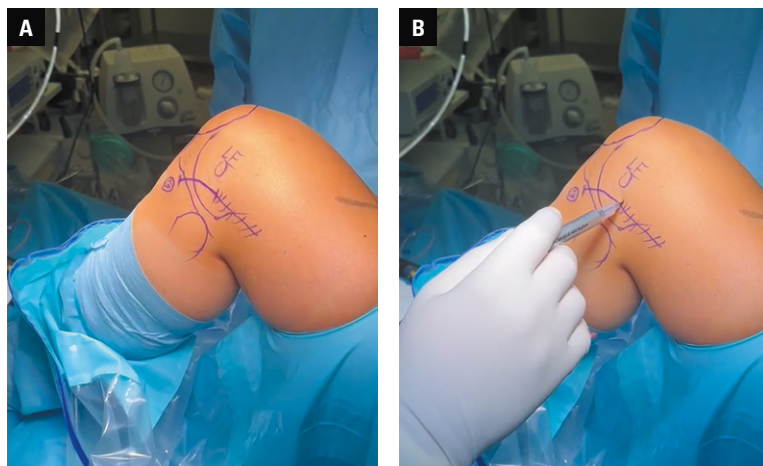


FIGURE 1 Structures such as the lateral epicondyle (LE), fibular head, patella, and Gerdy tubercle were palpated and marked with a marking pen. The surgical incisions of the mini-open (solid line) and classic lateral extra-articular tenodesis (dashed line) were marked.

or anterolateral ligament (ALL) reconstructions that reliably decrease rotational knee instability and reduce the risk of ACL graft failure.^{6,7} It was found that patients after ACLR with concurrent LET/ALL reconstruction are 2-to-4 times less likely to experience graft failure than individuals after isolated ACLR.⁸ According to biomechanical research, LET aids in offloading the ACL graft, which reduces anterior tibial translation in response to rotational forces.⁹

The aforementioned data led to an increase in literature supporting the use of the abovementioned methods during ACLR, especially among patients with high-grade pivot shift, knee laxity, concomitant meniscal lesions, revision ACLR, and in physically active groups.^{8,10} However, these indications are not definitive and remain a subject of debate. The LET technique was first described by Lemaire in 1967.¹¹ Recently, it has garnered increasing interest, which has spurred the development of numerous new surgical techniques.¹² The Lemaire technique and its modified form, as well as the Ellison, MacIntosh, and Arnold-Cocker techniques, rely on the use of autografts or allografts to strengthen the knee's lateral structures.⁹ The majority of them harvest a strip of the iliotibial band (ITB) and pass it under the lateral collateral ligament (LCL), which ultimately improves anterior laxity and tibial internal rotation.¹³ The optimal area of graft implementation and the method of its fixation, including the used device, differ across the techniques. However, the literature comparing clinical outcomes of particular methods is limited. For instance, initial studies do not show significant differences in patient outcomes between the modified Lemaire and MacIntosh procedures.¹⁴ Although there are many surgical techniques describing the implementation of LET, the modified Lemaire procedure seems to be widely favored.¹⁵

AIM The aim of this study was to describe a new mini-open LET approach that uses a self-punching

all-suture anchor. It is an extension of the modified Lemaire technique and is employed in addition to ACLR in a group of selected patients who require greater control over their internal tibial rotation. Moreover, this study also aimed to assess clinical outcomes and complications after the aforementioned procedure.

MATERIAL AND METHODS **General data** This study was conducted at the Department of Orthopaedic Surgery between March 2023 and November 2024, and was approved by the local bioethics committee (KB 347/2023). It was designed as a retrospective study of the short-term outcomes of ACLR with LET using a novel mini-open technique with an all-suture anchor. All participants gave an informed consent before undergoing the procedures.

The present study included 32 patients who underwent primary or revision arthroscopic ACLR with LET, using the modified Lemaire technique. All patients presented with chronic (>3 weeks), post-trauma instability and pain in the affected knee. An ACL tear on noncontrast knee magnetic resonance imaging (MRI) and physical examination (anterior drawer test, pivot shift test, and the Lachman test) were used to preoperatively confirm the instability in each case.

The inclusion criteria comprised a complete ACL tear with symptomatic instability, age of 18 to 64 years, and patient expectations of returning to the preinjury level of sports performance. Patients were excluded if they had undergone a prior surgery on the contralateral knee or presented with an ACL tear without symptomatic instability, a contralateral knee injury, significant malalignment, or a multiligament knee injury, or if their age was below 18 years or greater than or equal to 65 years.

All preoperative evaluations and operations were performed by a senior orthopedic surgeon (JZ) who was experienced in knee arthroscopy and ACLR, and performed LET routinely (more than 50 cases per year).

Similar procedures for the surgical treatment of isolated ACLR and the rehabilitation process are described in a study by Szwedowski et al,¹⁶ whose research team included one of the authors of this publication.

Operative technique The surgery was performed under general or intraspinal anesthesia with the patient placed in the supine position. The affected knee was evaluated to confirm that the observed instability was consistent with ACL insufficiency and MRI findings. The pivot shift test with verification of the excessive internal tibial rotation was carried out in each case. Around the affected leg's thigh, a tourniquet and a leg holder were applied. The knee was placed at 90 degrees of flexion, and structures such as the lateral epicondyle, fibular head, patella, LET approach, and Gerdy tubercle were palpated and

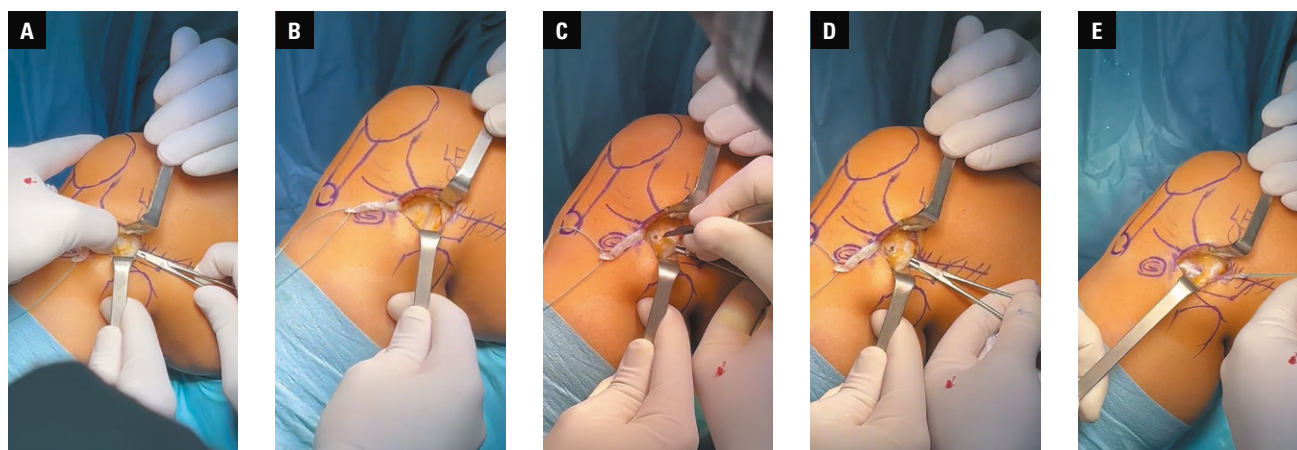


FIGURE 2 Intraoperative images showing the initial stages of lateral extra-articular tenodesis; **A** – placement of a vascular clamp under the lateral collateral ligament (LCL) to prepare a tunnel for the iliotibial band (ITB) passage; **B** – securing of the ITB graft using whip stitches; **C** – performing the anterior entrance to the tunnel underneath the LCL without a 15 surgical blade; **D** – introduction of a vascular clamp further to the exit, in front of the LCL; **E** – passing the ITB graft under the LCL and grasping the stitches with the clamp

marked with a sterile marking pen (FIGURE 1). Standard anterolateral and anteromedial knee portals were used. Diagnostic arthroscopy was performed to evaluate abnormal findings, primarily to confirm a complete ACL rupture. Concomitant lesions, such as medial and lateral meniscal tears, were trimmed to a stable rim. Cartilage lesions were probed, measured, and then graded during surgery according to the Outerbridge classification. Intraoperative findings were collected in a standardized format.

After arthroscopic assessment, which involved confirming a complete ACL tear and addressing additional intra-articular injuries, the ACLR was initiated. The standard ACLR procedure was carried out according to Siebold's guidelines.¹⁷ An autologous 4-strand hamstring graft (semitendinosus and gracilis [STG] tendons) was performed in each primary ACLR, while a bone-tendon-bone (BTB) autograft was applied in each revision ACLR. Since a majority of the participants underwent primary ACLR, the focus was limited to the STG graft procedure. Proximally and medially to the insertion of the pes anserinus, a 3–4 cm oblique incision was made. The STG tendons were identified and the associated fascial bands were meticulously dissected. They were harvested using an open-ended tendon stripper. To obtain better visualization and precise anatomy of the LET, in this method, it is advised to continue with the LET technique and harvest the ITB before these structures become swollen by arthroscopy fluid.

The obtained tendons were prepared to remove any remaining muscle tissue. They were then secured in a looped configuration using the Ethibond Excel polyester suture (Ethicon, Raritan, New Jersey, United States) to create a double-folded graft. Subsequently, the graft was measured with a sizer, and the femoral tunnel was drilled correspondingly to the relevant size. The femoral point of entry was marked

before drilling in compliance with the antero-medial technique and under arthroscopic guidance. Next, the tibial tunnel was drilled in a routine fashion using an ACL elbow guide. When the tunnels were prepared, the Endobutton system (Infinity Femoral Adjustable Loop Button, CONMED, Utica, New York, United States) was loaded with the graft and subsequently pulled through the canals, flipped outside, and anchored to the femoral cortex. The sufficiency of the ACL graft and knee range of motion were checked arthroscopically. With the knee at 30 degrees of flexion and maximum stretch on the distal part of the graft, it was fixated using an interference screw with a diameter corresponding to the previously measured graft size (GENESYS Matryx Interference Screw, CONMED).

Then, the knee was set in the 90-degree flexed position and in neutral rotation. Mini-open LET, based on the modified Lemaire technique, was performed with a reduced 3–4 cm skin incision between the lateral femoral epicondyle and Gerdy tubercle. Dissection was performed to identify and expose the ITB. A 1 cm × 8 cm ITB strip was harvested along the axis of the ITB toward the lateral femoral condyle (FIGURE 2). Distal insertion of the ITB was persevered, while the proximal part of the graft was secured using whip stitches. The anterior and posterior borders of the LCL were isolated, and vascular clamps were passed under the LCL. Afterward, the free end of the ITB strip was slipped under the LCL from the proximal to the distal end. This maneuver is usually done with a vascular clamp or artery forceps. Special care is taken to remain in the central part of the ITB to preserve the Kaplan fibers, which are at a risk of damage if the posterior border of the ITB is incised. It should be noted that this step can be performed right after diagnostic arthroscopy, before harvesting the ACL graft. Prolonged knee arthroscopy may lead to the swelling of the knee joint

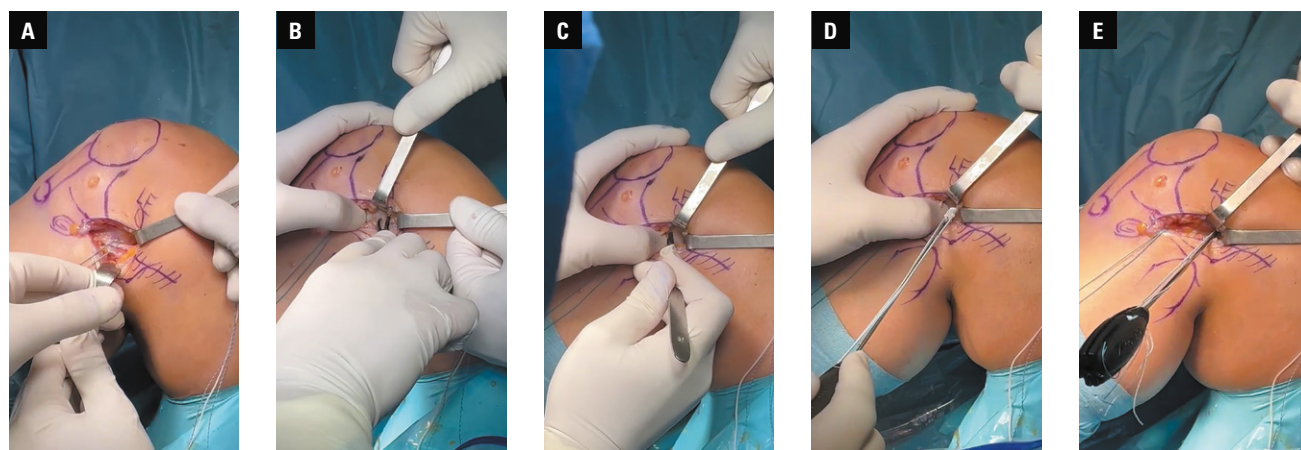


FIGURE 3 Intraoperative images showing the process of preparing soft tissues for anchor implantation; **A–C** – identification of the lateral epicondyle (LE), dissection of the remaining tissue using a vascular clamp without a 15 surgical blade, and exposition of the femoral cortex; **D–F** – placement of the anchor 20–30 degrees from the posterior to the anterior cortex of the femur (axial plane) and 20 degrees from the anterior part of the LE of the femur to the femoral canal (coronal plane) to avoid tunnel convergence

TABLE 1 Comparison of pre- and postoperative functional indicators

Questionnaire	Before surgery	After surgery	P value
KOOS-pain	59.88 (19.26)	80.46 (15.52)	<0.001
KOOS-symptoms	60.59 (23.78)	82.38 (15.72)	<0.001
KOOS-ADL	67.39 (22.74)	90.36 (10.81)	<0.001
KOOS-sport activity	36.95 (27.35)	70.47 (24.96)	<0.001
KOOS-QoL	35.09 (22.09)	61.57 (18.23)	<0.001
IKDC	49.93 (19.59)	72.18 (15.32)	<0.001
Lysholm	49.47 (20.78)	77.31 (18.34)	<0.001
WOMAC	30.19 (20.08)	12.63 (12.08)	<0.001

Data are presented as mean (SD).

Abbreviations: ADL, activities of daily living; IKDC, International Knee Documentation Committee; KOOS, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score; QoL, quality of life; WOMAC, Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index

tissue, which can subsequently complicate tissue dissection and identification of the LCL. The final ITB strip fixation takes place after successful completion of the ACLR.

After passing the ITB strip under the LCL, the lateral epicondyle (LE) was identified. The surrounding soft tissue around the femoral cortex was carefully dissected using vascular clamps, a surgical blade, or a finger. Of note, using finger dissection and palpation is a good method to avoid convergence with the ACLR button. The exact point of anchor was proximal and posterior to the LE (FIGURE 3). Additionally, to prevent tunnel convergence, the anchor was positioned precisely 20–30 degrees from the posterior to the anterior cortex of the femur (axial plane) and 20 degrees from the anterior portion of the lateral condyle of femur (LCF) to the femoral canal (coronal plane). Drilling and locating a pilot hole is not necessary for self-punching all-suture anchors.¹⁸ The ITB strip was whipstitched using both wires that emerged from the suture anchor, and it was then drawn in the direction of the femur cortex. Subsequently, the graft was

fixed to the LCF using a self-punching all-suture anchor (Linvatec Y-Knot RC 2.8 mm, CONMED) at 30 degrees of knee flexion in neutral rotation (FIGURE 3).

During fixation, moderate tension of the ITB strip is sufficient, and maximum tension should be avoided. Knee range of motion should be assessed and cannot be restricted. Before closure, careful hemostasia was performed to minimize the risk of hematoma. In our opinion, the defect in the ITB should be obligatorily closed. The edges of the ITB were approximated using a continuous suture. We believe that suturing of the ITB additionally strengthens the anterolateral capsule. The subcutaneous layer was closed using a single suture (Ethicon). The skin closure is determined by the surgeon's preference, utilizing either staples or standard sutures.

Rehabilitation protocol For every patient, a standard ACL rehabilitation program was followed. It included progressive range-of-motion exercises, an external hinge brace for 6 weeks, and partial weight-bearing with crutches following the treatment when there was no increased discomfort or effusion. The restricted range of motion during the first 3 weeks was between 0 and 90 degrees, and between 90 and 120 degrees in the following 3 weeks. After 3 weeks, complete weight-bearing was permitted, whereas 6 weeks following the surgery, full active range of motion was allowed. Restoring active knee extension and quadriceps activation was addressed in early therapy. Four months postsurgery, if there was no knee effusion and quadriceps strength was deemed sufficient, a progressive return to athletic activities was permitted. This included running on flat terrain and participation in non-pivoting sports. Athletes could return to pivoting noncontact sports approximately 6 months after the procedure, while the return to pivoting full-contact sports was typically allowed 8 to 9

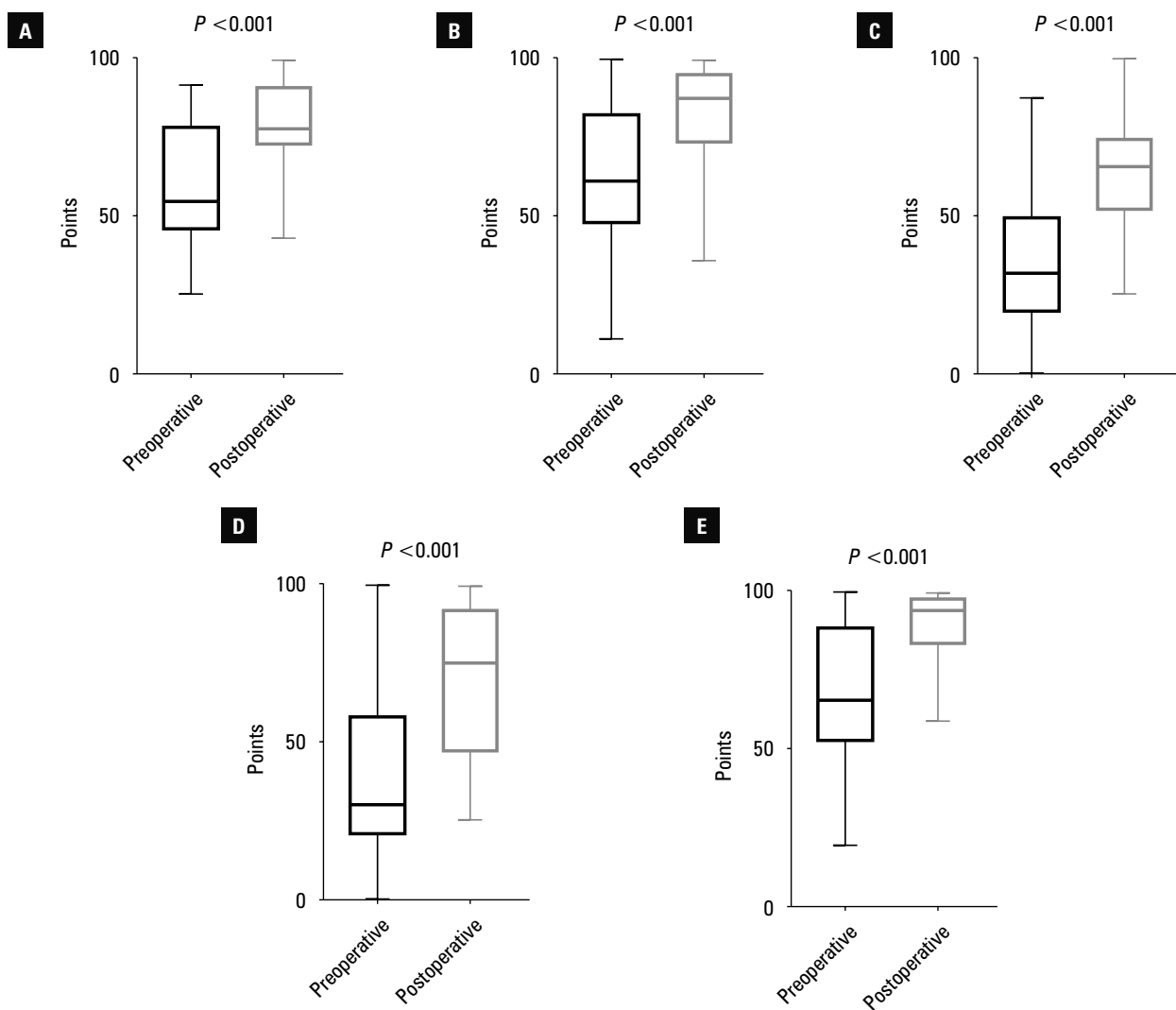


FIGURE 4 Boxplots showing pre- and postoperative Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) values; **A** – KOOS-pain; **B** – KOOS-symptoms; **C** – KOOS-quality of life; **D** – KOOS-sport activity; **E** – KOOS-activities of daily living. Horizontal lines represent the median, boxes represent the interquartile range, and whiskers represent minimal and maximal values.

months postoperation. The rehabilitation protocol was identical to that followed in the case of isolated ACLR.

Follow-up examination All individuals underwent physical examination by 2 independent orthopedic surgeons who work together at the same unit (JZ and JE). The following clinical tests were performed: the Lahman test, the anterior drawer test, the posterior drawer test, the McMurray test, and the pivot shift test. The functional outcomes were measured using several questionnaires: the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), assessing various domains (pain, symptoms, activities of daily living [ADL], sport activity, and quality of life), the International Knee Documentation Committee subjective knee evaluation form (IKDC), the Lysholm knee scoring scale, and the Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC). During the follow-up period, possible intra- and postoperative complications or recurrence of injury were observed.

Statistical analysis Statistical analyses and group comparisons were conducted by 2 independent investigators using the GraphPad Prism software (GraphPad 8.0.1, Dotmatics, Boston, Massachusetts, United States). Nominal variables were described by the frequency of observations. Quantitative data were summarized using descriptive statistics, including mean and SD for normally distributed data, and median and range for data with a non-normal distribution. Visual assessment of histograms was also performed. Their distributions were confirmed using the Shapiro–Wilk test. The values of the questionnaires were compared using the Mann–Whitney test. A P value of less than 0.05 was considered significant.

RESULTS In this study, we analyzed 32 individuals who underwent concomitant ACL and LET procedures. The study population included 4 women (12.5%) and 28 men (87.5%). Their mean (SD) age was 35.7 (12.1) years, ranging from 20 to 63 years. Five patients (15.6%) underwent revision ACL and LET surgery due to failure of the primary

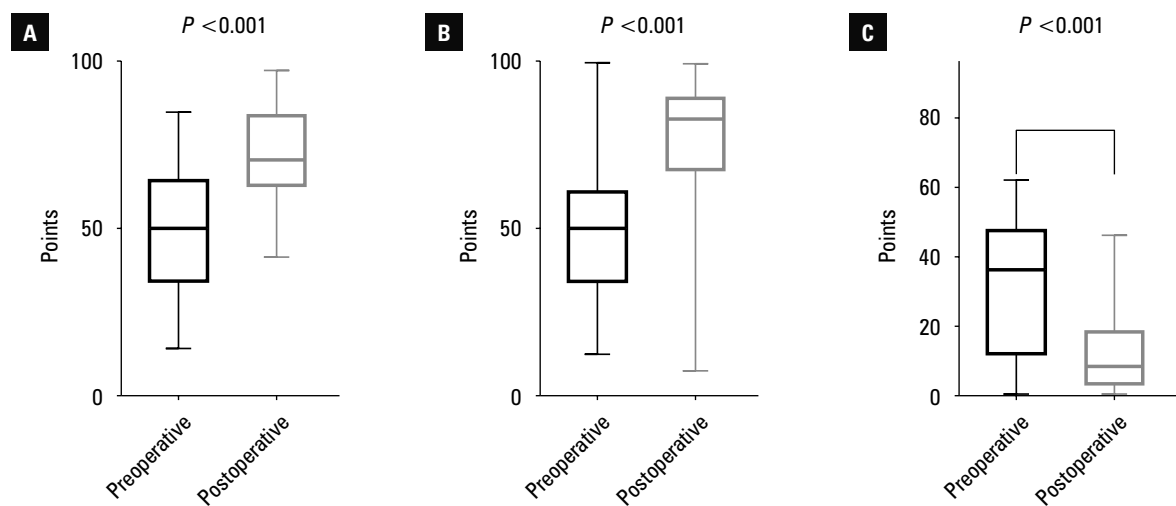


FIGURE 5 Boxplots representing pre- and postoperative scores in functional outcome questionnaires; **A** – International Knee Documentation Committee subjective knee form; **B** – Lysholm knee scoring scale; **C** – Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index. Horizontal lines represent the median, boxes represent the interquartile range, and whiskers represent the minimal and maximal values.

ACLR. Of the 20 patients (62.5%) diagnosed with additional meniscus tears, 15 had medial meniscus injury, 2 had lateral meniscus tears, and 3 had both. These were complex cases. According to the modified Outerbridge classification, grade 2 cartilage lesions were discovered in 7 patients and grade 3 in 1, whereas 26 patients (75%) showed no signs of cartilage damage. Clinical examinations were conducted after a mean (SD) 234.5 (136.3) days following surgery (range, 55–478 days).

All patients had negative results of clinical tests, such as the Lahman, the posterior drawer, and the McMurray tests; however, following surgery, 4 patients (12.5%) had a positive pivot shift test result (grade 1), and 1 patient (3.1%) had a positive anterior drawer test result (grade 1). Nonetheless, individuals with a grade 1 pivot shift or a grade 1 anterior drawer test result did not report any knee joint instability. There were no signs of reinjury or intra- or postoperative complications.

In all cases, the functional score values increased in comparison with the preoperative assessments. Increases in KOOS-pain, KOOS-symptoms, KOOS-ADL, KOOS-sport, IKDC, and the Lysholm scales were significant. Additionally, WOMAC ratings significantly decreased after the surgery, indicating improved function of the afflicted lower limb. The outcomes are presented in **TABLE 1** and **FIGURES 4** and **5**.

DISCUSSION The described novel mini-open technique of LET using a self-punching all-suture anchor was associated with improved clinical outcomes, minimal risk of complications, and smaller scarring, as compared with other LET techniques.

The Lemaire technique was first described in 1967, and it was proposed as a stand-alone surgical treatment for ACL tear. Clinical outcomes were, however, poor. The primary technique

used a 15-cm incision and a 15 cm × 1.5 cm graft. The evolution of the procedure led to a reduction in both the surgical incision length (7–8 cm) and the graft size (7–8 cm × 1 cm).^{19,20} The technique was renamed “modified Lemaire technique” and has since become one of the preferred methods among the LET techniques with concurrent ACLR.^{19,21} However, the method of attaching the ITB strip to the femoral cortex remains a subject of debate, and its fixation depends on the surgeon, who may opt for staplers, interference screws, or anchors. For instance, a study by Behrendt et al²² compared anchor and interference screw fixation of the ITB graft with concomitant revision ACLR, but did not find any significant clinical differences at 12-month follow-up. Our mini-open technique constitutes an extension of the modified Lemaire technique with concurrent ACLR and recommends using a self-punching all-sutures anchor. The fundamentals of this technique are similar to those of the minimally invasive modified Lemaire technique described by Muller et al,¹⁵ but they differ in terms of surgical aspects and the hardware used. However, both involve a 3–4 cm skin incision at the same location.

In our study, the LET procedure did not cause intra- or early postoperative complications. Heard et al²³ observed that while there was no discernible rise in the incidence of other complications over a follow-up period of 2 years, the inclusion of LET during ACLR was linked to a decrease in ACL graft rupture and an increase in hardware irritation rates. They employed the modified Lemaire technique using staples. The complications related to LET were as follows: need to remove LET hardware in 10 patients (3%), 3 intraoperative staple failures (1%), 3 postoperative hematomas over the LET site (<1%), 2 cases of ITB snapping (<1%), and 1 case of over-constrained

lateral compartment (<1%). Eggeling et al²⁴ also described medical adverse events after LET procedure using modified Lemaire technique. They found that 4 out of 23 patients who underwent revision ACLR experienced pain over the LET site 2 years after the procedure. The fixation of the ITB graft was performed using an interference screw attached to a 5-mm tunnel wired 1 cm proximal and posterior to the LE. The low complication rate after LET using the modified Lemaire technique was also reported by Declercq et al.²⁵ The hardware they used was the SwiveLock anchor (Arthrex, Naples, Florida, United States) which required prior drilling of the tunnel. They noticed a single case of hematoma formation at the LET site and a single case of hardware irritation among 42 patients who were reviewed at a mean of 67.7 months. Notably, Behrendt et al²² compared anchor and interference screw fixation of LET during the modified Lemaire technique among 52 patients undergoing revision ACLR. They reported 1 clinical failure in the anchor group without describing the details. The remaining complications typically linked with LET augmentation performed using different techniques (ie, MacIntosh, Cocker–Arnold, Ellison) are local infections associated with LET hardware or sutures, damage to the LCL, and intraoperative rupture of the ITB graft.^{12,26–28}

Furthermore, a cadaveric study by Jaecker et al²⁹ reported that the modified Lemaire technique may lead to tunnel convergence when combined with ACLR. In their research, the ITB strip was attached to a previously prepared 6 mm × 20 mm tunnel using an interference screw. In our study, tunnel convergence was not observed intraoperatively. Our technique seems to minimize the risk of its occurrence, since the self-punching all-suture anchor does not require drilling, and its 2.8-mm footprint provides shallow but solid placement. Apart from the size of the implant used, another reason for the lack of tunnel conflict in our study is that our method recommends drilling the tunnel at a 20–30-degree angle in the axial plane and a 20-degree angle in the coronal plane. The studies on cadavers and humans showed that the drilling angle of at least 30 degrees in the axial plane decreased the risk of tunnel convergence nearly to zero.^{30,31} It is worth noting that hardware irritation (pain or discomfort), a relatively frequent complication in the abovementioned studies which sometimes warrants hardware removal, was not reported among our patients. The anchor used had a low profile that reduced hardware prominence, compared with staples or screws, which might explain the lack of these particular adverse events.

Primary or revision ACLR is a procedure frequently performed among middle-aged patients with chronic pain and knee instability. Indications for additional LET procedures differ among studies and are based on poor-quality evidence. However, Getgood et al³² suggest the following criteria: revision ACLR, high-grade pivot shift,

generalized ligamentous laxity, and young patients participating in pivoting sports. Studies show that ACLR with LET augmentation restores knee function partially or fully, and results in improved postoperative clinical outcomes, as assessed by knee questionnaires (KOOS, IKDC, Lysholm, etc.).³³ The extent of clinical improvement does not differ regardless of the graft used (hamstring, BTB, or quadriceps graft).³⁴ Some studies recorded better functional scores and a higher rate of return to the preinjury sports performance in revision ACLR with LET augmentation, compared with revision ACLR alone, which may explain the abovementioned indications for additional LET procedure in revision ACLR.^{35–38} It is estimated that 63% of patients after a stand-alone ACLR restore their preinjury sports performance level.³⁹ This study also showed a reduction in the severity of symptoms, reflected by higher scores in the KOOS, IKDC, and Lysholm scales, and lower WOMAC scores, regardless of primary or revision ACLR with LET augmentation.

This study has several limitations. There was no control group, and the sample size was relatively small, consisting of the local population with a combination of concomitant knee lesions. Complex injuries affect and complicate the recovery, rehabilitation protocol, and postoperative clinical assessments. However, other studies comprised a comparable number of participants with coexistent injuries. The follow-up period was different among the patients, and the time interval between the surgery and the examination was broad. Finally, all surgeries were performed by a single orthopedic surgeon, which could impact clinical outcomes. On the other hand, they were performed by a well-trained surgeon and instructor.

CONCLUSIONS This is the first study that focused on the description and evaluation of clinical outcomes and complications after LET using the mini-open modified Lemaire technique in conjunction with ACLR. The reported technique using a self-punching all-suture anchor appears to be an effective and safe approach that minimizes the risk of complications. It provides a shorter skin incision, which, compared with other LET techniques, is associated with better esthetics and does not require additional surgical devices and interventions, such as drilling of tunnels.

ARTICLE INFORMATION

ACKNOWLEDGMENTS None.

FUNDING None.

CONTRIBUTION STATEMENT JE, JZ, and SN conducted the formal analysis, and supervised resources and patient evaluations. JZ and FP were responsible for the supervision, funding acquisition, critical revision of the article, and the final approval. JE, MZ, and FP were in charge of the manuscript writing and editing. PP and GH were responsible for the critical revision of the article and the final approval. All authors have read and agreed to the final version of the manuscript.

AI STATEMENT Artificial intelligence was not used to write the article.

CONFLICT OF INTEREST JZ is a consultant for CONMED Linvatec. Other authors declare no conflict of interest.

OPEN ACCESS This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0),

allowing anyone to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material, including commercial purposes, provided the original work is properly cited.

HOW TO CITE Erdmann J, Zabrzńska M, Pękała P, et al. Functional outcomes of simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis using an all-suture anchor: a modified mini-open technique. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*. 2025; 20: 76-83. doi:10.20452/wiitm.2025.17938

REFERENCES

- 1 Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and diagnosis of anterior cruciate ligament injuries. *Clin Sports Med*. 2017; 36: 1-8. [↗](#)
- 2 Buller LT, Best MJ, Baraga MG, et al. Trends in anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Orthop J Sports Med*. 2015; 3: 2325967114563664. [↗](#)
- 3 Irrarázaval S, Kurosaka M, Cohen M, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction. *J ISAKOS*. 2016; 1: 38-52. [↗](#)
- 4 Magnussen RA, Reinke EK, Huston LJ, et al. Effect of high-grade preoperative knee laxity on anterior cruciate ligament reconstruction outcomes. *Am J Sports Med*. 2016; 44: 3077-082. [↗](#)
- 5 Na B-R, Kwak W-K, Seo H-Y, et al. Clinical outcomes of anterolateral ligament reconstruction or lateral extra-articular tenodesis combined with primary ACL reconstruction: a systematic review with meta-analysis. *Orthop J Sports Med*. 2021; 9: 23259671211023099. [↗](#)
- 6 Firth AD, Bryant DM, Litchfield R, et al. Predictors of graft failure in young active patients undergoing hamstring autograft anterior cruciate ligament reconstruction with or without a lateral extra-articular tenodesis: the stability experience. *Am J Sports Med*. 2022; 50: 384-395. [↗](#)
- 7 Borque KA, Jones M, Laughlin MS, et al. Effect of lateral extra-articular tenodesis on the rate of revision anterior cruciate ligament reconstruction in elite athletes. *Am J Sports Med*. 2022; 50: 3487-3492. [↗](#)
- 8 Costa GG, Perelli S, Grassi A, et al. Minimizing the risk of graft failure after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes. A narrative review of the current evidence. *J Exp Orthop*. 2022; 9: 26. [↗](#)
- 9 Slette EL, Mikula JD, Schon JM, et al. Biomechanical results of lateral extra-articular tenodesis procedures of the knee: a systematic review. *Arthroscopy*. 2016; 32: 2592-2611. [↗](#)
- 10 Getgood A, Moatshe G. Lateral extra-articular tenodesis in anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2020; 28: 71. [↗](#)
- 11 Lemaire M. Chronic anterior cruciate ligament ruptures of the knee [in French]. *J Chir*. 1967; 933: 311-320. [↗](#)
- 12 Feller JA, Devitt BM, Webster KE, et al. Augmentation of primary ACL reconstruction with a modified ellison lateral extra-articular tenodesis in high-risk patients: a pilot study. *Orthop J Sports Med*. 2021; 9: 23259671211021351. [↗](#)
- 13 Dodds AL, Gupta CM, Neyret P, et al. Extra-articular techniques in anterior cruciate ligament reconstruction: a literature review. *J Bone Joint Surg Br*. 2011; 93: 1440-1448. [↗](#)
- 14 Laksana IKM, Aryana IW, Pratistha IRT. Functional outcomes of ACL reconstruction with lateral extra-articular tenodesis using modified Lemaire Procedure versus modified MacIntosh procedure: a systematic review. *Orthop J Sports Med*. 2023; 11: 23259671211020870. [↗](#)
- 15 Muller B, Willinge GJA, Zijl JAC. Minimally invasive modified Lemaire tenodesis. *Arthrosc Tech*. 2021; 10: e29-e36. [↗](#)
- 16 Szwedowski D, Paczesny Ł, Zabrzński J, et al. The comparison of clinical result between primary repair of the anterior cruciate ligament with additional internal bracing and anatomic single bundle reconstruction—a retrospective study. *J Clin Med*. 2021; 10: 3948. [↗](#)
- 17 Sonnery-Cottet B, Colombet P, Siebold R, et al. Surgical technique. In: Siebold R, Dejour D, Zaffagnini S (eds). *Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Practical Surgical Guide*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2014: 89-98. [↗](#)
- 18 Y-Knot PRO RC Self-Punching All-Suture Anchor. CONMED. <https://www.conmed.com/en/products/implants-and-suture-anchors/knot-tying-suture-anchors/y-knot-rc-self-punching-all-suture-anchor>. Accessed December 22, 2024. [↗](#)
- 19 McAleese T, Murgier J, Cavaignac E, et al. A review of Marcel Lemaire's original work on lateral extra-articular tenodesis. *J ISAKOS*. 2024; 9: 431-437. [↗](#)
- 20 Christel P, Djian P. Anterior-lateral extra-articular tenodesis of the knee using a short strip of fascia lata [in French]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2002; 88: 508-513. [↗](#)
- 21 Jesani S, Getgood A. Modified Lemaire lateral extra-articular tenodesis augmentation of anterior cruciate ligament reconstruction. *JBJS Essent Surg Tech*. 2019; 9: e41. [↗](#)
- 22 Behrendt P, Fahlbusch H, Akoto R, et al. Comparison of onlay anchor fixation versus transosseous fixation for lateral extra-articular tenodesis during revision ACL reconstruction. *Orthop J Sports Med*. 2023; 11: 23259671231166380. [↗](#)
- 23 Heard M, Marmura H, Bryant D, et al. No increase in adverse events with lateral extra-articular tenodesis augmentation of anterior cruciate ligament reconstruction – results from the stability randomized trial. *J ISAKOS*. 2023; 8: 246-254. [↗](#)
- 24 Eggeling L, Drenck TC, Frings J, et al. Additional lateral extra-articular tenodesis in revision ACL reconstruction does not influence the outcome of patients with low-grade anterior knee laxity. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022; 142: 291-299. [↗](#)
- 25 Declercq J, Schuurmans M, Tack L, et al. Combined lateral extra-articular tenodesis and anterior cruciate ligament reconstruction: risk of osteoarthritis. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2023; 33: 1075-082. [↗](#)
- 26 Meynard P, Pelet H, Angelliaume A, et al. ACL reconstruction with lateral extra-articular tenodesis using a continuous graft: 10-year outcomes of 50 cases. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020; 106: 929-935. [↗](#)
- 27 Imbert P, Lustig S, Steltzen C, et al. Midterm results of combined intra- and extra-articular ACL reconstruction compared to historical ACL reconstruction data. Multicenter study of the French Arthroscopy Society. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017; 103: S215-S221. [↗](#)
- 28 Ibrahim SA-R. Anterior cruciate ligament reconstruction by combined intra-articular (K. Lambert) and extra-articular iliotibial band tenodesis (MacIntosh; autologous grafts). *Med Princ Pract*. 1999; 8: 1-5. [↗](#)
- 29 Jaecker V, Ibe P, Endler CH, et al. High risk of tunnel convergence in combined anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis. *Am J Sports Med*. 2019; 47: 2110-2115. [↗](#)
- 30 Zhu M, Han Lee DY, Williams A. Safe femoral fixation depth and orientation for lateral extra-articular tenodesis in anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop J Sports Med*. 2021; 9: 2325967120976591. [↗](#)
- 31 Perelli S, Costa GG, Terron VM. Combined anterior cruciate ligament reconstruction and modified lemaire lateral extra-articular tenodesis better restores knee stability and reduces failure rates than isolated anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature patients. *Am J Sports Med*. 2022; 50: 3778-3785. [↗](#)
- 32 Getgood AMJ, Bryant DM, Litchfield R, et al. Lateral extra-articular tenodesis reduces failure of hamstring tendon autograft anterior cruciate ligament reconstruction: 2-year outcomes from the STABILITY study randomized clinical trial. *Am J Sports Med*. 2020; 48: 285-297. [↗](#)
- 33 Rayes J, Quanezar H, Haidar IM, et al. Revision anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone graft combined with modified Lemaire technique versus hamstring graft combined with antero-lateral ligament reconstruction: a clinical comparative matched study with a mean follow-up of 5 years from the SANTI study group. *Am J Sports Med*. 2022; 50: 395-403. [↗](#)
- 34 Jacquet C, Pioger C, Seil R, et al. Incidence and risk factors for residual high-grade pivot shift after ACL reconstruction with or without a lateral extra-articular tenodesis. *Orthop J Sports Med*. 2021; 9: 23259671211003590. [↗](#)
- 35 Vivacqua TA, Winkler PW, Lucidi GA, et al. Lateral extra-articular tenodesis does not decrease graft failure in revision anterior cruciate ligament reconstruction when combined with quadriceps or patellar tendon grafts. *Arthroscopy*. 2024; 40: 2601-2609. [↗](#)
- 36 Alm L, Drenck TC, Frosch K-H, et al. Lateral extra-articular tenodesis in patients with revision anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction and high-grade anterior knee instability. *Knee*. 2020; 27: 1451-1457. [↗](#)
- 37 Keizer MNJ, Brouwer RW, de Graaff F, et al. Higher return to pre-injury type of sports after revision anterior ligament reconstruction with lateral extra-articular tenodesis compared to without lateral extra-articular tenodesis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2023; 31: 1699-1703. [↗](#)
- 38 Boksh K, Sheikh N, Chong HH, et al. The role of anterolateral ligament reconstruction or lateral extra-articular tenodesis for revision anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis of comparative clinical studies. *Am J Sports Med*. 2024; 52: 269-285. [↗](#)
- 39 Biały M, Kublin K, Wilczyński B, et al. Does concomitant meniscectomy or meniscus repair affect muscle strength, lower extremity balance, and functional tests after anterior cruciate ligament reconstruction? *J Clin Med*. 2024; 13: 3310. [↗](#)

Article

A Sonographic Examination of the Iliotibial Band Strip Used in the Mini-Open Modified Lemaire Lateral Extra-Articular Tenodesis in Patients with Primary and Revision ACL Reconstruction—A Pilot Study

Jakub Erdmann ^{1,*} , Przemysław Pękala ² and Jan Zabrzyński ¹ 

¹ Department of Orthopaedics and Traumatology, Faculty of Medicine, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń, 85-092 Bydgoszcz, Poland; zabrzynski@gmail.com

² International Evidence-Based Anatomy Working Group, Department of Anatomy, Jagiellonian University Medical College, 31-008 Krakow, Poland; pekala.pa@gmail.com

* Correspondence: erdmann.jakub@gmail.com

Abstract: Anterior cruciate ligament reconstruction with concurrent lateral extra-articular tenodesis enhances rotational stability. However, not many studies describe radiological features following the abovementioned procedure. The purpose of this study was to evaluate the visibility and describe the sonographic morphology of the iliotibial band strip harvested during the modified Lemaire technique and to establish a correlation between these findings and clinical outcomes. Thirty-two consecutive patients underwent primary or revision anterior cruciate ligament reconstruction with the addition of lateral extra-articular tenodesis by the mini-open modified Lemaire technique. All individuals completed the following preoperative and postoperative questionnaires: the KOOS-pain, KOOS-symptoms, KOOS-ADL, KOOS-sport, KOOS-quality, IKDC, Lysholm, and WOMAC. Each patient underwent a postoperative ultrasound examination to evaluate the lateral extra-articular procedure, especially the harvested iliotibial band strip. The most common ultrasound findings of the iliotibial band strip were its hyperechoic appearance (87.1%), location at the level of the femur (58.1%), no surrounding effusion (83.9%), and no power Doppler signal (100%). Effusion seen in sonographic images was correlated with KOOS-symptoms postoperative scores ($p = 0.0115$). However, there were no correlations between other iliotibial band strip sonographic features and clinical outcomes. The functional score value increased in each patient compared to preoperative measurements. This is the first study that evaluated the sonographic features of the iliotibial band strip after the lateral extra-articular procedure by the mini-open modified Lemaire technique. Our study indicates that ultrasonography is a useful tool in identifying the iliotibial band strip after the mentioned procedure. Effusion observed around the strip on ultrasound was significantly associated with worse KOOS-symptoms scores, suggesting potential clinical relevance.

Keywords: lateral extra-articular tenodesis; Lemaire; anterior cruciate ligament reconstruction; iliotibial band strip; ultrasonography



Academic Editor: Claudio Belvedere

Received: 3 March 2025

Revised: 18 April 2025

Accepted: 22 April 2025

Published: 24 April 2025

Citation: Erdmann, J.; Pękala, P.; Zabrzyński, J. A Sonographic Examination of the Iliotibial Band Strip Used in the Mini-Open Modified Lemaire Lateral Extra-Articular Tenodesis in Patients with Primary and Revision ACL Reconstruction—A Pilot Study. *Appl. Sci.* **2025**, *15*, 4702. <https://doi.org/10.3390/app15094702>

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The knee is the second most frequently injured body site among high school athletes, and anterior cruciate ligament (ACL) tears constitute over 50% of all knee injuries [1,2]. ACL tears affect 68.6 per 100,000 individuals annually, and 125,000–200,000 ACL reconstructions (ACLRs) are performed yearly in the United States [3]. Although the annual cost

of ACLR in the U.S. is approximately one billion dollars, it appears to be a cost-effective procedure compared to conservative treatment [1,4]. ACLR restores the knee's native biomechanics and increases both anteroposterior and rotational stability. Moreover, this procedure also addresses concomitant intra-articular lesions, such as meniscal tears and chondral lesions [5–7]. Although the long-term clinical outcomes of standard intra-articular ACLR techniques have been proven to reliably reduce knee instability, these techniques do not fully restore the anterolateral rotational stability of the knee joint [8–10]. The reason behind rotatory knee laxity is that ACL injury often results in damage to the anterolateral knee structures (including the anterolateral ligament [ALL]) [11]. The integration of lateral extra-articular tenodesis (LET) with ACLR enhances the anterolateral complex of the knee, prevents persistent postoperative rotational instability, and reduces the risk of graft failure [12,13]. Several studies have reported that LET biomechanically aids in shifting the load from the ACL graft, which subsequently decreases excess anterior tibial translation and rotation [12–16]. Despite the abundant body of work on ACL identification in magnetic resonance imaging (MRI) and ultrasonography, the literature does not provide much information on postoperative ultrasound findings of the iliotibial band (ITB) strip that is harvested during the modified Lemaire technique [17]. Ultrasonography is a non-invasive and cost-effective tool that allows assessment of soft tissue structures, making it particularly suitable for evaluating the ITB strip. The primary objective of this study was to determine the detectability of the ITB strip using ultrasound imaging and to describe its postoperative sonographic appearance in patients undergoing combined ACLR and LET by the modified Lemaire technique. Secondary aims included identifying any correlation between sonographic findings of the ITB strip and clinical outcomes. A better understanding of this subject creates potential opportunities to improve currently used therapeutic algorithms.

2. Materials and Methods

2.1. General Data

This study received approval from the local bioethics committee and all participants gave informed consent before undergoing any study procedures (KB 347/2023). Clinical participants consisted of 32 patients who underwent either primary or revision ACLR with concomitant LET using the mini-open modified Lemaire technique. All patients presented with chronic knee instability and pain. Preoperative confirmation of instability was based on physical examination, as well as the identification of ACL tears or retears on non-contrast knee MRIs.

Inclusion criteria were as follows: a complete novel ACL injury or ACL graft injury with symptomatic instability, age 18–64 years, and patients' expectations of returning to their pre-injury level of physical activity is a separate criteria; it should be "patients' expectations of returning to their pre-injury level of physical activity, general health condition according to the American Society of Anesthesiologists (ASA) Physical Status Classification System $\leq$ III. Exclusion criteria were as follows: an ACL tear without symptomatic instability, significant malalignment, prior surgery to the contralateral knee, contralateral knee injury, an ASA classification $\geq$ IV, and age $<$ 18 years or $\geq$ 65 years.

2.2. Operative Technique

All patients underwent ACLR with concomitant LET using the mini-open modified Lemaire technique. Arthroscopy was performed to evaluate additional injuries and confirm ACL tears. The standard ACLR technique was performed after arthroscopic evaluation of the knee joint. An autologous 4-strand hamstring graft (semitendinosus and gracilis tendons) was performed in primary ACLR, while a bone–patellar tendon–bone graft (BTB) was performed in revision ACLR. Both grafts were harvested using standard techniques.

LET, based on the mini-open modified Lemaire technique, was performed with a 4–5 cm skin incision between the lateral femoral epicondyle and Gerdy tubercle. The ITB was identified and a 1 cm wide $\times$ 8 cm long strip was harvested. Distal insertion of the ITB was preserved, while the proximal part of the graft was slipped under the LCL. Subsequently, the ITB strip was fixed slightly proximally and posteriorly to the lateral epicondyle of the femur using a self-punching anchor under moderate tension.

All patients participated in the same standardized postoperative rehabilitation protocol and were provided with external hinge braces for 6 weeks.

2.3. Follow-Up Examination

Patients were asked preoperatively to complete demographic information and the following questionnaires: the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score pain subscale (KOOS-pain), symptoms subscale (KOOS-symptoms), function in daily living subscale (KOOS-ADL), function in sport and recreation subscale (KOOS-sport), and knee-related Quality of Life subscale (KOOS-quality); the International Knee Documentation Committee subjective knee evaluation form (IKDC); the Lysholm knee scoring scale (Lysholm); and the Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC). With a minimum follow-up of 55 days, all patients came back to our department and postoperative KOOS-pain, KOOS-symptoms, KOOS-ADL, KOOS-sport, KOOS-quality, IKDC, Lysholm, and WOMAC questionnaires were administered. Each KOOS subscale and the IKDC and Lysholm scales calculate and grade an overall score from 0 to 100 based on the answered questions. Higher scores indicate better function and fewer symptoms. Conversely, higher scores (from 0 to 96) on the WOMAC indicate functional limitations, worse pain, and stiffness. Subsequently, all patients underwent ultrasound examination performed by 2 orthopaedic surgeons experienced in musculoskeletal sonography (Esaote My Lab X5) using a 4–15 MHz linear transducer. The examiners were blinded to any previous imaging data. The protocol of the sonographic examination was as follows: a supine position, the knee in 90° of flexion, a linear transducer placed over the lateral knee in a coronal oblique plane, the location of the lateral collateral ligament (LCL) extending from the femur to the fibula in its long axis, and identification of the ITB strip in its short axis as a rounded structure below the LCL. The visible scar on the skin after lateral extra-articular tenodesis and characteristic bone landmarks, such as the lateral condyle of the femur, Gerdy's tubercle, and the fibular head, assisted in ITB identification. During examination, the following sonographic parameters were documented: measurements of width and height, colour Doppler assessment of the ITB strip, ITB strip echogenicity, the presence of effusion around the ITB strip, and the location of the ITB strip according to designated zones. Throughout the follow-up, intraoperative and postoperative complications and reinjury were documented.

2.4. Statistical Analysis

Statistical calculations were performed in GraphPad, Prism software (GraphPad 8.0.1 Software, Dotmatics, UK). The normality of distribution was verified using the Shapiro–Wilk test. Effusion and echogenicity were analysed using the Mann–Whitney test, LET strip location by the Kruskal–Wallis test, and width and height using Spearman's correlation analysis (two-tailed). Qualitative variables were characterized by the number of observations and their structures. For numerical variables, i.e., mean and standard deviation, median and range were calculated depending on the type of distribution. The level of statistical significance was less than 0.05.

3. Results

A total of 32 patients were included in this study; 28 individuals (87.5%) were males and 4 were females (12.5%). The mean age in the studied group was 35.7 ± 12.1 years (range 20–63). A total of 27 patients (84.4%) underwent primary ACLR and LET surgery, while 5 patients (15.6%) had revision ACL and LET. Ultrasound examination was performed an average 234.5 ± 136.3 days (range 55–478) after surgery.

The ITB strip was seen in 31 individuals (96.9%). In one patient it was impossible to localize the graft using ultrasounds. On ultrasonography, effusion around the LET strip was present in five patients (16.1%). Regarding echogenicity, the hyperechoic LET strip was present in 27 (87.1%) patients, and the hypoechoic ITB strip in 4 (12.9%). Measurements in ultrasounds revealed that the average width of ITB strips was 5.0 ± 1.6 mm, while their height was $4.6 \text{ mm} \pm 1.2$ mm. Localization of ITB strips was as follows: 18 LET strips (58.1%) were localized at the level of the femur, 11 (35.5%) were between the femur and the tibia, and 2 (6.5%) were at the level of the tibia. The vascularization ITB strip was not present using power Doppler sonography; the signal was negative. A schematic illustration depicting the ITB strip is presented in Figure 1, while particular sonographic features are presented in Figure 2. Ultrasound images of ITB strips in Figure 2 were obtained from different patients showing their normal sonographic appearance and potential pathologies. It is important to note that the sonographic appearance of the ITB strip may differ depending on the level and orientation of the scan and the device used. These factors may influence the ITB strip echotexture and the visibility of surrounding structures. Demographic data and sonographic features are shown in Table 1.

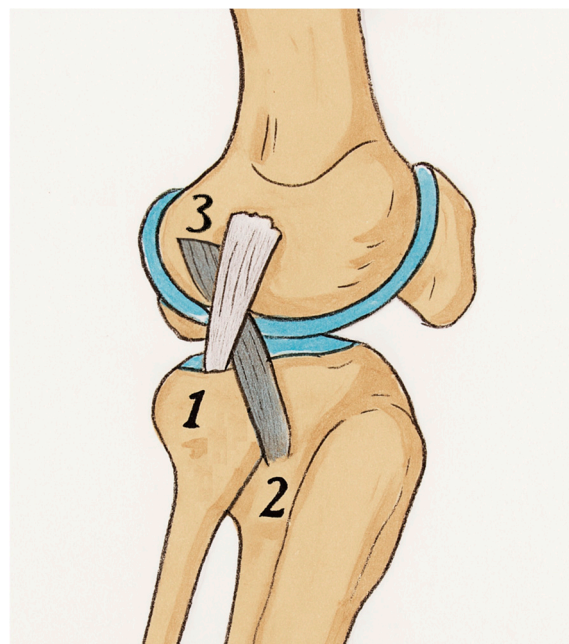


Figure 1. Illustration showing the harvested ITB strip (grey strip) passed under the LCL (white strip) following the modified Lemaire technique. 1—lateral collateral ligament, 2—Gerdy’s tubercle (the point of insertion for the ITB), 3—attachment site of the proximal fragment of the harvested graft that should be located proximally and posteriorly to the lateral epicondyle of the femur.

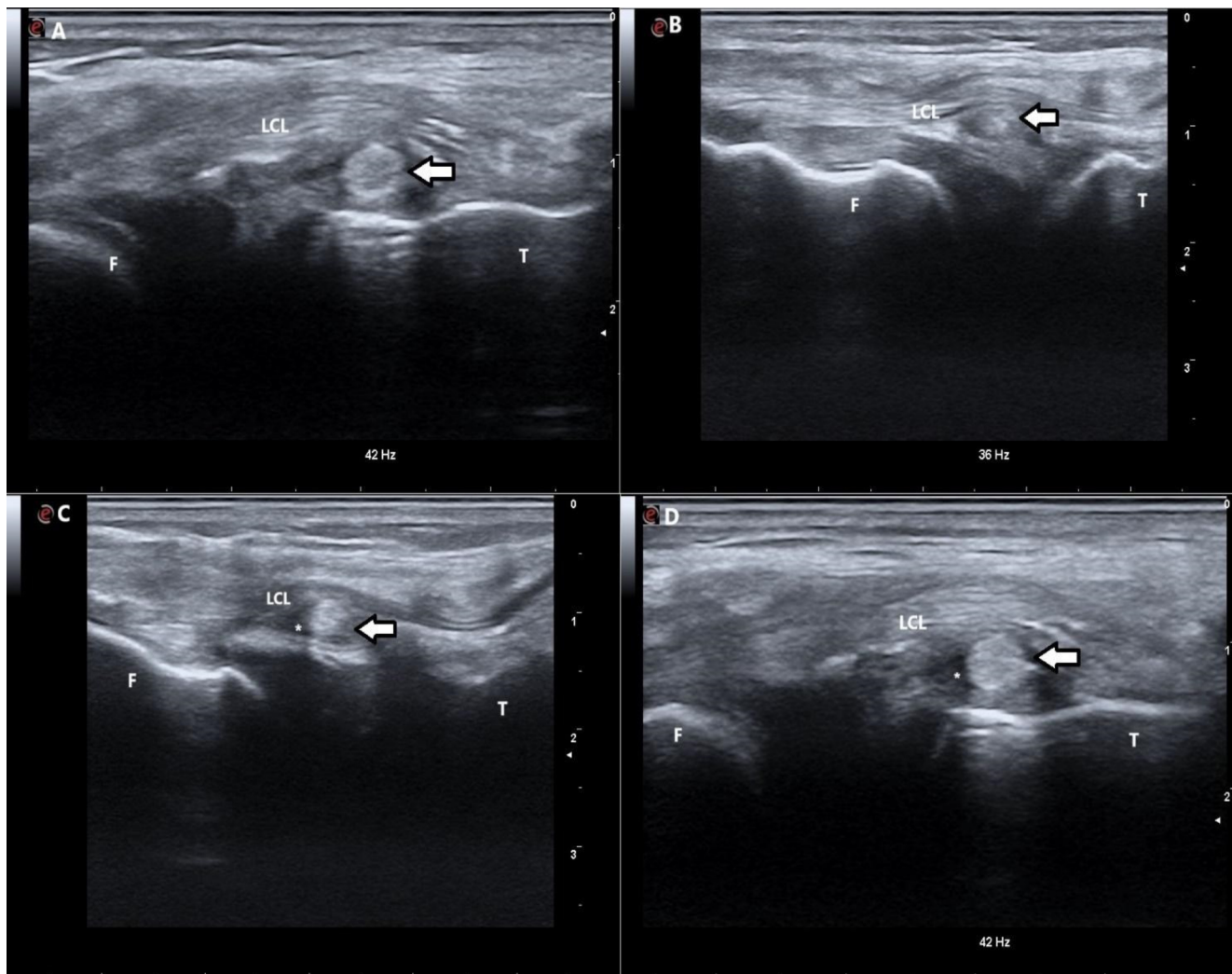


Figure 2. Sonographic pictures of ITB strips obtained from different patients showing their normal sonographic appearance and potential pathologies. (A) Ultrasonographic short-axis scan of the iliotibial band (ITB) strip (arrow) located at the level of the tibia. The ITB strip is hyperechoic. (B) Ultrasonographic short-axis scan of the iliotibial band (ITB) strip (arrow) located between the femur and the tibia. The echogenicity of the ITB strip is slightly altered with centres of significantly decreased echogenicity. (C) Ultrasonographic short-axis scan of the iliotibial band (ITB) strip (arrow) located between the femur and the tibia. The ITB strip is hyperechoic with the surrounding hypoechoic area, suggesting the presence of fluid (*). (D) Ultrasonographic short-axis scan of the iliotibial band (ITB) strip (arrow) located at the level of the tibia. The ITB strip is hyperechoic with the surrounding hypoechoic area, suggesting the presence of fluid (*). F—femur; T—tibia; LCL—lateral collateral ligament; *—presence of fluid.

Table 1. Patient demographics and sonographic features.

General	
Sex, n males (%)	28 (87.5)
Age, years (mean $\pm$ SD)	35.7 $\pm$ 12.1
Limb side, right (%)	19 (59.4)
Primary ACLR (%)	27 (84.4)
Revision ACLR (%)	5 (15.6)
Postoperative evaluation, days (mean $\pm$ SD)	234.5 $\pm$ 136.3
Sonographic features of ITB strips	
Visibility (%)	31 (96.9)
Width, mm (mean $\pm$ SD)	5.0 $\pm$ 1.6
Height, mm (mean $\pm$ SD)	4.6 $\pm$ 1.2
Hyperechogenicity (%)	27 (87.1)
Effusion (%)	5 (16.1)
Power Doppler signal (%)	0 (0)
Location at the level of the femur (%)	18 (58.1)
Location at the level of the tibia (%)	2 (6.5)
Location between the femur and the tibia (%)	11 (35.5)

Functional score values increased in each case compared to pre-operative measurements. There were statistically significant increases in KOOS-pain, KOOS-symptoms, KOOS-ADL, KOOS-sport, KOOS-quality, IKDC, and Lysholm scores. WOMAC scores decreased postoperatively and were also statistically significant, which indicates improved clinical results. Outcome scores are presented in Table 2. The negative correlation between the postoperative KOOS-symptoms score and effusion around the ITB strip was noticed and is presented in Figure 3. However, KOOS-pain, KOOS-ADL, KOOS-sport, KOOS-quality, IKDC, Lysholm, and WOMAC scores were not correlated.

Table 2. Preoperative and postoperative clinical outcomes comparison.

	Before Surgery		After Surgery		p-Value
	Mean	Standard Deviation	Mean	Standard Deviation	
KOOS-pain	59.88	19.26	80.46	15.52	<0.0001
KOOS-symptoms	60.59	23.78	82.38	15.72	<0.0001
KOOS-ADL	67.39	22.74	90.36	10.81	<0.0001
KOOS-sport	36.95	27.35	70.47	24.96	<0.0001
KOOS-quality	35.09	22.09	61.57	18.23	<0.0001
IKDC	49.93	19.59	72.18	15.32	<0.0001
Lysholm	49.47	20.78	77.31	18.34	<0.0001
WOMAC	30.19	20.08	12.63	12.08	0.0002

Correlations of ultrasound features of ITB strips (such as width and height) and clinical outcomes assessed using scales are summarized in Tables 3–5. There were no correlations between clinical outcomes and the ITB strips' width, height, echogenicity, or location.

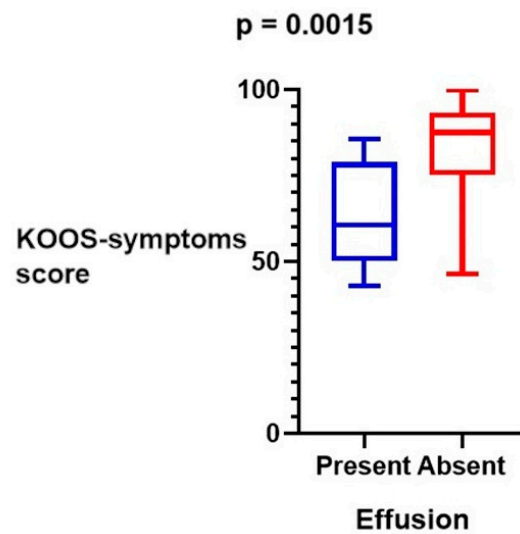


Figure 3. The negative correlation between postoperative KOOS-symptoms scores and effusion around ITB strips.

Table 3. Significance levels (*p*-values) of correlations between ultrasound features (width and height) and clinical scores.

	Ultrasound Feature	
	Width	Height
KOOS-pain	0.269	0.353
KOOS-symptoms	0.847	0.751
KOOS-ADL	0.396	0.751
KOOS-sport	0.549	0.123
KOOS-quality	0.888	0.895
IKDC	0.969	0.701
Lysholm	0.637	0.888
WOMAC	0.164	0.706

Table 4. Significance levels (*p*-values) of correlations between ultrasound features (echogenicity and effusion) and clinical scores using the Mann–Whitney test. *—statistical significance.

	Ultrasound Feature	
	Echogenicity	Effusion
KOOS-pain	0.352	0.592
KOOS-symptoms	0.922	0.012 *
KOOS-ADL	0.723	0.536
KOOS-sport	0.443	0.533
KOOS-quality	0.963	0.453
IKDC	0.788	0.139
Lysholm	0.853	0.060
WOMAC	0.723	0.765

Table 5. Significance levels (*p*-values) of correlations between ultrasound features (location of the ITB strip) and clinical scores using the Kruskal–Wallis test.

	Ultrasound Feature—Location		
	At the Level of the Femur	Between the Femur and the Tibia	At the Level of the Tibia
KOOS-pain	0.502	0.905	0.500
KOOS-symptoms	0.222	0.300	0.134
KOOS-ADL	0.724	0.440	0.986
KOOS-sport	0.443	0.716	0.623
KOOS-quality	0.600	0.337	0.185
IKDC	0.446	0.740	0.645
Lysholm	0.369	0.351	0.240
WOMAC	0.369	0.968	0.550

4. Discussion

To our knowledge, this was the first investigation that evaluated the visibility of the ITB strip, examined its morphology using ultrasound, and tried to find any links between ultrasound features and clinical outcomes. The detectability of the ITB strip using ultrasound imaging was presented and its sonographic appearance was described. This study also demonstrated that effusion around the ITB strip in the ultrasound was negatively correlated with the KOOS-symptoms subscale that includes questions regarding knee joint stiffness in various positions, swelling, sensations of clicking and locking, as well as the ability to achieve a full range of motion. This relationship may be considered a negative symptom after a LET procedure indicating irritation or inflammation of the ITB strip and potentially contributing to mechanical symptoms mentioned above [18]. However, other functional scores, such as KOOS-pain, KOOS-ADL, KOOS-sport, IKDC, Lysholm, and WOMAC scores, did not support this indication. Moreover, other correlations between ultrasound features and clinical scores were not provided.

Sonographic measurements showed that the average width of ITB strips was 5.0 ± 1.6 mm, while their height was $4.6 \text{ mm} \pm 1.2$ mm and their shape in a short axis was rounded. Essentially, in the Lemaire technique or its modification, it is recommended to obtain a flat graft with a width of 1 to 1.5 cm [19]. The discrepancy between the sonographic measurement and the intraoperative dimensions of the ITB graft harvested according to the surgical technique may result from the fact that the ITB strip undergoes moderate tension during fixation to the lateral femoral condyle. This tension may lead to a reduction in its width and a more rounded shape. Moreover, changes in its size and shape may also be attributed to spontaneous ligamentization processes similar to those observed during the maturation of ACL grafts [20]. In other LET techniques, the following ITB strip widths are advised: the MacIntosh technique and its modification (Arnold and Coker), 2 cm; and the Ellison technique, 1.5 cm [21]. However, if a thinner or wider LET strip led to better clinical results, then surgical techniques recommending a thinner or wider strip would be preferred, but the literature shows that different LET techniques provide similar functional outcomes and rotational stability [22]. This may partially explain why no correlation between the ITB size and clinical outcomes was demonstrated in this study. Regarding the echogenicity of the ITB strip, our results suggest that a hyperechogenic appearance is physiological, as the majority of cases (87.1%) demonstrated this pattern. In contrast, hypoechogenicity may indicate an ongoing pathological process. However, this ultrasound feature was not associated with clinical outcome scores. The absence of a power Doppler signal in the ITB strip may be interpreted as a lack of hyperemia, which typically correlates with the absence

of active inflammation or neovascularization. This is consistent with studies showing that mature tendon or graft tissues exhibit no Doppler activity under normal physiological conditions. In contrast, an increased Doppler signal is often associated with tendinopathy or inflammatory changes [23].

There are a few studies that evaluated patients after ACLR and LET procedures, mainly using MRI rather than other imaging techniques. For instance, Lobo et al. presented the ITB strip's appearance after a modified Lemaire technique on the coronal and axial planes. On the coronal plane, the ITB strip coursed obliquely, and on both planes a gap in the central portion of the ITB was observed that was secondary to graft harvesting. They also included imaging findings of the attachment of the ITB strip using the interference screw in the lateral femoral epicondyle [17]. However, the number of studies evaluating ITB strip morphology assessed using MRI or other imaging techniques is limited. Researchers primarily focus on radiological assessment of results of ACLR and LET procedures. For instance, some authors presented postoperative complications of the LET procedure, such as LET graft failure, hematoma, infection, tunnel convergence, etc., seen in X-ray, computed tomography, and MRI [24]. Other scientists who investigated the LET graft using MRI suggested that it absorbs a portion of the forces acting on the knee, thereby reducing the load on the ACL graft, which may hasten its regeneration [25]. For instance, Cavaignac et al. presented that the addition of LET to ACLR improves the maturation of the ACL graft and its incorporation as assessed using MRI at the 12-month follow-up. However, there were no differences in clinical outcomes between ACLR alone and ACLR+LET groups [26]. On the other hand, Rojas et al. showed that the application of the LET procedure during primary ACLR may slow the healing hamstring ACL graft at 10 months postoperatively, as observed via MRI [27]. There were also studies using quantitative MRI aimed at assessing accelerated osteoarthritis after the ACLR + LET procedure, but it was not proven [28].

As there are cadaveric studies that investigated biomechanical properties of LET depending on the location of its attachment to the lateral femoral epicondyle, we decided to divide localization of the ITB strip under LCL as seen in ultrasound into three zones: at the level of femur, between the femur and the tibia, and at the level of the tibia. For instance, biomechanical studies show that LET insertion proximal to the LCF may present a steady length change pattern and lower the total strain range compared to situations when its insertion is localized anteriorly and distally to the LCF [29]. Moreover, apart from localization of the LET attachment, graft behaviour may be influenced by its course, which finally may affect knee joint kinematics and cause overconstraint in internal rotation [30]. Therefore, we designated the aforementioned three zones, as they could reflect the fibre route and the location of the ITB strip attachment. However, we did not find any relationship between the ITB strip area and clinical outcomes. This may suggest that our zones do not accurately reflect the location of LET attachment; that the postoperative healing process of knee tissues is complex and ultimately affects knee biomechanics that cannot be predicted on cadavers; or that different factors during surgery, such as graft size, graft tension, the fixation method, and knee angle during ITB strip attachment, affect the final result.

This pilot study provides initial insight into the utility of ultrasonography for the detection and evaluation of the ITB strip after the modified Lemaire technique. Based on these preliminary findings, future research should focus on larger, multicentre cohorts to validate the observed results and further expand the prognostic value of ultrasound-detected effusion. Additionally, long-term studies may enhance understanding of graft integration and postoperative knee function. This study had several limitations. Firstly, the sample size was relatively small and consisted of the local population with complex knee injuries. However, this sample size was considered sufficient for the primary aim of the study—namely, to assess the feasibility of identifying the ITB strip using ultrasound,

which has not been described in the literature to date. Secondly, clinical outcomes could be affected by applying two types of treatment—ACLR and LET. However, separation of these two methods is not practiced anymore due to poor clinical results after treating ACL rupture sole with LET. Thirdly, the follow-up period was different among patients and the range of days between surgery and examination was wide. Lastly, sonographic examination highly depends on the device used and the examiner's experience.

5. Conclusions

This is the first study that focused on sonography of the ITB strip after a LET procedure by the modified Lemaire technique in conjunction with ACLR. Ultrasound seems to be useful in detecting the ITB strip, which may allow the verification of a successful LET procedure. Even though ultrasound examination is limited due to its subjective nature, certain sonographic findings regarding ITB strips were presented. Further research on the effusion around harvested ITB strips is needed to establish whether its effusion may influence clinical outcomes in patients.

Author Contributions: Conceptualization, J.E. and J.Z.; methodology, J.E.; validation, J.Z. and P.P.; formal analysis, J.E.; investigation, J.E.; resources, J.Z.; writing—original draft preparation, J.E.; writing—review and editing, J.E.; supervision, P.P. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: This study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Institutional Review Board (or Ethics Committee) of Komisja Bioetyczna Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy (KB 347/2023).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in this study.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author, the data are not publicly available due to privacy and ethical restrictions.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Sayampanathan, A.A.; Howe, B.K.T.; Bin Abd Razak, H.R.; Chi, C.H.; Tan, A.H.C. Epidemiology of Surgically Managed Anterior Cruciate Ligament Ruptures in a Sports Surgery Practice. *J. Orthop. Surg.* **2017**, *25*, 2309499016684289. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Swenson, D.M.; Collins, C.L.; Best, T.M.; Flanagan, D.C.; Fields, S.K.; Comstock, R.D. Epidemiology of Knee Injuries among US High School Athletes, 2005/06–2010/11. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2013**, *45*, 462–469. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Biały, M.; Kublin, K.; Brzuszkiewicz-Kuźmicka, G.; Gnat, R. Myofascial and Movement Tests after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J. Hum. Kinet.* **2022**, *83*, 67–75. [[CrossRef](#)]
4. Afzali, T.; Fangel, M.V.; Vestergaard, A.S.; Rathleff, M.S.; Ehlers, L.H.; Jensen, M.B. Cost-Effectiveness of Treatments for Non-Osteoarthritic Knee Pain Conditions: A Systematic Review. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0209240. [[CrossRef](#)]
5. Montalvo, A.M.; Schneider, D.K.; Webster, K.E.; Yut, L.; Galloway, M.T.; Heidt, R.S.; Kaeding, C.C.; Kremcheck, T.E.; Magnussen, R.A.; Parikh, S.N.; et al. Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Sport: A Systematic Review and Meta-Analysis of Injury Incidence by Sex and Sport Classification. *J. Athl. Train.* **2019**, *54*, 472–482. [[CrossRef](#)]
6. LaBella, C.R.; Hennrikus, W.; Hewett, T.E.; Council on Sports Medicine and Fitness, and Section on Orthopaedics; Brenner, J.S.; Brookes, M.A.; Demorest, R.A.; Halstead, M.E.; Kelly, A.K.W.; Koutures, C.G.; et al. Anterior Cruciate Ligament Injuries: Diagnosis, Treatment, and Prevention. *Pediatrics* **2014**, *133*, e1437–e1450. [[CrossRef](#)]
7. Tuca, M.; Valderrama, I.; Eriksson, K.; Tapasvi, S. Current Trends in Anterior Cruciate Ligament Surgery. A Worldwide Benchmark Study. *J. ISAKOS* **2023**, *8*, 2–10. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Magnussen, R.A.; Reinke, E.K.; Huston, L.J.; Hewett, T.E.; Spindler, K.P.; Andrich, J.T.; Jones, M.H.; Parker, R.D.; McCarty, E.C.; Marx, R.G.; et al. Effect of High-Grade Preoperative Knee Laxity on Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Outcomes. *Am. J. Sports Med.* **2016**, *44*, 3077–3082. [[CrossRef](#)]

9. Na, B.-R.; Kwak, W.-K.; Seo, H.-Y.; Seon, J.-K. Clinical Outcomes of Anterolateral Ligament Reconstruction or Lateral Extra-Articular Tenodesis Combined with Primary ACL Reconstruction: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Orthop. J. Sports Med.* **2021**, *9*, 23259671211023099. [[CrossRef](#)]
10. Grassi, A.; Pizza, N.; Al-zu'bi, B.B.H.; Fabbro, G.D.; Lucidi, G.A.; Zaffagnini, S. Clinical Outcomes and Osteoarthritis at Very Long-Term Follow-up After ACL Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Orthop. J. Sports Med.* **2022**, *10*, 23259671211062238. [[CrossRef](#)]
11. Musahl, V.; Getgood, A.; Neyret, P.; Claes, S.; Burnham, J.M.; Batailler, C.; Sonnery-Cottet, B.; Williams, A.; Amis, A.; Zaffagnini, S.; et al. Contributions of the Anterolateral Complex and the Anterolateral Ligament to Rotatory Knee Stability in the Setting of ACL Injury: A Roundtable Discussion. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2017**, *25*, 997–1008. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Devitt, B.M.; Bell, S.W.; Ardern, C.L.; Hartwig, T.; Porter, T.J.; Feller, J.A.; Webster, K.E. The Role of Lateral Extra-Articular Tenodesis in Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review with Meta-Analysis and Best-Evidence Synthesis. *Orthop. J. Sports Med.* **2017**, *5*, 2325967117731767. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Temperato, J.; Ewing, M.; Nuelle, C.W. Lateral Extra-Articular Tenodesis with Iliotibial Band Using Knotless All-Suture Anchor Femoral Fixation. *Arthrosc. Tech.* **2023**, *12*, e677–e682. [[CrossRef](#)]
14. Feller, J.A.; Devitt, B.M.; Webster, K.E.; Klemm, H.J. Augmentation of Primary ACL Reconstruction with a Modified Ellison Lateral Extra-Articular Tenodesis in High-Risk Patients: A Pilot Study. *Orthop. J. Sports Med.* **2021**, *9*, 23259671211021351. [[CrossRef](#)]
15. Rowan, F.E.; Huq, S.S.; Haddad, F.S. Lateral Extra-Articular Tenodesis with ACL Reconstruction Demonstrates Better Patient-Reported Outcomes Compared to ACL Reconstruction Alone at 2 Years Minimum Follow-Up. *Arch. Orthop. Trauma. Surg.* **2019**, *139*, 1425–1433. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Joseph, L.; Demey, G.; Chamu, T.; Schmidt, A.; Germain, A.; van Rooij, F.; Saffarini, M.; Dejour, D. Adding a Modified Lemaire Procedure to ACLR in Knees with Severe Rotational Knee Instability Does Not Compromise Isokinetic Muscle Recovery at the Time of Return-to-Play. *J. Exp. Orthop.* **2020**, *7*, 84. [[CrossRef](#)]
17. Lôbo, C.F.T.; Helito, P.V.P.; Bordalo-Rodrigues, M.; Helito, C.P. Computed Tomography (CT), X-Ray, and MRI Evaluation of Two Anterolateral Knee Reconstruction Techniques: Lateral Extra-Articular Tenodesis (LET) and the Anterolateral Ligament (ALL) Reconstruction. *Skelet. Radiol.* **2020**, *49*, 1037–1049. [[CrossRef](#)]
18. Chiang, Y.-P.; Wang, T.-G.; Lew, H.L. Application of High Resolution Ultrasound for Examination of the Knee Joint. *J. Med. Ultrasound* **2007**, *15*, 203–212. [[CrossRef](#)]
19. McAleese, T.; Murgier, J.; Cavaignac, E.; Devitt, B.M. A Review of Marcel Lemaire's Original Work on Lateral Extra-Articular Tenodesis. *J. ISAKOS* **2024**, *9*, 431–437. [[CrossRef](#)]
20. Sánchez, M.; Anitua, E.; Azofra, J.; Prado, R.; Muruzabal, F.; Andia, I. Ligamentization of Tendon Grafts Treated with an Endogenous Preparation Rich in Growth Factors: Gross Morphology and Histology. *Arthrosc. J. Arthrosc. Relat. Surg.* **2010**, *26*, 470–480. [[CrossRef](#)]
21. Slette, E.L.; Mikula, J.D.; Schon, J.M.; Marchetti, D.C.; Kheir, M.M.; Turnbull, T.L.; LaPrade, R.F. Biomechanical Results of Lateral Extra-Articular Tenodesis Procedures of the Knee: A Systematic Review. *Arthrosc. J. Arthrosc. Relat. Surg.* **2016**, *32*, 2592–2611. [[CrossRef](#)]
22. Laksana, I.K.M.; Aryana, I.W.; Pratistha, I.R.T. Functional Outcomes of ACL Reconstruction with Lateral Extra-Articular Tenodesis Using Modified Lemaire Procedure Versus Modified MacIntosh Procedure: A Systematic Review. *Orthop. J. Sports Med.* **2023**, *11*, 2325967121S00870. [[CrossRef](#)]
23. Suzuki, T. Power Doppler Ultrasonographic Assessment of the Ankle in Patients with Inflammatory Rheumatic Diseases. *World J. Orthop.* **2014**, *5*, 574–584. [[CrossRef](#)]
24. Marshall, D.C.; Silva, F.D.; Goldenberg, B.T.; Quintero, D.; Baraga, M.G.; Jose, J. Imaging Findings of Complications After Lateral Extra-Articular Tenodesis of the Knee: A Current Concepts Review. *Orthop. J. Sports Med.* **2022**, *10*, 23259671221114820. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Retzky, J.S.; Chipman, D.E.; Mintz, D.N.; Cordasco, F.A.; Green, D.W. Association of Lateral Extra-Articular Tenodesis with Improved Graft Maturity on MRI 2 Years After ACL Reconstruction with Quadriceps Tendon Autograft in Skeletally Immature Athletes. *Orthop. J. Sports Med.* **2024**, *12*, 23259671231211885. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Cavaignac, E.; Mesnier, T.; Marot, V.; Fernandez, A.; Faruch, M.; Berard, E.; Sonnery-Cottet, B. Effect of Lateral Extra-Articular Tenodesis on Anterior Cruciate Ligament Graft Incorporation. *Orthop. J. Sports Med.* **2020**, *8*, 2325967120960097. [[CrossRef](#)]
27. Rojas, G.; Perelli, S.; Ibanez, M.; Formagnana, M.; Ormazabal, I.; Monllau, J.C. Effect of Modified Lemaire Anterolateral Extra-Articular Tenodesis on the Magnetic Resonance Imaging Maturity Signal of Anterior Cruciate Ligament Hamstring Graft. *Am. J. Sports Med.* **2021**, *49*, 2379–2386. [[CrossRef](#)]
28. Nakanishi, Y.; Hegarty, P.; Vivacqua, T.; Firth, A.; Milner, J.S.; Pritchett, S.; Willits, K.; Litchfield, R.; Bryant, D.; Getgood, A.M.J. Quantitative MRI Analysis of Patellofemoral Joint Cartilage Health 2 Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Lateral Extra-Articular Tenodesis. *Am. J. Sports Med.* **2024**, *52*, 1773–1783. [[CrossRef](#)]

29. Jaecker, V.; Naendrup, J.-H.; Pfeiffer, T.R.; Bouillon, B.; Shafizadeh, S. Radiographic Landmarks for Femoral Tunnel Positioning in Lateral Extra-Articular Tenodesis Procedures. *Am. J. Sports Med.* **2019**, *47*, 2572–2576. [[CrossRef](#)]
30. Kittl, C.; Halewood, C.; Stephen, J.M.; Gupte, C.M.; Weiler, A.; Williams, A.; Amis, A.A. Length Change Patterns in the Lateral Extra-Articular Structures of the Knee and Related Reconstructions. *Am. J. Sports Med.* **2015**, *43*, 354–362. [[CrossRef](#)]

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

A Systematic Review

Jan Zabrzynski,* Prof. , Adam Kwapisz,^{†‡} MD, PhD , Jakub Erdmann,* MD , Maria Zabrzynska,* MD, Michał Błachowski,*[§] MD, PhD , Jakub Ohla,* MD, PhD , Michalina Adamczyk,* Maciej Sokołowski,* Bartosz Majchrzak,* and Gazi Huri,^{||} Prof. *Investigation performed at the Department of Orthopaedics and Traumatology, Faculty of Medicine, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Bydgoszcz, Poland*

Background: The anterior cruciate ligament (ACL) is a major sagittal plane stabilizer of the knee joint. Even if anterior laxity can be brought under control by utilizing modern surgical techniques, internal rotational instability may not always be controlled adequately. Various surgical techniques are used to prevent this coronal or rotational instability, such as lateral extra-articular tenodesis (LET). Despite an abundance of articles in recent decades discussing LET in ACL reconstruction, no definitive indicators for extra-articular tenodesis have been described in the literature.

Purpose: Given the scarcity of literature assessing the indications in LET, the purpose of this study was to conduct a systematic review of the described indications for this operation in the context of concurrent ACL reconstruction.

Study Design: Systematic review; Level of evidence, 4.

Methods: We searched PubMed, Cochrane Central, ScienceDirect, Web of Science, and Embase using the following key terms with no limits regarding the year of publication: (extraarticular OR extraarticular) AND (tenodesis OR plasty OR augmentation OR procedure or reconstruction OR reconstructive OR surgical OR surgery OR technique) AND (ACL OR anterior cruciate ligament). We included clinical human studies based on levels of evidence 1 to 4 that were written in English. We excluded studies not written in English, case studies, reviews, letters to editors, conference abstracts, or studies containing incomplete or irrelevant data.

Results: The analysis evaluated 29 articles published between 1999 and 2023. We evaluated mostly level 3 (n = 13) and level 4 (n = 12) evidence; however, there were 4 articles with level 1 evidence. The majority of the studies were retrospective (n = 21), although there were prospective studies (n = 8). The mean age of the participants was 24.4 years. The most prevalent indications for LET were high-risk sports (16 articles), medial meniscal repair/excision (11 articles), and pivot-shift test grades 2 and 3 (11 articles).

Conclusion: The reviewed articles showed reduced pivoting and laxity, improved clinical outcomes, and decreased revision rates after primary ACL reconstruction. The main frequent and repeated indications for using LET in ACL reconstruction are meniscal surgery, sports activity, and grade 2 and 3 pivoting.

Keywords: LET; ACL; ACLR; ALL; knee; multiligament knee injuries

The anterior cruciate ligament (ACL) is one of the major ligaments that stabilizes the knee joint. It has multiple functions: rotation control and prevention of excessive knee extension and anterior tibial translation. The prevalence of ACL injuries has doubled in recent years. Without a doubt,

the growing popularity of competitive team sports explains the rapid rise in the occurrence of ACL injuries.^{23,30,32}

The ACL is the most frequently operated ligament in the knee and ACL reconstruction is one of the most frequently performed knee surgical procedures. The initial course of treatment is reconstruction with arthroscopic assistance. Although the exact number is unknown, roughly 200,000 ACL injuries occur each year in the United States, with 100,000 ACL reconstructions (ACLRs) performed. The primary goal of surgery is to reduce

sagittal and rotational instability, restore knee stability, and prevent future meniscal tears in addition to chondral injuries.³⁷

It is crucial to acknowledge the significance of extra-articular procedures for enhancing knee stability after surgery. Postoperative outcomes have recently emphasized persistent rotatory knee instability after surgery.^{17,38} Even if anterior laxity can be brought under control by utilizing modern surgical techniques, internal rotational instability may not always be controlled adequately. Various surgical techniques are used to prevent this coronal or rotational instability, such as lateral extra-articular tenodesis (LET). LET reduces anterolateral rotatory laxity, which consequently lowers the chances of graft failure, especially in high-risk patient groups.^{9,33} LET is typically performed as an augmentation to ACLR. Lemaire first described the lateral tenodesis operation in the mid-1960s as a surgical treatment for anterolateral knee instability. Despite an abundance of articles in recent decades discussing LET in ACLR, no definitive indicators for extra-articular tenodesis have been described in the literature.²¹

Furthermore, the American Orthopaedic Society for Sports Medicine consensus of 1989 noted that extra-articular operations in patients with ACL injuries did not produce satisfactory results, prompting many surgeons to forsake the LET concept for several years. Additionally, owing to the advancement of arthroscopic techniques, LET ceased to be used for many years.¹⁰ Another breakthrough was published by Claes et al,⁴ who described the anatomy of the anterolateral ligament (ALL) of the knee joint in detail, therefore recently revisiting the LET concept.

Other authors noted that the maximum tension of the ALL occurs during simultaneous knee flexion and internal tibial rotation.^{3,17} In a cadaver investigation, Thein et al³⁴ discovered that the load carried by the ALL during the pivot-shift test with an intact ACL and knee flexion of 30° was only 16.6% of the force pressing on the ACL; once the ACL was cut, this figure increased >3-fold. These studies suggest that the ALL has a substantial role in the biomechanics of the knee joint, specifically in limiting internal rotation in patients with a torn ACL.

Given the scarcity of literature assessing the indications in LET, the purpose of this study was to conduct a systematic review of the described indications for this operation in the context of concurrent ACLR. We hypothesized that the indications for LET would be inconsistent; thus, we concentrated on finding the primary indications for this procedure.

METHODS

Search Strategy

To identify all the essential studies that reported relevant information and data concerning the indications in LET, an extensive search of the major and significant electronic databases (PubMed, Cochrane Central, ScienceDirect, Web of Science, and Embase) was performed by 3 independent authors (M.A., M.S., B.M.).

A systematic investigation was conducted in November 2023 using combinations of the following key terms with no limits regarding the year of publication: (extra-articular OR extraarticular) AND (tenodesis OR plasty OR augmentation OR procedure or reconstruction OR reconstructive OR surgical OR surgery OR technique) AND (ACL OR anterior cruciate ligament). Moreover, an additional intensive search through the references of all identified studies was conducted. A systematic review of the collected literature was carried out according to the PRISMA guidelines (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses). The PRISMA checklist for our project is presented in supplementary material (available in the online version of this article), as well as the PRISMA flow diagram in Figure 1. Registration of this systematic review was performed in 2023 using the PROSPERO International Prospective Register of Systematic Reviews (CRD42023428461). This research received no external funding.

Eligibility Assessment

Screening of databases was carried out independently by 3 authors (M.A., M.S., B.M.). After a database search, 3 independent reviewers (J.E., M.Z., J.Z.) screened all the articles and identified a title, abstract, and full text concerning LET and indications in ACLR. The inclusion criteria were clinical human studies, evidence levels 1 to 4, and English language. Studies ineligible for inclusion were those not written in English, case studies, reviews, letters to editors, conference abstracts, or studies containing incomplete or irrelevant data (level of evidence 5). Other exclusion criteria were any clinical outcomes and basic science studies in any joint other than the knee, ALL studies, anatomic and radiographic studies, animal studies, editorial articles, and surveys. Articles without clearly described indications were excluded. The senior 2 authors and experts in evidence-based medicine (J.Z., A.K.) made the final decision in case of disagreement among the authors.

[§]Address correspondence to Michał Błachowski, MD, PhD, Department of Orthopaedics and Traumatology, Marii Skłodowskiej-Curie 9, Bydgoszcz, 85-094, Poland (email: blachowskiort@gmail.com).

^{*}Department of Orthopaedics and Traumatology, Faculty of Medicine, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Bydgoszcz, Poland.

[†]Hawkins Foundation, Greenville, South Carolina, USA.

[‡]Clinic of Orthopedics and Pediatric Orthopedics, Medical University of Łódź, Łódź, Poland.

^{||}Department of Orthopaedics and Traumatology, School of Medicine, Hacettepe University, Ankara, Turkey.

Submitted May 13, 2024; accepted September 4, 2024.

The authors declared that they have no conflicts of interest in the authorship and publication of this contribution. AOSM checks author disclosures against the Open Payments Database (OPD). AOSM has not conducted an independent investigation on the OPD and disclaims any liability or responsibility relating thereto.

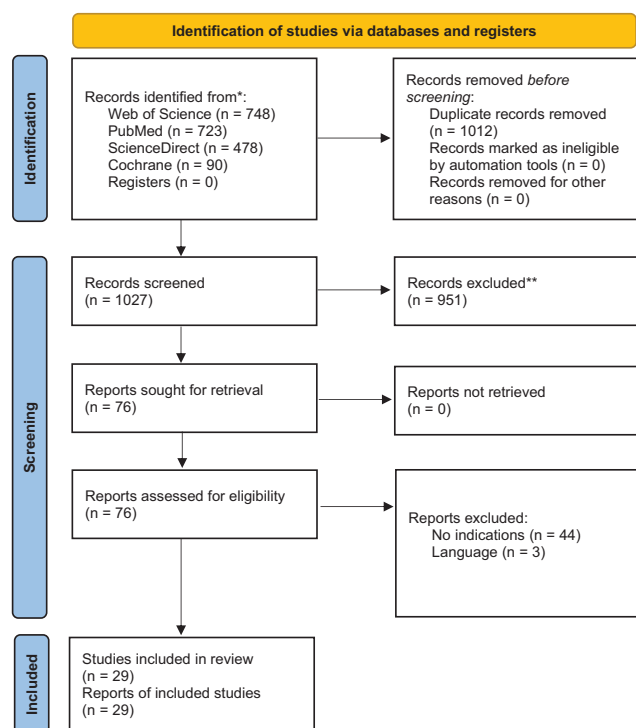


Figure 1. PRISMA flow diagram.

Data Extraction

Three independent reviewers (J.E., M.Z., J.Z.) extracted the initially screened and relevant data: year of study, country, type of study, number of participants, mean age, gender, and indications for surgery.

Risk-of-Bias Assessment

The risk-of-bias assessment was performed using the Cochrane Collaboration's Risk of Bias Tool (supplementary material, available online). Bias risk was classified as low, high, or unclear for the following domains: sequence generation/allocation concealment (selection bias), blinding of participants and personnel (performance bias), blinding of outcome assessment (detection bias), incomplete outcome data (attrition bias), selective outcome reporting (reporting bias), and other sources of bias. Three reviewers independently assessed the quality of the articles and reached an agreement.

RESULTS

The analysis evaluated 29 articles published between 1999 and 2023. The general characteristics and descriptive data are presented in Table 1. Most articles were from Italy ($n = 5$), Canada ($n = 3$), France ($n = 3$), and Spain ($n = 3$). A large proportion of the studies had level 3 ($n = 13$) and level 4 ($n = 12$) evidence, although there were 4 articles with

level 1 evidence. The majority of the studies were retrospective ($n = 21$), although there were also prospective studies ($n = 8$). The number of patients in the studies ranges from 19 to 618. The overall number of participants was 4401, which comprised 2796 men and 1605 females; however, Mahmoud et al²⁴ and Imbert et al¹⁹ did not disclose the precise number of males and females, instead presenting the male proportion. Recalculation of absolute numbers was required in these 2 cases. The male to female ratio varied greatly throughout the publications analyzed; 1 of the studies had all female patients, and 3 had an all-male study group. The average age of the participants was 24.4 years. Yet, in the study of Marcacci et al,²⁷ the age of patients was not mentioned. In the studies of Perelli et al,³¹ Trichine et al,³⁵ Rowan et al,³³ El-Azab et al,⁷ Joseph et al,²¹ Viglietta et al,³⁹ Getgood et al,¹² Heard et al,¹⁶ and Keizer et al,²² the mean age was calculated for subgroups, so a recalculation of the mean age for the full study group was required. In the studies, the groups consisted of patients of various ages, including teenagers, young adults, and middle-aged adults.

Radiologic findings are among the least-used indications for qualifying for LET surgery. Only 4 articles could be found with the indication given, out of 29 collected. Of these 4 articles, the most common radiologic indications appeared to be the Second sign and posterior tibial slope $>12^\circ$, as assessed on a true lateral radiograph, which both appeared in 3 articles. Others—such as anterior translation >7 mm, notch width index <0.22 , and a large marrow edema pattern—appeared in only 1 of the listed studies, as assessed on magnetic resonance imaging (Table 2).

Clinical examination of patients, or rather its components, was covered in 25 of 29 articles. Of greatest importance was the pivot-shift test (performed in the office unless otherwise stated in Appendix Table A1)—in particular, grade 2 as a *clunk* and grade 3 as a *gross*, which appeared in the indications in 11 articles. The authors of 8 articles considered a pivot-shift test result of grade 3 to be an important inclusion criterion, while 3 articles included grade 1 or a positive result alone, regardless of grade, as one of the important criteria for qualifying a patient for ACLR surgery with LET. Another important inclusive criterion for surgery is hyperlaxity on the Beighton test (≥ 4). This criterion was noted by 8 authors in their articles. The degree of the recurvatum has already proved to be a less important indicator for undergoing surgery. Four authors included a grade $>10^\circ$ recurvatum in the indication, while in the Joseph et al²¹ study, the grade of hyperextension could not exceed 20° . Table 3 also outlines smaller criteria that have been used in studies but are considered secondary. The absence of damage to the opposite knee in the patient's medical history was taken into account in only 2 articles. Osteochondral lesions do not appear to be a relevant factor in determining whether a patient is eligible for surgery. Just 2 studies specified lesions >3 cm² in their indications. Regarding surgical indications, the idea of laxity was not among the most essential factors. Exploring the problem of laxity in-depth, such as lateral laxity or anterior laxity ≥ 5 mm, revealed

TABLE 1
General Characteristics and Descriptive Data of the Studies on Indications for the Lateral Extra-articular Tenodesis

First Author	Year	Country	Study Design	Level of Evidence	Type of Study	Sample Size	Male	Female	Mean Age, y
Green ¹⁴	2023	USA	Case series	4	Retrospective	48	27	21	14.20
Hantouly ¹⁵	2023	Qatar	Cohort	3	Retrospective	100	94	6	28.15
Perelli ³¹	2022	Spain	Cohort	3	Retrospective	66	43	23	13.65
Firth ¹¹	2022	Canada	Case-control	3	Retrospective	568	276	292	18.80
Trichine ³⁵	2014	Algeria	Randomized trial	1	Prospective	120	120	0	28.15
Mahmoud ²⁴	2022	Australia	Matched cohort	3	Retrospective	72	55	17	25.00
Rowan ³³	2019	UK	Propensity-matched case-control	3	Prospective	273	154	119	31.60
Imbert ¹⁹	2017	France	Multicenter study	4	Retrospective	478	373	105	28.00
El-Azab ⁷	2023	Egypt, Austria	Randomized comparative	1	Prospective	100	73	27	27.50
Joseph ²¹	2020	France, Switzerland	Comparative study	3	Retrospective	87	57	30	29.70
Eggeling ⁶	2022	Germany	Cohort	3	Retrospective	78	48	30	28.70
Minguell Monyart ²⁸	2023	Spain	Case series	4	Prospective	46	31	15	36.30
Vadalà ³⁸	2013	Italy	Comparative	3	Prospective	60	0	60	27.00
Gibbs ¹³	2022	USA, Japan	Cohort	3	Retrospective	20	12	8	20.80
Feller ⁹	2021	Australia	Case series	4	Retrospective	25	21	4	8.50
Viglietta ³⁹	2022	Italy	Cohort	3	Retrospective	164	126	38	27.30
Marcacci ²⁷	2009	Italy	Case series	4	Retrospective	60	45	15	—
Ibrahim ¹⁸	1999	Kuwait	Case series	4	Retrospective	153	153	0	23.70
Declercq ⁵	2023	Belgium	Case series	4	Retrospective	86	69	17	26.10
Monaco ²⁹	2022	Italy	Cohort	3	Retrospective	111	69	42	16.20
Getgood ¹²	2020	Canada	Randomized controlled trial	1	Retrospective	356	154	202	18.90
Heard ¹⁶	2023	Canada	Randomized clinical trial	1	Prospective	618	302	316	18.90
Zaffagnini ⁴⁰	2017	Italy	Case series	4	Prospective	60	45	15	25.50
Farinelli ⁸	2023	Austria	Case series	4	Retrospective	27	27	0	23.15
Trojani ³⁶	2012	France	Case series	4	Retrospective	189	127	62	22.70
Alm ¹	2020	Germany	Case series	4	Retrospective	73	39	34	31.00
Jacquet ²⁰	2021	France	Cohort	3	Retrospective	266	190	76	30.40
Keizer ²²	2023	Netherlands	Cohort	3	Retrospective	78	57	21	29.30
Borim ²	2023	Spain	Case series	4	Prospective	19	9	10	27.70

TABLE 2
Indications for the Lateral Extra-articular Tenodesis According to Radiologic Findings^a

Indication	Green et al ¹⁴	Firth et al ¹¹	Monaco et al ²⁹	Farinelli et al ⁸
Anterior translation >7 mm	+	—	—	—
Posterior tibial slope >12°	+	+	—	+
Notch width index <0.22	+	—	—	—
Large marrow edema pattern (LFC and LTP transchondral fractures)	+	—	—	—
Second sign	+	—	+	+

^aLFC, lateral femoral condyle; LTP, lateral tibial plateau.

the minimal use of these markers for surgical qualification. In only 1 article, patients were examined in detail, and quantitative pivot shift was indicated as an inclusion criterion: ≥ 3 mm of lateral translation with >8 m/s² of acceleration, or a side-to-side difference of 50% greater, as assessed using PIVOT technology and an inertial sensor (Table 3).

Table 4 presents studies with indications for LET focusing mostly on patient physical activity, revision surgery, and meniscal reconstruction. The most prevalent were high-risk sports (15 publications) and medial meniscal repair/excision (11 articles). ACLR revision was discussed in 8 articles. Six cases showed chronic ACL insufficiency and a significantly high risk of graft failure. A high degree of athleticism was noted in 3 studies, whereas

contralateral ACLR and small graft diameter occurred just twice. The remaining 7 minor criteria were mentioned once by Vadalà et al,³⁸ Feller et al,⁹ and Rowan et al.³³

Table 5 lists the indications for LET based on age. The analysis comprised 16 articles, with 9 age categories split. Adolescents were the most used age criterion, appearing in 5 articles. The second-most common age was <25 years old. Furthermore, the ages <20 and 15 to 50 years were addressed only twice. Ages ranging from 14 to 40, 18 to 50, >18, <40, and >16 years all appeared just once. However, Joseph et al,²¹ Vadalà et al,³⁸ Marcacci et al,²⁷ and Rowan et al³³ found the age requirement to be less important. Meanwhile, Feller et al⁹ simultaneously listed 2 age criteria: adolescents and, as a minor criterion, age <20 years.

TABLE 3
Indications for the Lateral Extra-articular Tenodesis According to Clinical Assessment^a

Indication	No. of Studies
Pivot shift	
Grade 3	8
Grade ≥ 1	3
Recurvatum	
$>10^\circ$	4
$>20^\circ$	1
High-grade pivot shift: ≥ 2	11
Hyperlaxity: Beighton ≥ 4	8
Lateral laxity of grade 1 or 2: joint opening of 2-10 mm on varus stress	1
Increased rotational laxity of 5° to 10°	1
Quantitative pivot shift ≥ 3 mm of lateral translation with $>8 \text{ m/s}^2$ of acceleration or a side-to-side difference $\geq 50\%$ assessed using PIVOT technology and an inertial sensor	1
Side-to-side difference in anterior-posterior knee laxity with the knee in 20° flexion >10 mm with maximum manual force	1
No osteochondral lesion $>3 \text{ cm}^2$	2
Normal contralateral knee with no history of trauma or surgery	2
Low-grade anterior knee laxity: defined as side-to-side difference ≤ 5 mm	1

^aThe full table listing the studies is available as an appendix with the online version of this article.

TABLE 4
Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis
Related to Physical Activity and Revision Surgery^a

Indication	No. of Studies
Patient with chronic ACL insufficiency	5
Contralateral ACLR	2
Revision ACLR	8
Sports: high risk	15
High risk of graft failure	6
Medial meniscal repair/excision	11
Small graft diameter	2
High-level athletics	3
High level of sporting activity: Tegner activity score ≥ 7	1
Failed contralateral ACLR ^b	1
Body mass index: 18-35	1
Minimum interval of 2 mo between trauma and surgery ^b	1
Positive history of ACL rupture (parent, sibling) ^b	2
Persistent or recurrent instability after ACLR	1
ACLR graft rupture	1
Tegner Activity Scale level ≥ 6 before primary ACL rupture and before primary ACLR	1

^aThe full table listing the studies is available as an appendix with the online version of this article. ACL, anterior cruciate ligament; ACLR, anterior cruciate ligament reconstruction.

^bMinor criteria.

TABLE 5
Indications for Lateral Extra-articular
Tenodesis According to Age^a

Age	No. of Studies
Adolescents	5
<25 y	3
<20 y	2
14-40 y	1
15-50 y	2
>18 y	1
<40 y	1
18-50 y	1
>16 y	1

^aThe full table listing the studies is available as an appendix with the online version of this article.

effect of LET on ACLR outcomes in recent years, it appears crucial to establish clear indications for this procedure. Our study findings showed that the main frequent and repeated indications for using LET in ACLR are meniscal surgery, sports activity, and grade 2 and 3 pivoting.

Nowadays, there is a growing popularity of high-risk competitive sports (eg, football, soccer, and basketball), which are major risk factors for ACL injuries, one of the most common knee injuries in sports. As we presented, most of the studies focused on high-risk sports as one of the main indications for LET. The authors emphasized that among athletic patients, LET techniques provide better knee stability and decreased graft rupture.^{11,21,29,31} In the Green et al¹⁴ study, participation in a high-risk competitive sport was one of the main inclusive criteria. They observed that all patients who underwent a quadriceps tendon ACLR with a concomitant modified Lemaire

DISCUSSION

This systematic review aimed to find and describe indications for LET in the setting of concurrent ACLR. Owing to the growing interest in the anatomy of ALL and the

returned to sport, and the rate of graft rupture was 0%. Joseph et al²¹ noted that the modified Lemaire procedure restored rotational stability without compromising isokinetic muscle recovery at the time of return to play. Moreover, active patients with a high risk of reinjury should be particularly treated with a LET. Firth et al¹¹ suggested that orthopaedic surgeons consider this technique in a group of physically active, young patients, as the LET was protective when adjusted for other variables in their analysis.

Additionally, it is worth paying attention to female athletes, who are increasingly participating in competitive sports, which is associated with a higher injury rate.^{25,26} Vadalà et al³⁸ observed in a group of female athletes that the additional extra-articular MacIntosh procedure modified by Cocker-Arnold in combination with ACLR significantly reduced the postoperative rotational instability of the knee. In Ibrahim's study,¹⁸ patients, after having a torn ACL, were able to return to their previous sports activity, but 13.7% had to give up on sports completely or had to modify their activities. Despite the 21 participants who could not do sports, the majority fully returned to previous activities after ACLR with LET. Feller et al⁹ presented the use of the modified Ellison procedure as a LET augmentation of a primary ACLR to try to reduce the graft rupture rate in a cohort of patients considered to be at a high risk of reinjury, which appeared to be effective and safe. In their outcomes, 23 of 25 patients returned to sport after 24 months; 17 were playing at the same level or higher and only 2 at a low level; nevertheless, 1 patient experienced a contact mechanism graft rupture at 12 months.

Moreover, other studies have revealed that extra-articular augmentation demonstrates highly satisfactory results at a long-term follow-up.^{27,39,40} Viglietta et al³⁹ observed that there was no difference in postoperative subjective scores between patients undergoing isolated ACLR and those with a combined Arnold-Coker modification of the McIntosh extra-articular procedure. Despite this, knees with the combined ACLR technique had a significantly lower osteoarthritis grade after partial lateral meniscectomy, better knee stability, and a lower graft rupture at the long-term follow-up. Marcacci et al²⁷ studied high-level sports patients and found that ACLR with extra-articular augmentation showed maintenance of knee stability without an increased rate of degenerative arthritis at long-term follow-up. Zaffagnini et al⁴⁰ noted that the LET technique demonstrated good results at 20-year follow-up without generating lateral knee or patellofemoral osteoarthritis among patients participating in cutting sports. In addition, Declercq et al⁵ investigated the LET procedure with regard to osteoarthritis. They presented evidence suggesting that it is safe and does not raise the risk of osteoarthritis. Furthermore, they found no statistically significant differences among the various LET techniques, such as the modified Coker-Arnold and the modified Lemaire. Imbert et al¹⁹ also opted to include patients involved in pivot sports and competitive athletes in their study. At their mean follow-up, they found that extra-articular reconstruction provided greater control

over the pivot shift with a low retear rate and a low rate of secondary meniscal damage. Getgood et al¹² stated that adding the LET approach to ACLR reduces subjective functional recovery up to 6 months postoperatively, but these differences had no effect on objective function. They also included patients who took part in competitive pivoting sports.

However, Perelli et al³¹ noted that patients who underwent surgery with a LET procedure or patients with only ACLR returned to sports at the same competitive level, without a significant difference between the groups. Additionally, Hantouly et al¹⁵ observed no significant differences at short-term follow-up in terms of postoperative outcomes among athletes with ACLR alone, ACLR with lateral tenodesis, and ACL with ALL reconstruction.

Although opinions are divided, most authors presented the LET technique as a required supplement for ACLR. They showed advantages, especially among the athlete population, such as reduced time of functional recovery, a lower rate of secondary meniscal damage, a lower rate of retear, better knee stability, a lower rate of graft rupture, a significantly lower osteoarthritis grade, and high return-to-play rate. We believe that, for all the results presented here, sports activity should be one of the crucial indications for using LET techniques in ACLR.

Some authors decided to include patients with meniscal lesions or different types of meniscal treatments.^{9,11,18,21,27,38,39} Firth et al¹¹ observed that in the group of patients with medial meniscal repair or excision, adding a LET with increasing hamstring autograft diameter significantly reduced asymmetric pivot shift and increased knee stability. In Ibrahim's study,¹⁸ magnetic resonance imaging was not available, making it difficult to assess the knees preoperatively in terms of the type and grade of meniscal injury; nevertheless, 47% of patients had meniscal injuries, in addition to torn ACLs, according to operative findings, and as stated by the author none had poor postoperative results in questionnaire evaluation and clinical examination. Viglietta et al³⁹ noted that knees with combined ACLR had a significantly lower osteoarthritis grade after partial lateral meniscectomy, which was the main risk factor negatively associated with osteoarthritis changes.

Additionally, grade 2 and 3 pivoting is considered a crucial indication for the LET technique, which was reported in some of the studies in this review.^{2,5,9,12,14,28,33,35,38} Trichine et al³⁵ found that LET plays a major role in the lateral compartment, and the gain on this segment, as compared with preoperative laxity, was significantly better than for an isolated intra-articular plasty. It is worth noting that the main inclusion criterion in this study was advanced chronic anterior laxity, defined as a positive Lachman test result with a grade 3 + pivot shift and a positive anterior drawer test at 90° of flexion. Rowan et al³³ observed that among patients with high-grade pivot shift, postoperative outcomes for ACLR with LET were significantly better than those for ACLR alone. Minguell Montyart et al²⁸ also documented that stability examination tests (Lachman and pivot shift) showed significant improvements in most cases where revision ACLR using

allografts was augmented with LET. Moreover, the Vadalà et al³⁸ evaluation showed that a positive pivot-shift result was found postoperatively much less often in a group of patients treated with ACLR and LET techniques.

Jacquet et al²⁰ and Farinelli et al⁸ found no benefit of LET regardless of the graft chosen for ACLR. However, most authors reported improved knee stability in groups with LET, despite graft choice. This contrast with studies by Keizer et al²² and Borim et al,² which demonstrated beneficial effects with a patellar tendon graft, as well as studies using soft tissue grafts - such as Heard et al¹⁶ for hamstrings, Green et al¹⁴ for quadriceps femoris, and Minguell Monyart et al²⁸ for allografts.

The success of LET methods relies on several indications. As we presented, the majority of studies focused on sports activity, high-grade pivoting, and meniscal surgery. Interestingly, despite the lack of definitive indications for LET in the literature, which was first described in the mid-1960s, many authors have been using defined indications, which are mostly associated with positive postoperative outcomes.

This systematic review was not without limitations. First, the methodology of the studies, number of participants, various operative LET methods, follow-up period, and study designs varied significantly. Second, the literature on this topic mostly consists of retrospective studies based on level 3 and 4 evidence. Third, the source of selection bias was also inherent, as only English-language studies were included. In addition, the mean age varied per publication, ranging from 8.5 to 36.3 years. We observed that most studies included adolescents and young adults.

In summary, while this systematic review shows a variety of current indications and provides valuable information for the state of LET in ACLR, we recommend that future research be done to provide detailed guidelines.

CONCLUSION

Owing to the advancement of arthroscopic techniques, the method of LET is gradually returning to everyday ACL surgery, with the introduction of LET in the adolescent group becoming particularly popular. The increased awareness is mainly caused by the better-understood anatomy of the anterolateral complex of the knee joint and its role in joint biomechanics. Most of the articles included are from the recent decade. The main frequent and repeated indications for using LET in ACLR are meniscal surgery, sports activity, and grade 2 and 3 pivoting. The articles reviewed showed reduced pivoting and laxity, improved clinical outcomes, and decreased revision rates after primary ACLR failures. What is more, revision was not the most frequent indication.

ORCID iDs

Jan Zabrzynski  <https://orcid.org/0000-0003-2714-2466>
Adam Kwapisz  <https://orcid.org/0000-0002-1252-0105>

Jakub Erdmann  <https://orcid.org/0000-0003-4595-4644>
Michał Błachowski  <https://orcid.org/0009-0005-4739-9252>
Jakub Ohla  <https://orcid.org/0000-0002-0807-2979>

REFERENCES

1. Alm L, Drenck TC, Frosch KH, Akoto R. Lateral extra-articular tenodesis in patients with revision anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction and high-grade anterior knee instability. *Knee*. 2020;27(5):1451-1457.
2. Borim FM, Jubert NJ, Vinaixa MMR, et al. Good rates of return-to-sport in athletes after revision anterior cruciate ligament reconstruction using autologous patellar tendon and lateral extra-articular tenodesis: a 2-year follow-up prospective study. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2023;33(7):3125-3133.
3. Brockmeyer M, Orth P, Höfer D, et al. The anatomy of the anterolateral structures of the knee—a histologic and macroscopic approach. *Knee*. 2019;26(3):636-646.
4. Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat*. 2013; 223(4):321-328.
5. Declercq J, Schuurmans M, Tack L, Verhelst C, Truijen J. Combined lateral extra-articular tenodesis and anterior cruciate ligament reconstruction: risk of osteoarthritis. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2023; 33(4):1075-1082.
6. Eggeling L, Drenck TC, Frings J, et al. Additional lateral extra-articular tenodesis in revision ACL reconstruction does not influence the outcome of patients with low-grade anterior knee laxity. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022;142(2):291-299.
7. El-Azab H, Moursy M, Mohamed MA, Elsayed M. A comparison of the outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction with large-size graft versus reconstruction with average-size graft combined with extraarticular tenodesis. *Injury*. 2023;54(3):976-982.
8. Farinelli L, Abermann E, Meena A, Uebliacker P, Hahne J, Fink C. Return to play and pattern of injury after ACL rupture in a consecutive series of elite UEFA soccer players. *Orthop J Sports Med*. 2023;11(3):23259671231153629.
9. Feller JA, Devitt BM, Webster KE, Klemm HJ. Augmentation of primary ACL reconstruction with a modified Ellison lateral extra-articular tenodesis in high-risk patients: a pilot study. *Orthop J Sports Med*. 2021;9(8):23259671211021351.
10. Ferretti A. Extra-articular reconstruction in the anterior cruciate ligament deficient knee: a commentary. *Joints*. 2014;2(1):41-47.
11. Firth AD, Bryant DM, Litchfield R, et al. Predictors of graft failure in young active patients undergoing hamstring autograft anterior cruciate ligament reconstruction with or without a lateral extra-articular tenodesis: the Stability experience. *Am J Sports Med*. 2022;50(2): 384-395.
12. Getgood A, Hewison C, Bryant D, et al. No difference in functional outcomes when lateral extra-articular tenodesis is added to anterior cruciate ligament reconstruction in young active patients: the Stability Study. *Arthroscopy*. 2020;36(6):1690-1701.
13. Gibbs CM, Hughes JD, Popchak AJ, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction with lateral extraarticular tenodesis better restores native knee kinematics in combined ACL and meniscal injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2022;30(1):131-138.
14. Green DW, Hidalgo Perea S, Brusalis CM, Chipman DE, Asaro LA, Cordasco FA. A modified lemaire lateral extra-articular tenodesis in high-risk adolescents undergoing anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon autograft: 2-year clinical outcomes. *Am J Sports Med*. 2023;51(6):1441-1446.
15. Hantouly AT, Ahmed AF, Fermin TM, et al. Short-term outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction with or without lateral tenodesis or anterolateral ligament reconstruction: a retrospective cohort. *Int Orthop*. 2023;47(12):2991-2999.

16. Heard M, Marmura H, Bryant D, et al. No increase in adverse events with lateral extra-articular tenodesis augmentation of anterior cruciate ligament reconstruction—results from the Stability randomized trial. *J ISAKOS*. 2023;8(4):246-254.
17. Herbst E, Albers M, Burnham JM, Fu FH, Musahl V. The anterolateral complex of the knee. *Orthop J Sports Med*. 2017;5(10):232596711773080.
18. Ibrahim SAR. Anterior cruciate ligament reconstruction by combined intra-articular (K. Lambert) and extra-articular iliotibial band tenodesis (MacIntosh; autologous grafts). *Medical Principles and Practice*. 1999;8(1):1-5.
19. Imbert P, Lustig S, Steltzlen C, et al. Midterm results of combined intra- and extra-articular ACL reconstruction compared to historical ACL reconstruction data: multicenter study of the French Arthroscopy Society. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017;103(8S):S215-S221.
20. Jacquet C, Ploger C, Seil R, et al. Incidence and risk factors for residual high-grade pivot shift after ACL reconstruction with or without a lateral extra-articular tenodesis. *Orthop J Sports Med*. 2021;9(5):23259671211003590.
21. Joseph L, Demey G, Chamu T, et al. Adding a modified Lemaire procedure to ACLR in knees with severe rotational knee instability does not compromise isokinetic muscle recovery at the time of return-to-play. *J Exp Orthop*. 2020;7:84.
22. Keizer MNJ, Brouwer RW, de Graaff F, Hoogslag RAG. Higher return to pre-injury type of sports after revision anterior ligament reconstruction with lateral extra-articular tenodesis compared to without lateral extra-articular tenodesis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2023;31(5):1699-1703.
23. LaBella CR, Hennrikus W, Hewett TE, et al. Anterior cruciate ligament injuries: diagnosis, treatment, and prevention. *Pediatrics*. 2014;133(5):e1437-e1450.
24. Mahmoud A, Torbey S, Honeywill C, Myers P. Lateral extra-articular tenodesis combined with anterior cruciate ligament reconstruction is effective in knees with additional features of lateral, hyperextension, or increased rotational laxity: a matched cohort study. *Arthroscopy*. 2022;38(1):119-124.
25. Mancino F, Gabr A, Plastow R, Haddad FS. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: is it time for a new approach? *Bone Joint J*. 2023;105(10):1033-1037.
26. Mancino F, Kayani B, Gabr A, Fontalis A, Plastow R, Haddad FS. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: risk factors and strategies for prevention. *Bone Jt Open*. 2024;5(2):94-100.
27. Marcacci M, Zaffagnini S, Giordano G, Iacono F, Presti ML. Anterior cruciate ligament reconstruction associated with extra-articular tenodesis: a prospective clinical and radiographic evaluation with 10- to 13-year follow-up. *Am J Sports Med*. 2009;37(4):707-714.
28. Minguell Monyart J, Moreira Borim F, Revertè Vinaixa MM, et al. Allografts and lateral extra-articular tenodesis for revision anterior cruciate ligament reconstruction: enhanced rotational stability and improved functional outcomes. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2023;33(6):2579-2586.
29. Monaco E, Carrozzo A, Saithna A, et al. Isolated ACL reconstruction versus ACL reconstruction combined with lateral extra-articular tenodesis: a comparative study of clinical outcomes in adolescent patients. *Am J Sports Med*. 2022;50(12):3244-3255.
30. Montalvo AM, Schneider DK, Webster KE, et al. Anterior cruciate ligament injury risk in sport: a systematic review and meta-analysis of injury incidence by sex and sport classification. *J Athl Train*. 2019;54(5):472-482.
31. Perelli S, Costa GG, Terron VM, et al. Combined anterior cruciate ligament reconstruction and modified lemaire lateral extra-articular tenodesis better restores knee stability and reduces failure rates than isolated anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature patients. *Am J Sports Med*. 2022;50(14):3778-3785.
32. Rodriguez K, Soni M, Joshi PK, et al. Anterior cruciate ligament injury: conservative versus surgical treatment. *Cureus*. 2021;13(12):e20206.
33. Rowan FE, Huq SS, Haddad FS. Lateral extra-articular tenodesis with ACL reconstruction demonstrates better patient-reported outcomes compared to ACL reconstruction alone at 2 years minimum follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019;139(10):1425-1433.
34. Thein R, Boorman-Padgett J, Stone K, Wickiewicz TL, Imhauser CW, Pearle AD. Biomechanical assessment of the anterolateral ligament of the knee: a secondary restraint in simulated tests of the pivot shift and of anterior stability. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98(11):937-943.
35. Trichine F, Alsaati M, Chouteau J, Moyon B, Bouzitouna M, Maza R. Patellar tendon autograft reconstruction of the anterior cruciate ligament with and without lateral plasty in advanced-stage chronic laxity: a clinical, prospective, randomized, single-blind study using passive dynamic X-rays. *Knee*. 2014;21(1):58-65.
36. Trojani C, Beaufile P, Burdin G, et al. Revision ACL reconstruction: influence of a lateral tenodesis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(8):1565-1570.
37. Tuca M, Valderrama I, Eriksson K, Tapasvi S. Current trends in anterior cruciate ligament surgery: a worldwide benchmark study. *J ISAKOS*. 2023;8(1):2-10.
38. Vadalà AP, Iorio R, De Carli A, et al. An extra-articular procedure improves the clinical outcome in anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings in female athletes. *Int Orthop*. 2013;37(2):187-192.
39. Vigiotta E, Ponzo A, Monaco E, et al. ACL reconstruction combined with the Arnold-Coker modification of the MacIntosh lateral extra-articular tenodesis: long-term clinical and radiological outcomes. *Am J Sports Med*. 2022;50(2):404-414.
40. Zaffagnini S, Marcheggiani Muccioli GM, Grassi A, et al. Over-the-top ACL reconstruction plus extra-articular lateral tenodesis with hamstring tendon grafts: prospective evaluation with 20-year minimum follow-up. *Am J Sports Med*. 2017;45(14):3233-3242.

12. Oświadczenia współautorów publikacji

Toruń, dnia 05.05.2025

Lek. Jakub Erdmann
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

05.05.2025

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Functional outcomes of simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis using an all-suture anchor: a modified mini-open technique”

Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Przemysław Pękala, Szymon Nowak, Filip Gołębiewski, Gazi Huri, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: przygotowaniu i opracowaniu materiału badawczego, pisaniu i edycji manuskryptu, wysłania manuskryptu do czasopisma.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 65%.

Jakub Erdmann

Toruń, dnia 06.05.2025

Lek. Maria Zabrzyńska
Katedra Medycyny Rodzinnej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

06.05.2025

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

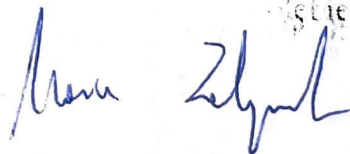
Tytuł publikacji: „Functional outcomes of simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis using an all-suture anchor: a modified mini-open technique”

Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Przemysław Pękala, Szymon Nowak, Filip Gołębiewski,
Gazi Huri, Jan Zabrzyński

06.05.2025

Mój udział polegał na: rewizji manuskryptu na podstawie opinii recenzentów

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.

06.05.2025


06.05.2025

Toruń, dnia 05.05.2025

Dr hab. n. med. Przemysław Pękala
Katedra Anatomii
Uniwersytet Jagielloński
Collegium Medicum
Kraków 33-332, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

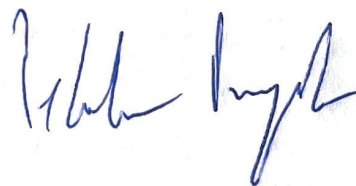
Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Functional outcomes of simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis using an all-suture anchor: a modified mini-open technique”

Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Przemysław Pękala, Szymon Nowak, Filip Gołębiewski,
Gazi Huri, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.



Toruń, dnia 10.05.2025

Lek. Szymon Nowak
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

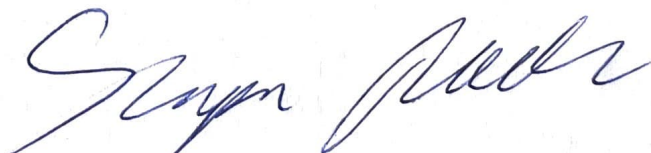
Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Functional outcomes of simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis using an all-suture anchor: a modified mini-open technique”

Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Przemysław Pękala, Szymon Nowak, Filip Gołębiewski,
Gazi Huri, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: przygotowaniu materiału badawczego

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.



Toruń, dnia 10.05.2025

Lek. Filip Gołębiewski
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Functional outcomes of simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis using an all-suture anchor: a modified mini-open technique”

Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Przemysław Pękala, Szymon Nowak, Filip Gołębiewski,
Gazi Huri, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: pomocy organizacji projektu badawczego

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.

Gołębiewski

Toruń, dnia 06.05.2025

Prof. Gazi Huri, MD, PhD
Hacettepe University School of Medicine
Orthopaedics and Traumatology Department
Collegium Medicum w Bydgoszczy
06-320, Ankara, Turkey

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Functional outcomes of simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis using an all-suture anchor: a modified mini-open technique”

Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Przemysław Pękala, Szymon Nowak, Filip Gołębiewski,
Gazi Huri, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.



Toruń, dnia 09.05.2025

Dr hab. n. med. Jan Zabrzyński, prof. UMK
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

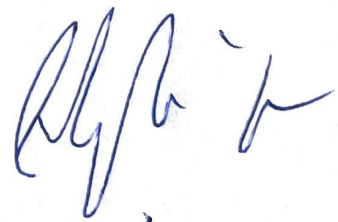
Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Functional outcomes of simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis using an all-suture anchor: a modified mini-open technique”

Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Przemysław Pękala, Szymon Nowak, Filip Gołębiewski,
Gazi Huri, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: przygotowaniu i opracowaniu materiału badawczego, uwag i akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 30%.



Toruń, dnia 05.05.2025

Lek. Jakub Erdmann
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „A Sonographic Examination of the Iliotibial Band Strip Used in the Mini-Open Modified Lemaire Lateral Extra-Articular Tenodesis in Patients with Primary and Revision ACL Reconstruction—A Pilot Study ”

Jakub Erdmann, Przemysław Pękala, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: projektowaniu badania, analizie wyników, pisaniu i edycji manuskryptu, wysłania do czasopisma.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 69%.



Toruń, dnia 05.05.2025

Dr hab. n. med. Przemysław Pękala
Katedra Anatomii
Uniwersytet Jagielloński
Collegium Medicum
Kraków 33-332, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „A Sonographic Examination of the Iliotibial Band Strip Used in the Mini-Open Modified Lemaire Lateral Extra-Articular Tenodesis in Patients with Primary and Revision ACL Reconstruction—A Pilot Study ”

Jakub Erdmann, Przemysław Pękala, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.



Załącznik nr 5 do uchwały Nr 38 Senatu UMK z dnia 26 września 2023 r.
w sprawie postępowania o nadanie stopnia doktora
na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu

Toruń, dnia 05.05.2025

Dr hab. n. med. Jan Zabrzyński, prof. UMK
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

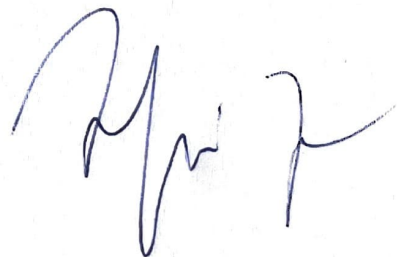
Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „A Sonographic Examination of the Iliotibial Band Strip Used in the Mini-Open Modified Lemaire Lateral Extra-Articular Tenodesis in Patients with Primary and Revision ACL Reconstruction—A Pilot Study ”

Jakub Erdmann, Przemysław Pękala, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: przygotowanie projektu badawczego, edycja manuskryptu, ostateczna akceptacja.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 30%.



Toruń, dnia 05.05.2025

Lek. Jakub Erdmann
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „A Sonographic Examination of the Iliotibial Band Strip Used in the Mini-Open Modified Lemaire Lateral Extra-Articular Tenodesis in Patients with Primary and Revision ACL Reconstruction—A Pilot Study ”

Jakub Erdmann, Przemysław Pękala, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: projektowaniu badania, analizie wyników, pisaniu i edycji manuskryptu, wysłania do czasopisma.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 69%.



Toruń, dnia 05.05.2025

Dr hab. n. med. Przemysław Pękala
Katedra Anatomii
Uniwersytet Jagielloński
Collegium Medicum
Kraków 33-332, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „A Sonographic Examination of the Iliotibial Band Strip Used in the Mini-Open Modified Lemaire Lateral Extra-Articular Tenodesis in Patients with Primary and Revision ACL Reconstruction—A Pilot Study ”

Jakub Erdmann, Przemysław Pękala, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.



Załącznik nr 5 do uchwały Nr 38 Senatu UMK z dnia 26 września 2023 r.
w sprawie postępowania o nadanie stopnia doktora
na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu

Toruń, dnia 05.05.2025

Dr hab. n. med. Jan Zabrzyński, prof. UMK
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

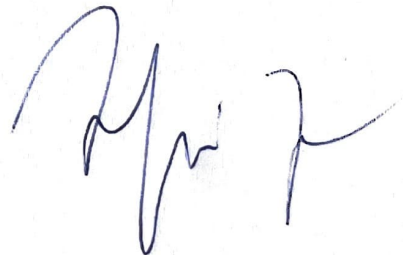
Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „A Sonographic Examination of the Iliotibial Band Strip Used in the Mini-Open Modified Lemaire Lateral Extra-Articular Tenodesis in Patients with Primary and Revision ACL Reconstruction—A Pilot Study ”

Jakub Erdmann, Przemysław Pękala, Jan Zabrzyński

Mój udział polegał na: przygotowanie projektu badawczego, edycja manuskryptu, ostateczna akceptacja.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 30%.



Toruń, dnia 09.05.2025

Dr hab. n. med. Jan Zabrzyński, prof. UMK
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

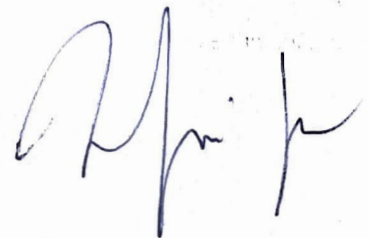
Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systemic Review”

Jan Zabrzyński, Adam Kwapisz, Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Michał Błachowski, Jakub Ohla, Michalina Adamczyk, Maciej Sokołowski, Bartosz Majchrzak, Gazi Huri

Mój udział polegał na: selekcji artykułów naukowych, pisaniu i edycji manuskryptu, przygotowaniu projektu badawczego, akceptacji ostatecznej wersji.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 75%.



Toruń, dnia 08.08.2025

Dr hab. n. med. Adam Kwapisz, prof. UM
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Klinika Ortopedii, Traumatologii z Pododdziałem Ortopedii Dziecięcej
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
90-419, Łódź, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systemic Review”

Jan Zabrzyński, Adam Kwapisz, Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Michał Błachowski,
Jakub Ohla, Michalina Adamczyk, Maciej Sokołowski, Bartosz Majchrzak, Gazi Huri

Mój udział polegał na: akceptacji ostatecznej wersji artykułu.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.



Toruń, dnia 05.05.2025

Lek. Jakub Erdmann
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systemic Review ”

Jan Zabrzyński, Adam Kwapisz, Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Michał Błachowski,
Jakub Ohla, Michalina Adamczyk, Maciej Sokołowski, Bartosz Majchrzak, Gazi Huri

Mój udział polegał na: pisaniu i edycji manuskryptu, przygotowaniu projektu badawczego.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 17%.



Toruń, dnia 06.05.2025

Lek. Maria Zabrzyńska
Katedra Medycyny Rodzinnej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systemic Review”

Jan Zabrzyński, Adam Kwapisz, Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Michał Błachowski,
Jakub Ohla, Michalina Adamczyk, Maciej Sokołowski, Bartosz Majchrzak, Gazi Huri

Mój udział polegał na: przeszukiwaniu baz naukowych i selekcji artykułów.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.



Załącznik nr 5 do uchwały Nr 38 Senatu UMK z dnia 26 września 2023 r.
w sprawie postępowania o nadanie stopnia doktora
na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu

Toruń, dnia 07.05.2025

Dr n.med. Michał Błachowski
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systemic Review”

Jan Zabrzyński, Adam Kwapisz, Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Michał Błachowski,
Jakub Ohla, Michalina Adamczyk, Maciej Sokołowski, Bartosz Majchrzak, Gazi Huri

Mój udział polegał na: wysłaniu artykułu do czasopisma

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.

dr n. med. Michał Błachowski
REZIDENT ORTOPEDII
I TRAUMATOLOGII NARZĄDU RUCHU
34081/5

Toruń, dnia 05.05.2025

Dr n. med. Jakub Ohla
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

05.05.2025

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systemic Review”

Jan Zabrzyński, Adam Kwapisz, Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Michał Błachowski,
Jakub Ohla, Michalina Adamczyk, Maciej Sokołowski, Bartosz Majchrzak, Gazi Huri

05.05.2025

Mój udział polegał na: rewizji pracy po recenzjach, akceptacji ostatecznej wersji manuskryptu.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.



05.05.2025

05.05.2025

Toruń, dnia 05.05.2025

Michalina Adamczyk
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

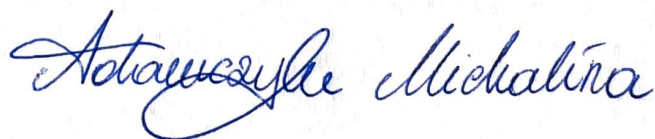
Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systemic Review”

Jan Zabrzyński, Adam Kwapisz, Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Michał Błachowski,
Jakub Ohla, Michalina Adamczyk, Maciej Sokołowski, Bartosz Majchrzak, Gazi Huri

Mój udział polegał na: przeszukaniu baz naukowych

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.



Toruń, dnia 05.05.2025

Bartosz Majchrzak
Katedra Ortopedii, Traumatologii i Chirurgii Plastycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum w Bydgoszczy
85-092 Bydgoszcz, Polska

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systemic Review”

Jan Zabrzyński, Adam Kwapisz, Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Michał Błachowski,
Jakub Ohla, Michalina Adameczyk, Maciej Sokołowski, Bartosz Majchrzak, Gazi Huri

Mój udział polegał na: przeszukaniu baz naukowych

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.

B. Majchrzak

Toruń, dnia 06.05.2025

Prof. Gazi Huri, MD, PhD
Hacettepe University School of Medicine
Orthopaedics and Traumatology Department
Collegium Medicum w Bydgoszczy
06-320, Ankara, Turkey

**Rada Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
w Toruniu**

Niniejszym oświadczam, że w pracy:

Tytuł publikacji: „Indications for Lateral Extra-articular Tenodesis in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systemic Review”

Jan Zabrzyński, Adam Kwapisz, Jakub Erdmann, Maria Zabrzyńska, Michał Błachowski, Jakub Ohla, Michalina Adamczyk, Maciej Sokołowski, Bartosz Majchrzak, Gazi Huri

Mój udział polegał na: akceptacji ostatecznej wersji artykułu.

Mój udział w powstaniu pracy wynosi 1%.



13. Zgoda komisji bioetycznej

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Collegium Medicum im L. Rydygiera w Bydgoszczy
KOMISJA BIOETYCZNA

UL. M. Skłodowskiej-Curie 9, 85-094 Bydgoszcz, tel.(052) 585-35-63

KB 347/2023

Bydgoszcz, 22.08.2023 r.

Działając na podstawie art.29 ustawy z dnia 5.12.1996 r. o zawodzie lekarza (Dz.U. z 1997 r. Nr 28 poz. 152, wraz z późniejszymi zmianami), rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 26.01.2023r. w sprawie komisji bioetycznej oraz Odwoławczej Komisji Bioetycznej (Dz. U. 2023 poz. 218) oraz Zarządzenia nr 108 Rektora Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu z dnia 31 maja 2023r. w sprawie powołania komisji bioetycznej oraz zgodnie z zasadami zawartymi w DH i GCP:

Komisja Bioetyczna przy UMK w Toruniu, Collegium Medicum w Bydgoszczy

na posiedzeniu w dniu 22.08.2023 r. przeanalizowała wniosek, który złożył kierownik badania:

dr hab. n. med. Jan Zabrzynski, prof. UMK
Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu
Collegium Medicum w Bydgoszczy UMK w Toruniu

z zespołem w składzie:

dr hab. n. med. Jan Zabrzynski, prof. UMK, lek. Rafał Wójcicki, lek. Piotr Walus, lek. Jakub Erdman, dr n. med. Michał Blachowski

w sprawie badania:

„Zastosowanie tenodezy boczej zewnątrzstawowej w rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego”.

Po zapoznaniu się ze złożonym wnioskiem i w wyniku przeprowadzonej dyskusji oraz głosowania Komisja podjęła

Uchwałę o pozytywnym zaopiniowaniu wniosku

w sprawie przeprowadzenia badań, w zakresie określonym we wniosku pod warunkiem:

- poinformowania na piśmie uczestników badania o celu oraz zakresie badań i uzyskania od każdego z nich osobnej, pisemnej, świadomej zgody na udział w badaniu, zgodnie z obowiązującymi przepisami, datowanej najpóźniej na moment rozpoczęcia badania;
- zachowania tajemnicy wszystkich danych, w tym danych osobowych uczestników badania, umożliwiających ich identyfikację w ewentualnych publikacjach
- zapewnienia, że osoby uczestniczące w badaniu nie są ubezwłasnowolnione, nie są żołnierzami służby zasadniczej, nie są osobami pozbawionymi wolności, nie pozostają w zależności służbowej, dydaktycznej lub innej z prowadzącym badanie;
- sugerujemy uzyskanie podpisu uczestnika badania pod informacją o badaniu, lub sporządzenie formularza informacji i świadomej zgody na udział w badaniu w ramach jednego dokumentu.

Jednocześnie informujemy, iż „Zgoda na udział w badaniu” winna zawierać m.in.: imię i nazwisko badanej osoby; adres zamieszkania lub PESEL lub nr historii choroby pacjenta (L.k.a.gł. Oddziału/Poradni) oraz datę i podpis badanej osoby, a także klauzulę, że uczestnik badania wyraża zgodę na przetwarzanie danych osobowych dotyczących realizacji tematu badawczego, zgodnie z obowiązującym prawem (RODO).

Kierownik badania zobowiązany jest do przechowywania wszystkich dokumentów dotyczących badania przez okres dwadzieścia lat.

Zgoda obowiązuje od daty podjęcia uchwały (22.08.2023 r.) do końca 2025 r.

Wydana opinia dotyczy tylko rozpatrywanego wniosku z uwzględnieniem przedstawionego projektu, każda zmiana i modyfikacja wymaga uzyskania odrębnej opinii. Wnioskodawca zobowiązany jest do informowania o wszelkich poprawkach, które mogłyby mieć wpływ na opinię Komisji oraz poinformowania o przedterminowym zakończeniu badania.

Od niniejszej uchwały podmiot zamierzający przeprowadzić badanie, kierownik zakładu opieki zdrowotnej, w której badanie ma być przeprowadzone, mogą wnieść odwołanie do Odwoławczej Komisji Bioetycznej przy Ministrze Zdrowia, za pośrednictwem Komisji Bioetycznej przy Collegium Medicum im. L. Rodgiera w Bydgoszczy, w terminie 14 dni od daty otrzymania niniejszej Uchwały.

Prof. dr hab. med. Mariusz Dubiel

Przewodniczący Komisji Bioetycznej

Otrzymuje:

dr hab. n. med. Jan Zabczyński, prof. UMK
Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu
Collegium Medicum w Bydgoszczy UMK w Toruniu