

Michał Barnaś

Oddział Urazowo – Ortopedyczny

Szpital eMKa Med we Wrocławiu

**Ocena kliniczna, funkcjonalna
i porównawcza wyników leczenia
zachowawczego i operacyjnego u dzieci
i młodzieży leczonych z powodu
izolowanego uszkodzenia więzadła
krzyżowego przedniego**

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych

Promotor: prof. dr hab. n. med. Paweł Reichert

Katedra Chirurgii Urazowej Wydziału Lekarskiego

Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu

Promotor pomocniczy: dr hab. Aleksandra Królikowska

Samodzielna Pracownia Ergonomii i Monitoringu Biomedycznego

Katedra Fizjoterapii Wydziału Nauk o Zdrowiu

Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu

Wrocław 2022

Spis treści

I Wstęp	5
1. Wprowadzenie	5
2. Anatomia stawu kolanowego	7
3. Cechy szczególne stawu kolanowego u dziecka	11
3.1. Wzrost kości	11
3.2. Oś kończyny dolnej u dzieci	13
3.3. Funkcjonalny opis więzadła krzyżowego przedniego	15
3.4. Uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci	15
3.4.1. Morfologiczny podział uszkodzeń WKP u dzieci	16
3.4.2. Biomechanika uszkodzeń WKP u dzieci	16
3.4.3. Uszkodzenia towarzyszące urazom WKP	17
4. Diagnostyka urazów więzadła krzyżowego przedniego u dzieci	18
4.1. Badanie podmiotowe	18
4.2. Badanie przedmiotowe	18
4.3. Badanie obrazowe	19
4.4. Ocena dojrzałości szkieletu	19
5. Postępowanie terapeutyczne	20
5.1. Leczenie zachowawcze uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci	20
5.2. Leczenie operacyjne uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci	21
5.2.1. Przeszczepy autologiczne (pochodzące od tego samego pacjenta)	22
5.2.2. Inne rodzaje przeszczepów	23
5.2.3. Sposoby stabilizacji przeszczepu	24
6. Techniki operacyjnego leczenia uszkodzenia WKP u dzieci	25
6.1. Techniki rekonstrukcji	26
6.1.1. Techniki anatomiczne	26
6.1.2. Techniki nieanatomiczne	28
6.2. Techniki augmentacji	29
7. Algorytm postępowania operacyjnego u dzieci i młodzieży	30
II Cel pracy	31
III Materiał i metody	32
1. Materiał kliniczny	32
2. Metodyka	33
2.1. Ocena pacjenta przed zabiegiem operacyjnym	33
2.2. Metody leczenia	37
2.2.1. Leczenie operacyjne (Grupa I)	37

2.2.2. Leczenie zachowawcze (Grupa II).....	42
2.3. Metodyka oceny leczenia	44
2.4. Analiza statystyczna.....	47
IV Wyniki.....	48
1. Ocena ryzyka i okoliczności powstania urazu.....	48
2. Wyniki oceny klinicznej	48
2.1. Ocena stabilności stawu kolanowego	49
2.2. Ocena ruchomości stawu kolanowego.....	56
2.3. Ocena siły i balansu mięśniowego.....	58
3. Wyniki oceny funkcjonalnej.....	59
3.1. Szczegółowa ocena leczenia w Grupie I	62
3.2. Szczegółowa ocena leczenia w Grupie II	63
V Dyskusja.....	65
VI Wnioski.....	74
VII Streszczenie.....	75
VIII Summary	79
IX Piśmiennictwo	83
X Spis Rycin	97
XI Spis Tabel.....	99
XII Spis Diagramów	100
XIII Załączniki	101

I Wstęp

1. Wprowadzenie

Uszkodzenie więzadła krzyżowego przedniego (WKP) należy do najczęstszych następstw urazu skrętnego kolana. Częstość występowania tego schorzenia w populacji to ok. 1 na 3000 [1]. W USA odnotowuje się ok. 200 000 przypadków rocznie [2]. Zerwanie WKP często obserwuje się u sportowców trenujących amatorsko. Najbardziej narażone są osoby trenujące sporty wysokiego ryzyka jak: narciarstwo, piłka nożna i koszykówka [3].

Prewalencja izolowanych uszkodzeń WKP w ogólnej populacji jest znacznie wyższa u mężczyzn i wynosi 81,7 na 100 000 podczas gdy u kobiet wynosi 55,3 na 100 000. Szczyt zapadalności u mężczyzn przypada na przedział wiekowy między 19-25 rokiem życia, a częstość urazu WKP znacząco zmniejsza się wraz z upływem czasu, podczas gdy w żeńskiej populacji szczyt określany jest między 14. a 18. rokiem życia, a częstość po tym okresie spada i stabilizuje się w trzeciej dekadzie życia i pozostaje na względnie stałym poziomie [4].

Dane statystyczne mają różny rozkład w różnych grupach wiekowych i w dalszym ciągu w grupie nieletnich pacjentów stanowi duży problem. Obserwowany jest stały wzrost tego schorzenia w populacji dzieci i młodzieży. Szacowany jest na przestrzeni ostatnich 20 lat na poziomie 2,3% rocznie. Tendencja do powstania urazu do 18. roku życia rośnie wraz z wiekiem. Szczyt występowania to 16 lat dla dziewcząt i 17 lat dla chłopców. Obecnie wśród dzieci i młodzieży do 18. roku życia urazy WKP występują z częstością 92-151 na 100 000, znacznie częściej w grupie żeńskiej [5,6]. Uszkodzenia WKP u dzieci w młodszych grupach wiekowych (5-12 lat) podczas sportowych urazów kolana jest raczej rzadkie i występuje na poziomie 6.3% [7].

Nieleczone uszkodzenie więzadła krzyżowego przedniego przyczynia się do zaburzenia równowagi biomechanicznej kolana, co prowadzi do jego niestabilności. Niewydolność więzadła krzyżowego przedniego związana jest nie tylko ze zmniejszeniem stabilności mechanicznej kolana, ale też wiąże się z upośledzeniem czucia głębokiego ze względu na uszkodzenie znajdujących się w nim proprioceptorów. Efektem tego jest zwiększenie podatności na urazy stawu w przyszłości i obniżenie dynamiki ruchu w kończynie. Ma to bezpośredni wpływ na pogorszenie wyników sportowych lub też całkowicie uniemożliwia kontynuację treningu, co u młodych pacjentów skutkować może rozwojem otyłości. [8] Odległe

konsekwencje wiążą się z postępującym uszkodzeniem wewnętrznych struktur kolana jak na przykład łąkotek i chrząstki stawowej, co z kolei predysponuje do przedwczesnego rozwoju artrozy. Przy oczekiwaniach prowadzenia zdrowego trybu życia, pacjenci chcąc powrócić możliwie szybko do rutynowych treningów czy też amatorskiej aktywności fizycznej, w przeważającej części decydują się na leczenie w niedługim czasie po usłyszeniu diagnozy [9,8,10,11], a na przestrzeni ostatnich 20 lat częstość wykonywania zabiegów rekonstrukcji pediatrycznych więzadła ACL wzrosła 29-krotnie [12].

Do tej pory nie opracowano jednolitego algorytmu postępowania w przypadku uszkodzenia WKP u dzieci i młodzieży. Wiadomym jest, że u dorosłych leczenie chirurgiczne ma dobre rokowanie i prowadzi do zadowalających wyników [13]. Jednakże u pacjentów, u których szkielet jest niedojrzały, tzn. chrząstki wzrostowe są nadal aktywne, może dojść do śródoperacyjnego pooperacyjnego powikłania w postaci uszkodzenia strefy wzrostu i trwałego uszkodzenia kończyny. Z kolei wysoki potencjał biologicznego gojenia, w odróżnieniu od dorosłych, stwarza możliwość leczenia zachowawczego tego schorzenia. Niestety zachowawcza metoda obarczona jest zwiększonym ryzykiem powstania wtórnych uszkodzeń łąkotek i chrząstki, najbardziej w czasie trwania terapii [14].

Podstawowy podział przeszczepów wyróżnia naturalne i syntetyczne. Najbardziej popularnymi przeszczepami naturalnymi są autografy pobrane z tej samej kończyny tego samego pacjenta: tzw. hamstringi, czyli ścięgna m. półścięgnistego (ST) i m. smukłego (G) [15]. Wykorzystuje się również więzadło właściwe rzepki lub rozciągnio m. czworogłowego uda (QT) [15], jednak nie zaleca się stosowania go u osób z niedojrzałym szkieletem [16]. W piśmiennictwie występują też metody przeszczepiania ścięgna mięśnia czworogłowego uda i ścięgna mięśnia podeszwowego. Do drugiej grupy więzadeł naturalnych, czyli przeszczepów allogenicznych, zaliczamy: hamstringi (ST i G), więzadło właściwe rzepki, ścięgno Achillesa oraz ścięgno m. piszczelowego tylnego [17]. Ze względu na zwiększone ryzyko ponownego uszkodzenia graftu u dzieci i młodzieży nie stosuje się allograftów w pierwszej kolejności [18]. Ostatnią grupę przeszczepów naturalnych stanowią xenografy, czyli więzadła pochodzące do osobników innego gatunku.

W subtotalnych urazach przyczepu udowego WKP wykorzystywane są metody augmentacji lub naprawy wewnątrzstawowej. Zabieg augmentacji polega na rekonstrukcji uszkodzonego pęczka WKP – przednio-przyśrodkowego (AM) lub tylnego

bocznego (PL) z wykorzystaniem ścięgien ST lub G. Drugi z nieuszkodzonych pęczków pozostaje nienaruszony [19]. U dzieci i młodzieży preferowana jest metoda rekonstrukcji jednopęczkowej.

Niedawno opracowanym udoskonaleniem są metody naprawy wewnątrzstawowej. Polegają one na użyciu syntetycznych taśm. Techniki te mają na celu wewnątrzwięzadłową argumentację oraz odtworzenie ciągłości WKP. Stosowane procedury to: IBLA (Internal Brace Ligament Augumentation) i DIS (Dynamic Intraligamentary Stabilisation) [20].

Kolejnym zagadnieniem jest metoda mocowania graftu w kanale kostnym. W tym celu stosuje się technikę zawieszeniową (zwana też korówkową) przy pomocy Endobuttona. Inne możliwości to użycie śrub interferencyjnych lub bloczków kostnych w technice „Press-Fit”. Dodatkowo w kanale piszczelowym przeszczep można mocować przy pomocy stabilizatorów do korówki, a w udowym śródkostnie przy użyciu specjalnych pinów.

Przygotowanie i nawiercanie kanałów kostnych przeprowadza się za pomocą wiertła prowadzonego po drutach Kirschnera umieszczonych wcześniej przy użyciu celowników znajdujących się w zestawach narzędzi operacyjnych. Znane techniki przygotowania kanału udowego to outside-in (wiercenie od zewnątrz do środka stawu), all-inside – przygotowanie odbywa się wewnątrzstawowo, poprzez wcześniej przygotowany kanał piszczeli (Trns-Tibial TT) lub z dostępu przednio-przyśrodkowego (antero-medial AM). Kanał piszczelowy natomiast najczęściej nawiercany jest w technice outside-in [21]. Ze względu na wysoką aktywność biologiczną tkanek organizmu dziecka urazy kolana z udziałem więzadła krzyżowego przedniego można leczyć zachowawczo. Procedury te prezentują również dobre wyniki leczenia.

2. Anatomia stawu kolanowego

Staw kolanowy jest największym i najbardziej złożonym stawem w ludzkim organizmie. Staw ten tworzą trzy kości – kość udowa (os femoris), piszczel (tibia) oraz rzepka (patella). Jest to staw o typie zawiasowo – obrotowym umożliwiającym wykonywanie ruchu zginania i prostowania, a dodatkowo możliwe są niewielkie ruchy rotacji wewnętrznej i zewnętrznej. Głowę stawu tworzą wypukłe kłykcie kości udowej, z kolei panewkę – wklęsłe kłykcie kości piszczelowej i powierzchnie stawowe rzepki. Połączenie pomiędzy kością udową a kością piszczelową to tzw. staw udowo-piszczelowy, Połączenie pomiędzy kością udową a rzepką zwane jest stawem udowo-

rzepkowym. Elementy powiększające powierzchnie stawowe to łąkotki (łac. menisci).

Staw kolanowy jako najbardziej złożony staw ludzkiego organizmu posiada wiele struktur anatomicznych, Do najbardziej istotnych elementów, które należy poddać ocenie w klinicznym badaniu kolana dziecięcego należą:

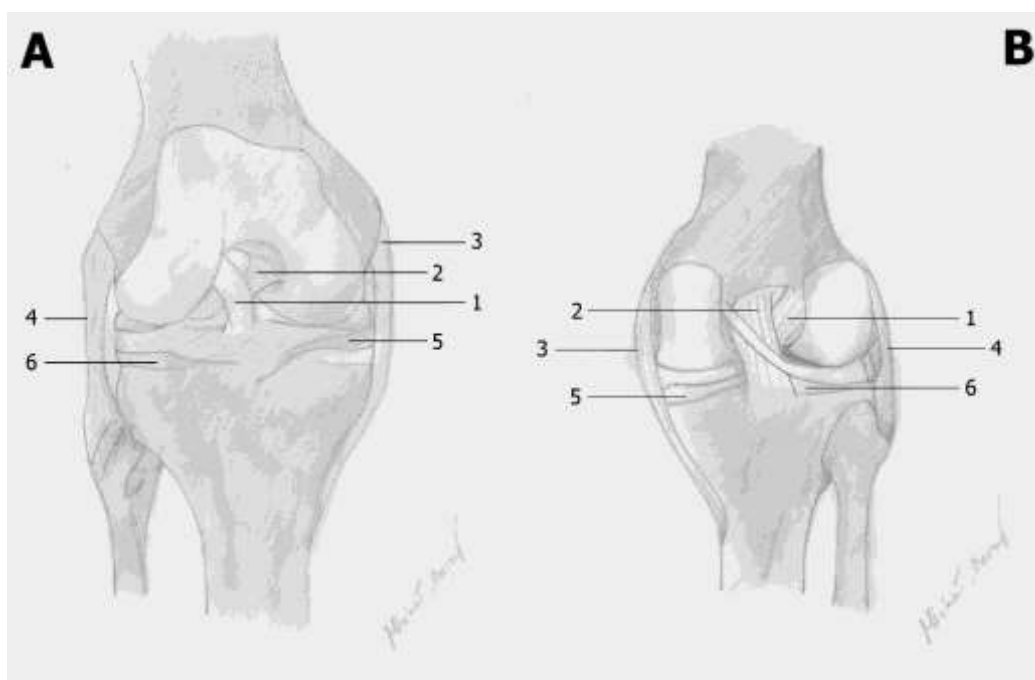
- Elementy kostne: Kłykcie boczne i przyśrodkowe kości udowej oraz głowy kości piszczelowej są do siebie dokładnie dopasowane i dzięki czemu pozwalają ruch zginania i prostowania w stawie kolanowym.
- Aparat więzadłowy: Spośród wielu więzadeł stawu kolanowego najpilniejszej oceny wymagają więzadła poboczne (boczne i przyśrodkowe) stabilizujące staw i zapobiegające koślawieniu i szpotawieniu, oraz więzadła krzyżowe (przednie i tylne) zapobiegające wysuwaniu się podudzia odpowiednio do przodu, do tyłu i rotacji wewnętrznej i zewnętrznej piszczeli. Troczki rzepki – więzadła stabilizujące rzepkę kolanową w jej torze ślizgowym. Ich niewydolności towarzyszy zwiększone ryzyko zwichnięcia rzepki kolanowej. łąkotki boczna i przyśrodkowa – Zapewniają zwiększoną stabilizację kłykci piszczeli oraz kości udowej, warunkują harmonijny ruch uda względem podudzia i optymalne rozkład nacisku.

Wyżej opisane struktury są najważniejszymi z punktu biomechanicznego oraz subiektywnego odczucia sprawności kolana. Struktury te wymagają wnikliwej diagnostyki, gdyż ich niezdiagnozowane uszkodzenie i nieodpowiednia terapia prowadzi do ograniczenia funkcji i przedwczesnego rozwoju zmian zwyrodnieniowych.

Stabilność kolana zapewniają więzadła, które dzielimy na zewnętrzne i wewnętrzne. Do najważniejszych z nich należą (Ryc. 1,2):

- Więzadła zewnętrzne: Więzadło właściwe rzepki oraz troczki przyśrodkowy i boczny oraz więzadła poboczne – wzmacniają staw kolanowy po obu jego stronach: więzadło poboczne piszczelowe (MCL) i więzadło poboczne strzałkowe (LCL).
- Więzadła wewnątrzstawowe: Więzadło krzyżowe przednie (ACL) – rozpoczyna swój przebieg od powierzchni wewnętrznej kłykcia bocznego kości udowej do pola międzykłykciowego przedniego, tuż przy przednim rogu łąkotki przyśrodkowej. Składa się z dwóch pęczków: przednio- przyśrodkowego (AM – antero-medialis) i tylnobocznego (PL – postero-lateralis). Oba pęczki więzadła krzyżowego przedniego posiadają wspólny przyczep piszczelowy, znajdujący

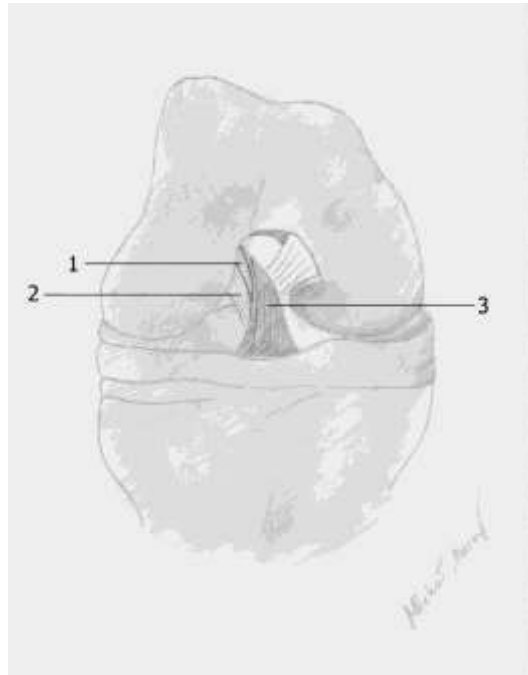
się bocznie od rogu przedniego łąkotki przyśrodkowej, z czego włókna pęczka PL umiejscowione są tylnobocznie w stosunku do włókien AM. Pęczki natomiast przyczepiają się oddzielnie do powierzchni wewnętrznej kłykcia bocznej kości udowej w okolicy kresy międzykrętarzowej bocznej i kresy rozdwojonej bocznej. Niektórzy autorzy wyróżniają także trzeci pęczek – pośredni (IM – intermedial), który pokrywa pęczek AM, leżąc równolegle do PL [22]. Badania histologiczne wykazują, że WKP o budowie trójpęczkowej występuje jedynie u 26% populacji [23]. Wiązadło krzyżowe tylne (PCL) przebiega od wewnętrznej powierzchni kłykcia przyśrodkowego kości udowej do pola międzykłykciowego tylnego. Podobnie jak ACL wykazuje budowę dwupęczkową, choć niekiedy traktowane jest jako jednolita taśmowata struktura. Wyróżniamy w nim większy pęczek przednio-boczny i mniejszy tylnoprzyśrodkowy.



Rycina 1. Anatomia stawu kolanowego z wyróżnieniem najważniejszych struktur

A. Widok od przodu, B. Widok od tyłu

1. Wiązadło krzyżowe przednie
2. Wiązadło krzyżowe tylne
3. Wiązadło poboczne piszczelowe
4. Wiązadło poboczne strzałkowe
5. Łąkotka przyśrodkowa
6. Łąkotka boczna



Rycina 2. Trójpęczkowa budowa więzadła krzyżowego przedniego (kolano prawe)
1. Pęczek pośredni 2. Pęczek tylny-boczny 3. Pęczek przednio-przyśrodkowy

Staw kolanowy to staw o charakterze stawu zawiasowego (staw zawiasowy zmodyfikowany). Ruchy odbywają się w dwóch prostopadłych do siebie osiach. Pierwszy z nich to ruch zgięcia i prostowania, drugi z nich to ruch rotacyjny wzdłuż osi długiej piszczeli. Zginanie i prostowanie – na ruch ten składa się kombinacja toczenia i ślizgania. W początkowych 20 stopniach zgięcia ruch ten odbywa się dzięki toczeniu kłykci kości udowej po powierzchni stawowej piszczeli. Dalszy ruch utrudniają więzadła krzyżowe, dlatego w następnej fazie zginania towarzyszy mu ruch ślizgowy. Podczas prostowania łąkotki przemieszczają się do przodu, a rzepka do góry wzdłuż powierzchni stawowej rzepkowej. Analogicznie podczas zginania, łąkotki przesuwają się do tyłu, a rzepka ku dołowi. Fizjologicznie kąt zgięcia stawu kolanowego dochodzi do 170 stopni – kiedy pięta dotyka pośladka. W wyproście udo i goleń tworzą jedną linię. W niektórych przypadkach dochodzi do nadmiernego wyprostu, który do 10 stopni jest uważany za wartość fizjologiczną. Ruchy obrotowe – odbywają się w każdym położeniu kolana oprócz maksymalnego zgięcia i wyprostu. To ograniczenie rotacji przyczynia się do lepszej stabilizacji stawu podczas stania i zabezpiecza kolano w momencie największego obciążenia. Zakres ruchów obrotowych jest zmienny. Im większe jest zgięcie w kolanie, tym bardziej zwiększa się zakres rotacji. Rotacja zewnętrzna jest większa od rotacji wewnętrznej. Fizjologiczna wartość wynosi odpowiednio dla rotacji zewnętrznej 45-50° i wewnętrznej 30-35°.

3. Cechy szczególne stawu kolanowego u dziecka

Morfologicznie staw kolanowy nie różni się znacząco od stawu kolanowego dorosłego. Istotą odmienności stawu niedojrzałego jest natomiast budowa histologiczna, procentowy udział poszczególnych typów tkanek, większa aktywność metaboliczna, co niesie za sobą szybszy potencjał gojenia się, ale też poważne konsekwencje i powikłania przy nieprawidłowym leczeniu i błędnie przeprowadzonych procedurach. Mniejsza masa tkanek podporowych wiąże się z większym ryzykiem uszkodzenia podczas działania sił zewnętrznych. Przy mniejszej masie ciała i zwiększonej elastyczności szkieletu prawdopodobieństwo złamania lub zwichnięcia jest zredukowane, jednak wiele urazów powstających w mechanizmie innym niż upadku, z działaniem innej siły zewnętrznej niesie za sobą większe zagrożenie.

W przeprowadzonym badaniu neuro-mięśniowym stawu kolanowego dla różnych grup wiekowych wykazano różnice wynikające z niedojrzałości układu mięśniowo-nerwowego, które mogą stanowić ryzyko większego narażenia na urazy kolana [24]. Jednakże, w badaniu analizy kinetycznej biegu dzieci i dorosłych, porównanie nie wykazało istotnych różnic w modelu ruchu i obciążeniu kończyn dolnych obu grup, a zatem nie stwierdzono podwyższonego ryzyka urazu kolana dla żadnej z badanych grup [25].

3.1. Wzrost kości

Kości rosną najbardziej aktywnie u małych dzieci i młodzieży w skoku wzrostowym. Dla utrzymania ich odpowiedniego kształtu jednocześnie zachodzą procesy kościotworzenia i osteolizy pozostające ze sobą w ścisłej równowadze. W fazie rozwoju embrionalnego szkielet ludzki składa się z tkanki chrzęstnej. W trzonach kości długich pojawiają się pierwsze jądra kostnienia. Na radiogramach wykonanych po porodzie można zaobserwować trzony kości z już wykształconą tkanką kostną, podczas gdy w nasadach jądra kostnienia jeszcze nie występują. Wykształcają się one w ciągu pierwszego roku życia. Obszar chrzęstny między trzonem a nasadą nazywany jest chrząstką przynasadową lub wzrostową kości. Wzrost kości zachodzi w dwóch mechanizmach: enchondralny – zwiększenie wymiaru podłużnego oraz periostalny – wzrost na grubość. Wzrost enchondralny (interstycjalny) jest to proces tworzenia tkanki kostnej poprzez początkowe stadium chrzęstne. Zachodzi on w obszarach pasm

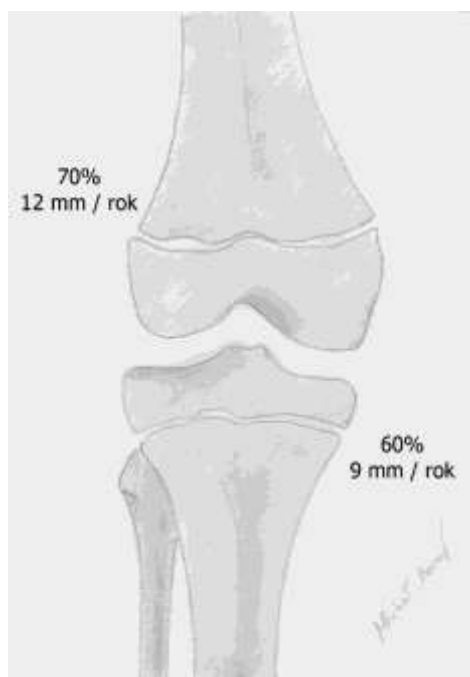
chrzęstno-tkankowych: w chrząstkach przynasadowych, w apofizach kości, czyli chrząstkach pod wystającymi częściami kości jak np. guzowatość piszczeli, w chrząstkach stawowych. Od strony nasadowej większą część objętości zajmuje matrix międzykomórkowy. Przemieszczając się w kierunku przynasady, komórki dzielą się intensywnie w warstwie proliferacyjnej, a następnie powiększają swoje rozmiary w warstwie hipertroficzej kosztem substancji między komórkowej. W następnych strefach zachodzą procesy mineralizacji i tworzenia beleczek kostnych. Dzięki takiemu modelowi struktury chrząstek przynasadowych wzrost kości na długość odbywa się w kierunku od nasady do trzonu. Chrząstka wzrostowa jest bardzo aktywną biologicznie strukturą, w której nieustannie zachodzą procesy metaboliczne. Pozostają one w ścisłej równowadze i są kontrolowane przez wiele czynników komórkowych, parakrynych i hormonalnych.

Chrząstka wzrostowa w ciągu życia osobniczego wykazuje zmienną aktywność, której obserwuje się jej maksimum w okresie skoku wzrostowego [16,26]. Później procesy proliferacji komórek warstwy przynasadowej ulegają spowolnieniu i dochodzi do systematycznego spadku aktywności biologicznej, aż do jej całkowitego ustania. Wówczas faza wzrostu zostaje zahamowana, nieaktywna strefa wzrostu ulega mineralizacji co w zdjęciach RTG widoczne jest jako blaszka kostna. Na podstawie obrazu rentgenowskiego w pełni zossyfikowanej strefy przynasadowej szkielet uznaje się za dojrzały. Mechanizm regulacji aktywności chrząstek wzrostowych kontrolowany jest przez czynniki komórkowe, [27] parakryne, [28,29] oraz hormonalne: [28,29]. Mimo intensywnych badań, mechanizm zarastania chrząstek wzrostowych nie został całkowicie poznany [30,31].

Dojrzałość szkieletową wcześniej osiągają dziewczęta niż chłopcy, jednak nie ma jednoznacznej opinii na temat wieku, w którym momencie chrząstki ulegają zarośnięciu. Jedni autorzy podają przedział czasowy zarastania chrząstek wzrostowych u dziewcząt między 14-18 rokiem życia, a u chłopców 14-19 lat [32]. W piśmiennictwie można też znaleźć informacje dotyczące zamknięcia fugi wzrostowej dla wieku 23 lata dla mężczyzn i 21 lat u kobiet [33]. Stopień aktywności chrząstki wzrostowej można ocenić w badaniach obrazowych RTG [34,35], tomografii komputerowej oraz MRI. Dodatkowo w badaniu rezonansu magnetycznego można ocenić traumatyczne lub niedokrwienne uszkodzenia tych struktur [36].

Chrząstki wzrostowe wykazują zróżnicowaną aktywność w różnych lokalizacjach anatomicznych. Odpowiadają w różnym stopniu za przyrost długości. Nawet jeśli

znajdują się w tej samej kości, to przynasada dalsza wykazuje odmienny procentowy udział we wzroście długości w stosunku do przynasady bliższej (Ryc. 3) [37,38].



Rycina 3. Układ chrząstek wzrostowych w okolicy stawu kolanowego oraz ich poziom ich aktywności biologicznej z potencjałem wzrostu

Wzrost na grubość (periostalny) przebiega w całej kości. Wzrost ten ma charakter koncentryczny. Za proces ten odpowiedzialne są osteoblasty (komórki kościotwórcze), które zostały wyodrębnione z okostnej.

3.2. Oś kończyny dolnej u dzieci

Oś mechaniczna kończyny dolnej, nazywana również linią Mikulicza, to linia przebiegająca od środka stawu biodrowego (środek głowy kości udowej) do środka bloczka kości skokowej (środek stawu skokowo-goleniowego). Fizjologicznie przebiega przez środek stawu kolanowego dokładnie między dwoma guzkami wyniosłości międzykłykciowej piszczeli (Ryc. 4). Oś ta nie pokrywa się z osiami anatomicznymi kości udowej i piszczelowej, które z kolei są ustawione równoległe do trzonów tych kości i są koślawo ustawione względem siebie. Za górną granicę normy uznaje się kąt 7 stopni pomiędzy anatomiczną osią trzonu piszczeli i kości udowej.

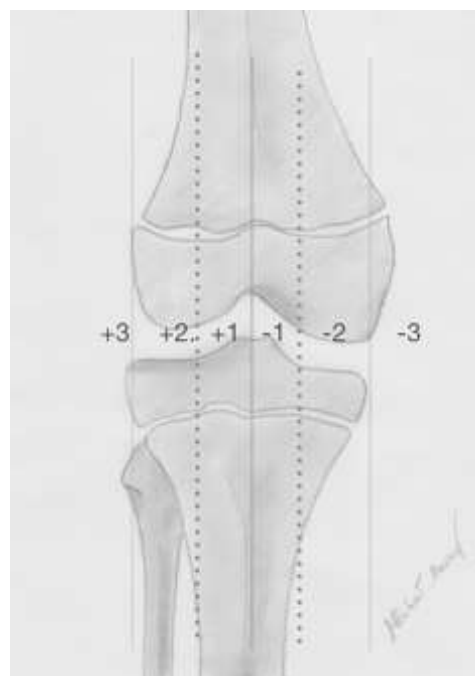
Do przeprowadzenia kontroli osi wykonywane jest zdjęcie RTG w pozycji stojącej obu kończyn dolnych, a projekcji AP z ustawieniem wiązki centralnie na rzepki kolanowe.

W celu określenia normy punktu przejścia osi mechanicznej przez kolano, staw ten został podzielony w płaszczyźnie horyzontalnej na 3 strefy. Strefa 1. Mieści się w szerokości wyniosłości między-kłykciowej, 2. ponad kłykciami, 3. poza warstwą korową kości. Za normę uznaje się przecięcie linii Mikulicza w 1/3 środkowej części stawu. Kiedy linia przechodzi poza strefę międzykłykciową, bocznie – mówimy o kolanie koślawym (genu valgum), przyśrodkowo – mówimy o kolanie szpotawym (genu varum).

Patologiczne zosiowienie kończyny prowadzi do uszkodzeń chrząstek, łąkotek, aparatu więzadłowego, a w konsekwencji do przedwczesnego rozwoju artrozy. Obecnie do najczęstszych przyczyn zaburzenia geometrii kolana należą zaburzenia wzrostu, zaburzenia metaboliczne, zmiany wtórne w wyniku wcześniejszych urazów (w tym uszkodzenia aparatu więzadłowego) i otyłość ze znacznym wzrostem wskaźnika BMI. U dzieci do 7. roku życia niewielka koślawość kolan z odchyleniem osi do 7-8mm jest uznana za fizjologiczną. Związana jest z postępującymi procesami wzrostowymi. Jeżeli nadal występuje w późniejszym wieku wskazana jest chirurgiczna korekcja osi. Bezwzględny wskazaniem do zabiegu to przebieg osi przez strefę 3. lub 2. przy występujących bólach stawowych (Ryc. 5) [39].



Rycina 4. Strefy przejścia osi mechanicznej kończyny dolnej przez staw kolanowy



Rycina 5. Strefy przejścia osi mechanicznej kończyny dolnej przez staw kolanowy

3.3. Funkcjonalny opis więzadła krzyżowego przedniego

Główną funkcją więzadła krzyżowego przedniego to ograniczenie ruchu rotacji wewnętrznej piszczeli oraz jej przesunięcia do przodu względem uda. Ruch ku przodowi zwany jest translacją przed-nią piszczeli (z ang. Anterior tibial translation, w skrócie ATT). Ponadto ogranicza nadmierny wyprost i zgięcie oraz ruchy koślaviące. ATT jest najmniejsza w wyproście i wzrasta wraz ze zgięciem nawet do 5 mm u osób z dojrzałym szkieletem [40].

Pomiar ATT odbywa się za pomocą Rolimetru. Najbardziej obiektywne wyniki otrzymuje się w zgięciu między 15-30 stopni. W tym ustawieniu minimalizuje się wpływ działania mięśni ST i G, które pociągają piszczel w przeciwnym kierunku do działania siły stosowanej podczas badania.

Pęczki AM i PL mają odmienną funkcję. Napięcie pęczka AM występuje w zgięciu przy zmianie toczenia w ruch ślizgowy kłykci kości udowej po powierzchni stawowej kości piszczelowej. Pęczek PL napina się w wyproście stabilizując staw kolanowy [41].

Uszkodzenie więzadła krzyżowego przedniego skutkuje przeniesieniem centrum rotacji ze środka stawu w kierunku do tyłu (dorsalnym). Więzadło krzyżowe pełni również funkcję sensoryczną związaną z obecnością w nim proprioceptorów. Odpowiadają one za czucie głębokie i odruchową, szybką aktywację odpowiednich partii mięśniowych bez udziału wyższych ośrodków korowych. Cechy te wpływają na stabilizację kolana i utrzymanie równowagi. Z tego względu uszkodzenie WKP nie jest jedynie urazem mechanicznym, który wymaga leczenia w celu odtworzenia ciągłości jego struktury, ale również wpływa na układy sensoryczne, których odtworzenie skupia się na odpowiednio prowadzonej rehabilitacji.

3.4. Uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci

W ostatnich dekadach obserwuje się znaczny wzrost uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego w stosunku do dorosłych. Wpływ na zwiększanie się tej tendencji mają zarówno coraz częstsze i intensywniejsze uprawianie ryzykownych sportów przez młodzież, zwiększone oczekiwania i presja ze strony rodziców, a z drugiej strony stale poprawiające się metody diagnostyczne.

Uszkodzenie więzadła krzyżowego przedniego u dzieci jest wskazaniem do jego

leczenia operacyjnego w celu zapobiegania powstawania uszkodzeń wtórnych, przede wszystkim łąkotek, chrząstki stawowej i rozwoju zmian zwyrodnieniowych. Jednakże sama interwencja chirurgiczna może być przyczyną powstania uszkodzeń jatrogennych takich jak bezpośrednie uszkodzenie łąkotki, chrząstki stawowej lub uszkodzenie chrząstki wzrostowej – która ma poważne konsekwencje w postaci zaburzenia lub całkowitego zatrzymania wzrostu kończyny. Jak dotąd nie istnieje ujednoczony algorytm postępowania, w którym określone byłby techniki oraz wiek operacji.

Większość uszkodzeń WKP u dzieci i młodzieży powstaje u pacjentów z dojrzałym szkieletem. Dlatego jatrogenne uszkodzenie chrząstki wzrostowej podczas rekonstrukcji więzadła ma niewielkie znaczenie lub nie ma żadnego wpływu na wzrost kości.

3.4.1. Morfologiczny podział uszkodzeń WKP u dzieci

Ze względu na odmienną masę i wytrzymałość tkanek u dzieci i młodzieży, urazy WKP zostały podzielone na 4 grupy:

- Awulsja chrzęstna
- Awulsja kostna lub złamanie wyniosłości międzykłykciowej
- Totalne uszkodzenie substancji włóknistej (rozerwanie)
- Częściowe uszkodzenie substancji włóknistej (naderwanie)

3.4.2. Biomechanika uszkodzeń WKP u dzieci

Uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci i młodzieży są w przeważającej części zranieniami typu noncontact (bez bezpośrednio działającej siły zewnętrznej na staw kolanowy). Powstają w mechanizmie pivotującym (z częstymi i gwałtownymi zmianami kierunków) przy częściowo zgiętym kolanie podczas kontaktu stopy z podłożem. Kolejnym częstym schematem jest ustawiona kończyna w przeproście z jednoczesnym koślawieniem lub wewnętrzną rotacją podudzia [42,43,44]. W wyniku uszkodzenia pojawia się wysięk stawu, który z czasem ulega resorpcji. Aktywni sportowo, dzięki wytrenowanemu aparatowi mięśniowemu, który poprawia stabilizację kolana (mimo niewydolnego aparatu więzadłowego) szybko powracają do treningu, jednak zgłaszają się ponownie w krótkim czasie z powodu wtórnych uszkodzeń chrząstek i łąkotek [45,46].

Stosunkowo częstym uszkodzeniem aparatu więzadłowego kolana z udziałem WKP u dzieci jest awulsyjne oderwanie piszczelowego fragmentu kostnego, do którego

przyczepia się dystalny fragment więzadła. W takim uszkodzeniu struktura samego więzadła pozostaje nienaruszona. Jeśli fragment kostny nie ulegnie przemieszczeniu istnieją duże szanse na powodzenie terapii zachowawczej z bardzo dobrym efektem, bez ryzyka uszkodzenia chrząstki wzrostowej [16]. Opisywane są przypadki niepełnego wyleczenia po zastosowaniu terapii zachowawczej w przypadku awulsyjnych złamań wyniosłości, z wiotkością i częściową niewydolnością WKP [42].

3.4.3. Uszkodzenia towarzyszące urazom WKP

Z uwagi na fakt, że staw kolanowy jest najbardziej złożonym stawem ludzkiego organizmu, w wyniku kolana oprócz uszkodzenia WKP dochodzi nierzadko do uszkodzenia innych struktur (tzw. uszkodzeń towarzyszących). Do najczęstszych z nich zaliczamy:

- Uszkodzenie więzadła pobocznego piszczelowego (LCM)
Nieleczone uszkodzenie doprowadza do przewlekłej niestabilności przysiódkowej i wpływa niekorzystnie na wynik końcowy terapii niestabilności WKP, nawet przy dobrych wynikach stabilności przedniej kolana [47,48];
- Uszkodzenie łąkotki przysiódkowej (MM)
Może towarzyszyć nawet ponad połowie uszkodzeń WKP [49] i zwiększa ryzyka rozwoju zmian zwyrodnieniowych [50];
- Uszkodzenie łąkotki bocznej (ML)
Częstość występowania tego uszkodzenia towarzyszącego jest podobna do częstości uszkodzenia MM [51] i przyspiesza powstawanie zmian zwyrodnieniowych [52];
- Uszkodzenie więzadła pobocznego strzałkowego (LCL)
Współistnienie uszkodzenia LCL przy uszkodzeniu WKP jest opisywane jako rzadkie. [47] Powoduje dodatkową niestabilność boczną kolana [53].
- Uszkodzenie więzadła krzyżowego tylnego (PCL)
Współwystępowanie uszkodzeń więzadła krzyżowego tylnego z uszkodzeniem WKP powstaje najczęściej w wyniku urazów wysokoenergetycznych i towarzyszy urazom pozostałych więzadeł stawu kolanowego [54,55]; Uszkodzenia PCL są rzadkimi uszkodzeniami w urazach pediatrycznych [56].
- Uszkodzenie więzadła przednio-bocznego (ALL)
W przypadku niewydolność więzadła ALL stwierdza się częstsze występowanie

objawu Pivot-shift oraz opisują próby jego rekonstrukcji w celu poprawienia stabilności kolana [57].

- Uszkodzenia chrzęstno-kostne
Szczególną formą uszkodzenia chrząstki stawowej jest oddzielająca martwica kostno-chrzęstna (osteochondritis dissecans – OCD). To aseptyczna martwica warstwy podchrzęstnej, która skutkuje oddzieleniem się chrząstki stawowej od kości [58,59,60,61]. Zmiany kostne w postaci złamań występują najczęściej w postaci złamań awulsyjnych [62,63,64].
- Triada O'Donoghue zwana również nieszczęśliwą triadą (ang. Terrible triad) to szczególna kombinacja uszkodzenia struktur kolana. W jej składowe zaliczają się uszkodzenie więzadła krzyżowego przedniego (ACL), więzadła pobocznego piszczelowego (MCL) i łąkotki przy-środkowej (MM) [65,66].
- Triada Shelbourn'a określa kombinację uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego (ACL), więzadła pobocznego piszczelowego (MCL) i łąkotki bocznej (ML) [65,67].

4. Diagnostyka urazów więzadła krzyżowego przedniego u dzieci

4.1. Badanie podmiotowe

Istotnym elementem w diagnostyce uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego jest wywiad. Poprzez rozmowę z pacjentem możemy ustalić mechanizm powstania uszkodzenia oraz prawdopodobieństwo urazu określonej struktury.

4.2. Badanie przedmiotowe

Staw kolanowy powinien być oceniany zawsze porównawczo względem kontralateralnego stawu. Ocenie tej poddaje się:

1. Ruchomość bierną i czynną.

Za normę uznaje się wyprost w pozycji 0°, a zgięcie między 130-150°. Przeprost stawu do 10° uznawany jest za fizjologiczny. Pomiar wykonuje się za pomocą goniometru.

2. Ocena stabilności

Najczęściej stosowane testy wydolności więzadła krzyżowego przedniego to Test Lachmanna, Szufłady przedniej i Pivot-Shift. Testy te charakteryzują się razem wyższą czułością niż w przypadku osobnej oceny [68,69].

3. Hipotrofia tkanki mięśniowej

Podczas odruchowego odciążania uszkodzonej kończyny dochodzi z czasem do zaniku muskulatury uda i podudzia, co objawia się zmniejszeniem ich obwodu i zmniejszeniem siły kończyny.

4. Ocena obrysu stawu

W urazach ostrych i przewlekłych WKP pojawia się odpowiednio krwiak lub wysięk śródstawowy, który jest przyczyną powstania obrzęku stawu, zwiększenia jego obwodu i zmniejszenia jego ruchomości.

5. Testy łąkotkowe.

Jako że do częstych urazów towarzyszących zaliczane są uszkodzenia łąkotek, wskazane jest wykonanie testów łąkotkowych. Najbardziej znane to test: Apleya, McMurraya, Grinding, Payra i Steinmanna.

4.3. Badanie obrazowe

- Badanie Rentgenowskie (RTG) – Stosowane w celu diagnostyki uszkodzeń kostnych, np. awulsyjnego złamania wyniosłości międzykłykciowej.
- Badanie ultrasonograficzne (USG) – relatywnie często wykorzystywana w diagnostyce urazów kolana ze względu na niski koszt oraz wysoką dostępność. W urazach WKP jest to badanie o niskiej przydatności. Przeważnie stosowane do oceny łąkotek, więzadeł pobocznych, aparatu mięśniowego i wielkości wysięku bądź krwiaka.
- Tomografia komputerowa (CT) – technika uzupełniająca diagnostykę RTG
- Rezonans magnetyczny (MR) – najbardziej czuła metoda diagnostyczna, uznana za złoty standard w diagnostyce uszkodzeń WKP.

4.4. Ocena dojrzałości szkieletu

Ocena dojrzałości szkieletu, w tym pośrednio aktywności chrząstek wzrostowych, jest kluczową czynnością przed podjęciem decyzji o przeprowadzeniu zabiegu operacyjnego rekonstrukcji. Główny dylemat dotyczy odroczenia zabiegu do momentu zakończenia fazy wzrostu, zwiększając ryzyko wtórnych uszkodzeń chrząstki i łąkotek, a wczesnym wdrożeniu leczenia operacyjnego, ryzykując uszkodzenie strefy wzrostu i deformację lub zahamowanie rozwoju kończyny. Ocenę dojrzałości przeprowadza się za pomocą skali Tannera oraz analizując radiogram lewej ręki w projekcji tyln-

przedniej porównując wg. atlasu Geulicha i Pylea. Obie metody pozwalają oszacować pozostały wzrost i zaplanować optymalną terapię. W ocenie może pomóc diagnostyka rezonansu magnetycznego, jednak wysokie koszty badania nie pozwalają na włączenie go do standardu [70,71,72,73,74].

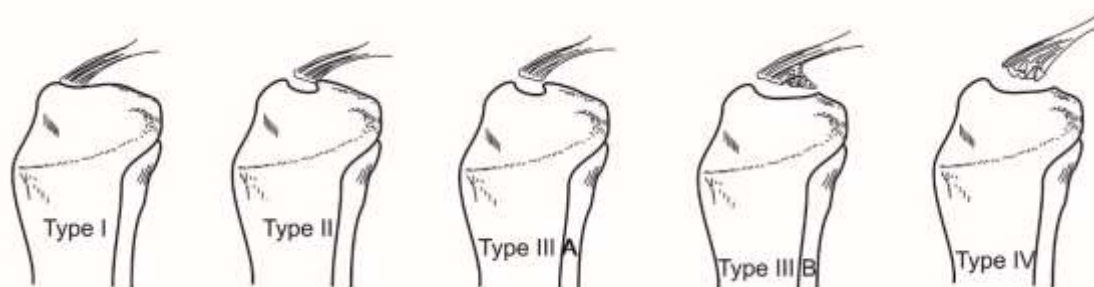
5. Postępowanie terapeutyczne

Temat leczenia WKP u dzieci i młodzieży do dzisiaj pozostaje kontrowersyjny. Do niedawna chirurdzy niechętnie podejmowali się operacji, odracząc zabieg do osiągnięcia pełnej dojrzałości szkieletu, mimo postępujących zmian wtórnych. Rehabilitacja i zaprzestanie aktywności fizycznej w wielu przypadkach dawała zadowalające wyniki [75,76,77].

Dla sportowców, jednakże, długotrwała przerwa w treningach nie jest akceptowalna. Dlatego u młodzieży wykazującej dużą aktywność fizyczną przy objawach niestabilności przedniej kolana dopuszcza się przeprowadzenie wczesnego zabiegu rekonstrukcji WKP [42,78,79].

5.1. Leczenie zachowawcze uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci

Leczenie zachowawcze obejmuje oszczędzanie i odciążanie kończyny, unieruchomienie, ortezie, fizjoterapię z kontrolowanym treningiem mięśni kończyny dolnej, ćwiczenie prioproprepcji, czucia głębokiego. Leczenie to jest dedykowane osobom z dużym potencjałem wzrostu, negatywnym wynikiem testu Pivot-Shift, subtotalnym uszkodzeniem WKP poniżej 50% włókien, a także w przypadku złamań awulsyjnych wyniosłości międzykłykciowej Typu I i II wg. McKeevera (Ryc. 6).



Rycina 6. Klasyfikacja McKeevera: Figure 1. Mayer and McKeevers classification of tibial spine avulsion fracture. Type IV Comminuted fracture was added later by Zariczyn (Sapre V, Bagaria V. Tibial Spine Avulsion Fractures: Current Concepts and Technical Note on Arthroscopic Techniques Used in Management of These Injuries. In: Regional Arthroscopy, Bagaria V (Ed), InTech Janeza Trdine, Rijeka, 2013. <http://dx.doi.org/10.5772/45960>)

5.2. Leczenie operacyjne uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci

Przed podjęciem decyzji o przeprowadzeniu zabiegu operacyjnego dokładnie przedstawić pacjentowi i jego opiekunom korzyści i powikłania spowodowane leczeniem, a także dowiedzieć się, jakie są ich oczekiwania. Czynniki, które są wskazaniem do wykonania zabiegu to:

- niestabilność przeszkadzająca w wykonywaniu codziennych czynnościach
- niezdolność do uprawiania wybranego sportu (brak akceptacji zaniechania sportu)
- towarzyszący uraz łąkotki lub chrząstki, który należy poddać leczeniu zabiegowemu
- uraz wielowięzadłowy.

Postępowanie operacyjne u młodych pacjentów z czynnymi chrząstkami wzrostowymi różni się od tego przewidzianego dla osób dorosłych. Zalecane są odmienne techniki operacji w zależności od dojrzałości szkieletu. Podczas zabiegu rekonstrukcji więzadła i nawiercaniu kanałów kostnych udowego i piszczelowego, które przechodzą przez linię chrząstek wzrostowych, może dojść do ich poważnego uszkodzenia. Skutkiem tego może być zaburzenie osi mechanicznej kolana lub w późniejszym okresie skrócenie operowanej kończyny, spowodowane zaburzeniem przyrostu na długość.

Opracowano anatomiczne i nieanatomiczne techniki rekonstrukcji. Nieanatomiczne metody rekonstrukcji oszczędzały chrząstki wzrostowe poprzez ich ominięcie. Wada takiego zabiegu polega na zmianie właściwości izometrycznych nowego więzadła zastępczego w stosunku do pierwotnego. Wraz z postępem medycyny w celu uniknięcia tej niedoskonałości zostały również opisane techniki połączeń anatomicznych stosowane u pacjentów z aktywnymi fugami wzrostowymi. Nawiercony kanał kostny, aby w możliwie najmniejszym stopniu wpływał na funkcję wzrostową chrząstek, powinien spełniać odpowiednie kryteria:

- możliwie mała średnica kanału (maksymalnie do 8 mm)
- stosowanie metody jednopęczkowej (wymagającej mniejszego kanału)
- kąt przejścia kanału przez chrząstkę wzrostową zbliżony do 90 stopni
- wyjście kanału blisko centrum stawu

- zakotwiczenie przeszczepu możliwie daleko od linii chrząstki z ograniczeniem lub zwiększoną ostrożnością użycia bloczków kostnych lub śrub interferencyjnych.
- preferowany graft to Hamstringi, ze względu na najmniejsze ryzyko przypadkowego umiejscowienia materiału kostnego w pobliżu chrząstki wzrostowej [16,80].

Badania wykazały, że przyczyną zahamowania dalszego wzrostu może być zastosowanie zbyt dużego naprężenia i zbyt ciasne mocowanie graftu [42].

5.2.1. Przeszczepy autologiczne (pochodzące od tego samego pacjenta)

Ścięgno mięśnia półścięgnistego i smukłego

Grafty pobierane z mięśnia półścięgnistego i niekiedy dodatkowo smukłego są najczęściej stosowanymi, a zarazem preferowanymi transplantatami stosowanymi u nieletnich [81]. Trzy- i czterokrotnie przeszzyty graft jest bardzo wytrzymały, a niepowodzenia zabiegu w postaci jego zerwania zależą w większości od niewłaściwego mocowania przeszczepu w kanałach kostnych [82]. Konsekwencje pobrania przeszczepu nie stanowią dużych powikłań. Tkanka dobrze się regeneruje i około rok po zabiegu pacjenci nie podają dolegliwości związanych z pobraniem graftu [83]. Mimo faktu, iż mięsień półścięgnisty i smukły są najbardziej preferowanym przeszczepem w rekonstrukcjach pediatrycznych [42].

Więzadło właściwe rzepki (Technika B-PT-B – Bone-Patella Tendon-Bone)

Graft pobierany jest z więzadła rzepki wraz z dwoma blokami kostnymi pochodzącymi od rzepki i guzowatości piszczeli. Metoda cieszy się dużą wytrzymałością przeszczepu na uszkodzenia oraz dobrym mocowaniem w kanałach w technice Press-Fit bez użycia implantów nieorganicznych lub w razie potrzeby możliwością wzmocnienia zakotwiczenia przy pomocy śrub interferencyjnych [84,85]. Ograniczeniem tej metody jest anatomicznie zdeterminowana długość przeszczepu bez możliwości jej korekcji. Ponadto obciążona jest szeregiem powikłań, do których należą: śródoperacyjne złamanie rzepki [86] i uszkodzenia apofizy piszczeli podczas pobrania graftu, co może skutkować powstaniem genu recurvatum. Skrócenie więzadła rzepki na skutek jego bliznowacenia i przemieszczenie rzepki do dołu (patella baja) [87]. Możliwość przemieszczenia się bloków kostnych w kierunku chrząstek wzrostu i ich

zablokowanie. Jednakże po właściwie wykonanych procedurach opisane są bardzo dobre wyniki [88].

Ściętno mięśnia czworogłowego uda

Pobierane zostaje ściętno mięśnia z jednym blokiem kostnym rzepki. Technika rzadko stosowana, głównie w zabiegach rewizyjnych i ograniczonych możliwościach pobrania graftu.

Ściętno mięśnia podeszwowego

Pobierane z dostępu nad kostką przyśrodkową. Metoda rzadko stosowana ze względu na skomplikowany sposób pobrania graftu, który znacznie wydłuża czas operacji. Do zalet autograftów należą ich dobra dostępność, niewielkie ryzyko reakcji immunologicznych, brak możliwości transmisji zakażeń, obniżenie kosztów operacji, wysoki potencjał przebudowy. Ich wady dotyczą powikłań związanych z pobraniem przeszczepu, do których należą: wydłużony czas zabiegu, miejscowe powstawanie krwaków, zmniejszenie siły prostowników (B-PT-B, QT) i zginaczy (ST,G), ryzyko złamania rzepki (B-PT-B), zaburzenie wzrostu kości (B-PT-B, QT) skutkując ich deformacjami i wywołując zmiany wtórne, zespoły bólowe w miejscu pobrania, uzyskanie niewystarczającej wielkości przeszczepu.

5.2.2 Inne rodzaje przeszczepów

Allografty

Materiał pochodzący od dawcy, innego pacjenta. Dostarczany jest z banku tkanek. Zaletami stosowania allograftu są skrócony czas zabiegu związany z brakiem konieczności pobrania przeszczepu, z tego samego powodu występują również zmniejszone dolegliwości bólowe po zabiegu. Wadą jest zwiększony koszt związany z zakupem graftu oraz (mimo starannych badań i kontroli) możliwość transferu zakażenia z transplantatu na pacjenta. Badania wykazują, że leczenie u dzieci i młodzieży poddanych rekonstrukcji WKP przy pomocy allograftu częściej kończy się niepowodzeniem niż ci po przeszczepie autologicznym. Z tego powodu rekonstrukcje z wykorzystaniem allograftu przeprowadza się u młodych pacjentów znacznie rzadziej [89].

Ksenografty

Materiał pochodzący od dawcy, który jest przedstawicielem innego gatunku niż pacjent. U dzieci i młodzieży technika nie stosowana ze względu na możliwość transferu chorób zakaźnych i wysoki potencjał immunizacji, który ma wysokie ryzyko odrzucenia przeszczepu.

Przeszczepy syntetyczne

Mimo iż przeszczepy syntetyczne z powodzeniem mogą być stosowane u dorosłych, nie zaleca się stosowania w rekonstrukcjach pediatrycznych. Ze względu na ich ograniczoną rozciągliwość zaburzają rozkład sił działających na staw kolanowy. Efekt ten postępuje wraz z jego wzrostem. Opisywano w późniejszym okresie pooperacyjnym zaburzenia osi kolana w postaci kolana koślawego u dzieci poddanych zabiegowi rekonstrukcji właśnie z użyciem przeszczepu syntetycznego [90].

5.2.3. Sposoby stabilizacji przeszczepu

Odpowiednio wykonana stabilizacja przeszczepu ma kluczowy wpływ na powodzenie operacji. Szczególnie duże znaczenie ma ona w początkowym okresie stabilizacji. Zapewnia prawidłowe umiejscowienie graftu do momentu przebudowy i osteointegracji. Znane są metody stabilizacji z użyciem implantów, jak i bezimplantowe.

Stabilizacja z użyciem implantów

Wśród implantów stabilizujących można wyróżnić trzy typy.

Pierwszy to tzw. śruby interferencyjne bezpośrednio blokujące przeszczep w kanale kostnym. Stosowane zarówno w kanałach piszczelowym i udowym w zabiegach oszczędzających chrząstkę wzrostu. Śruby wykonane są z metalu lub ostatnio coraz częściej stosowane z polimeru. Te ostatnie wykazują dużą zaletę w stosunku do śrub starszego typu, gdyż pozwalają na wykonanie badania rezonansu magnetycznego. Śruby interferencyjne są zdecydowanie rzadziej wykorzystywane w pediatrycznych rekonstrukcjach WKP niż dorosłych, ze względu na możliwość zablokowania chrząstki wzrostowej [16].

Kolejny typ stanowią implanty zawieszeniowe. Implant ten składa się z pętli, przez którą przewieszona jest niewielka płytki, która z kolei blokuje się opierając się na warstwie zewnętrznej warstwy korowej kości. Produkowane są warianty w o pętli

zamkniętej, której długość zdeterminowana jest przez producenta, lub otwartej, pozwalającej na regulację długości a zarazem pozwalająca na kontrolę napięcia przeszczepu. Implanty zawieszniowe mogą być bezpiecznie stosowane w operacjach u dzieci, gdyż umiejscawiane są w odpowiedniej odległości od chrząstek wzrostowych i nie stwarzają ryzyka ich zablokowania [91].

Trzeci typ stanowią implanty cross-pin. Blokują przeszczep w kanale kostnym. Piny wprowadza się za pomocą celowników dostępnych w zestawie operacyjnym. Metoda ta jest stosowana do stabilizacji przeszczepu w kanale udowym.

Wybór mocowania jest zależny od techniki wykonywania operacji. W rekonstrukcjach pediatrycznych WKP kluczowa jest minimalizacja ryzyka zablokowania chrząstki wzrostowej. Implanty dobierane są odpowiednio do przebiegu kanałów kostnych tak, aby uniknąć tego powikłania [16].

Stabilizacja bezimplantowa

Metoda stabilizacji przeszczepów bez użycia implantów, to tzw. Technika Press-Fit. Zamiast syntetycznego tworzywa stosuje się bloczki kostne do zaklinowania graftu w kanale, pobierane razem z przeszczepem. Stosowane w technikach B-PT-B i QT. Zalety tej metody to przede wszystkim niższy koszt operacji, wynikający z braku konieczności stosowania dodatkowych implantów stabilizujących i lepsza przebudowa kanałów. Zabiegi rewizyjne po tej metodzie są technicznie prostsze do wykonania. Do wad należy możliwość destabilizacji przeszczepu, a w przypadku przemieszczenia lub nieprawidłowego wprowadzenia bloków kostnych oraz możliwość zablokowania chrząstki wzrostowej u dzieci, co skutkuje deformacją osi kończyny lub zahamowaniem jej wzrostu [16].

6. Techniki operacyjnego leczenia uszkodzenia WKP u dzieci

Poniżej przedstawiono różne techniki rekonstrukcji WKP przeprowadzane u dzieci i młodzieży, których znane są też różne modyfikacje.

6.1. Techniki rekonstrukcji

6.1.1. Techniki anatomiczne

Rekonstrukcja nasadowa techniką Ganley-Lawrence

Swoistością tej techniki jest to, że kanały piszczelowy i udowy znajdują się w całości wewnątrz nasad i nie przechodzą przez warstwę chrząstek wzrostu. Zakotwiczenie przeszczepu występuje również w obszarze nasady, nie przekraczając granicy chrząstek. Kanał udowy zostaje nawiercony równoległe do chrząstki wzrostowej pozostając w nasadzie. W nasadzie piszczeli zostają nawiercone dwa kanały piszczelowe o mniejszej średnicy, biegnące skośnie w kierunku dystalnym, nie docierając do chrząstki wzrostowej. Wcześniej przygotowany graft zostaje przeciągnięty przez kanał udowy, w którym pozostaje jeden koniec, drugi zaś przeprowadzony zostaje kolejno przez przyśrodkowy i boczny kanał piszczelowy i wciągnięty z powrotem do kanału udowego. Obydwa końce graftu mocowane są w kanale udowym przy pomocy śruby interferencyjnej. Zabieg przeprowadzany jest pod kontrolą ramienia-C. Przy poprawnie wykonanym zabiegu w tej technice ryzyko uszkodzenia fug wzrostowych nie występuje. Przeszczep pobierany jest z Gęsiej stopki (Ryc. 7) [92,16,42].



Rycina 7. Schemat techniki operacyjnej metodą Ganley-Lawrence



Rycina 8. Schemat techniki operacyjnej metodą Andersona

Rekonstrukcja nasadowa techniką Andersona

Podobnie jak w technice Ganley-Lawrence kanały przebiegają w całości w nasadach kości piszczelowej i udowej. Kanał udowy wykonany jest w ten sam sposób. Kanał piszczelowy o tej samej średnicy zostaje wywiercony w nasadzie piszczeli, nie przekraczając strefy wzrostu. Przeszczep zostaje przeprowadzony przez oba kanały, gdzie koniec udowy zawieszony jest na Endobuttonie, a koniec piszczelowy zamocowany za pomocą śruby interferencyjnej (Ryc. 8).

Technika hybrydowa

Technika hybrydowa, inaczej technika łączona (hybrydowa – krzyżująca jedną chrząstkę wzrostową), jest to połączenie techniki przemasadowej i techniki oszczędzającej chrząstkę wzrostową. Kanał udowy zostaje przygotowany równolegle do przebiegu chrząstki wzrostu w całości w nasadzie kości udowej (jak w technice oszczędzającej chrząstkę wzrostową). Kanał piszczelowy zostaje nawiercony możliwie pionowo i przechodzi przez chrząstkę wzrostową piszczeli. Graft przeciągnięty odpowiednio przez oba kanały zostaje zakotwiczony. Technika została opracowana dla młodzieży w późniejszym okresie dojrzewania. Chrząstka wzrostowa kości udowej dłużej zachowuje swoją aktywność i w późniejszym okresie rozwoju to ona ma determinujący wpływ na dalszy wzrost kończyny. Tak przygotowany kanał udowy minimalizuje ryzyko jatrogennego upośledzenia wzrostu kończyny, a sposób wykonania kanału piszczelowego skraca czas zabiegu (Ryc. 9).

Metoda transfuzalna

Technika transfuzalna, inaczej technika przemasadowa (rekonstrukcja krzyżująca obie chrząstki wzrostowe), jest to technika bardzo podobna do stosowanej u pacjentów dorosłych. Polega na wywierceniu kanałów piszczelowego i udowego z uwzględnieniem wyżej wymienionych zaleceń, a następnie wciągnięciu kikutów więzadła do środka kanałów. Za przeszczep autologiczny może posłużyć ścięgno mięśnia półbłoniastego, smukłego, a czasem również czworogłowego uda. Na transplantat u dzieci nie jest zalecane więzadło właściwe rzepki. Podczas jego obierania może dojść do uszkodzenia apofizy guzowatości kości piszczelowej, co może skutkować zaburzeniem w postaci niesymetrycznego wzrostu kości i powstaniu tyłowygięcia kolana (Genu recurvatum). Odpowiednio przygotowany transplantat umieszcza się w kanałach a następnie blokuje. Do tego celu nie należy wykorzystywać

bloków kostnych. Gdy blok kostny zostanie umieszczony w kanale na wysokości chrząstki wzrostu, może nastąpić jego konsolidacja z elementami kostnymi po dwóch stronach chrząstki, co będzie skutkowało jej zablokowaniem i zatrzymaniem wzrostu. Z tego samego powodu przeciwwskazane jest stosowanie śrub interferencyjnych (Ryc. 10).



Rycina 9. Schemat techniki operacyjnej metodą hybrydową

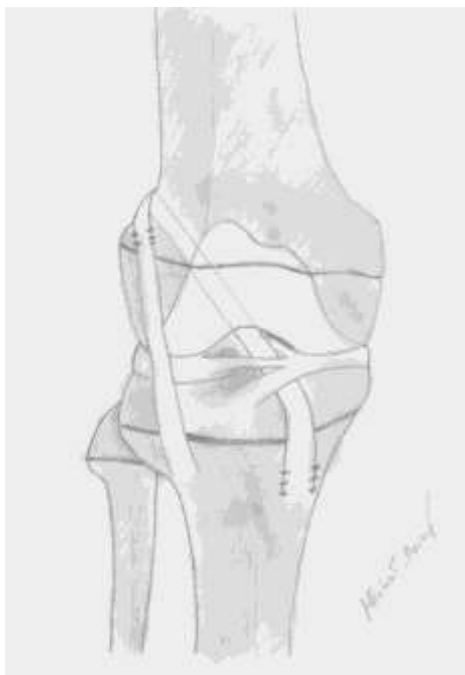


Rycina 10. Schemat techniki operacyjnej metodą transfyzalną

6.1.2. Techniki nieanatomiczne

Rekonstrukcja z wykorzystaniem mięśnia biodrowo-piszczelowego (Mitcheli-Kocher)

Jest to technika z wykorzystaniem stabilizacji zewnątrzstawowej. W technice tej wykorzystuje się mięsień biodrowo-piszczelowy. Proksymalna 1/3 część mięśnia zostaje ustabilizowana, środkowa wypreparowana, a dystalna pozostawiona przyczepiona do guzka Gerdiego. Następuje przeciągnięcie mięśnia przez staw kolanowy od tyłu w pozycji Over-the-top, a następnie wyprowadzenie z powrotem na zewnątrz i przymocowaniu go do okostnej z przodu na guzowatości piszczeli. Metoda ma dobre wyniki funkcjonalne, jednak jest to technika rezerwowa. W pierwszej kolejności powinny być wybierane techniki anatomiczne (Ryc. 11).



Rycina 11. Schemat techniki operacyjnej metodą Mitcheli-Kochera

6.2. Techniki augmentacji

Internal Bacing (IBLA)

Technika szczególnie preferowana w częściowych uszkodzeniach więzadła krzyżowego przedniego. Polega ona na wzmocnieniu i ustabilizowaniu nieuszkodzonych elementów więzadła stwarzając warunki do gojenia się w miejscu uszkodzonym. Metoda rozpoczyna się nawierceniem kanału piszczelowego techniką outside-in przy użyciu celownika. Nawiercenie odbywa się po uprzednim wyprowadzeniu drutu Kirschnera przez przyczep piszczelowy WKP. Kanał rozwierca się starając się zachować kikut w przyczepie piszczelowym. Następnie drut K (Kirschnera) umiejscawia się w centrum przyczepu udowego więzadła. Przy zadowalającym ustawieniu drutu K przeprowadza się go przez kość udową na zewnątrz przez skórę uda. Kanał udowy zostaje nawiercony wiertłem. Przez tak przygotowane kanały przeprowadza się taśmę Fiber Tape zawieszoną na pętli Endobuttona. Napinając odpowiednie nici kontroluje się zakotwiczenie przeszczepu w warstwie korowej udowej oraz piszczelowej, zbliżając jednocześnie kikuty więzadła do siebie.

Dynamic Intraligamentary Stabilisation (DIS)

Jest to nowoczesna technika naprawy więzadła krzyżowego przedniego. Wykorzystywana w leczeniu ostrych uszkodzeniach WKP. Metoda polega na doszyciu

kikutów więzadła do siebie oraz dla jego lepszej stabilizacji przeprowadzeniu śródwięzadłowo wzmacniającej taśmy, która w kanale udowym zaczepiona jest na endobuttonie. Przyczep piszczelowy stabilizowany jest w swoim kanale za pomocą implantu, w którym znajduje się mechanizm sprężynujący dostosowujący siły działające na więzadło krzyżowe, zapewniając optymalne warunki dla jego gojenia. Technika ta zapewnia szybki powrót do codziennej aktywności z dobrym zachowaniem propriocepcji [93]. Implant ten znany jest pod nazwą LigamysTM. Zaleca się wykonanie zabiegów z jego użyciem u pacjentów pediatrycznych ze szczególną ostrożnością, gdyż duży rozmiar piszczelowego implantu sprężynującego może uszkodzić chrząstkę wzrostową u pacjenta z niedojrzałym szkieletem [94].

7. Algorytm postępowania operacyjnego u dzieci i młodzieży

Ze względu na dynamicznie zachodzące zmiany w młodym organizmie oraz zmienną aktywność biologiczną tkanek w trakcie procesów wzrastania, został opracowany koncept, w którym preferowane są odpowiednie techniki rekonstrukcji, w zależności od stopnia dojrzałości kośćca [42].

- Grupa 1: Wiek kostny 6 lat – Zewnętrzna technika Mitcheli-Kocher
- Grupa 2: Wiek kostny 8 lat – technika Andersona
- Grupa 3: Wiek kostny 10 lat – technika Ganley-Lawrence
- Grupa 4: Wiek kostny 12 lat – technika hybrydowa
- Grupa 5: Wiek kostny 14 lat – technika przeznasadowa (transfuzalna)

II Cel pracy

1. Kliniczna i funkcjonalna ocena wyników leczenia operacyjnego i zachowawczego pacjentów między 12. a 18. rokiem życia z powodu całkowitego izolowanego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego (WKP).
2. Porównanie wyników leczenia u pacjentów po pierwotnej rekonstrukcji WKP z użyciem autogenego przeszczepu ze ścięgien mięśni półścięgnistego i smukłego oraz poddanych leczeniu zachowawczemu
3. Szczegółowa analiza wyników leczenia u pacjentów w grupie między 12. a 18. rokiem życia leczonych operacyjnie i zachowawczo w odniesieniu do występujących powikłań, szybkości powrotu do czynności codziennych oraz aktywności sportowej.
4. Ocena bezpieczeństwa leczenia operacyjnego z uwzględnieniem powikłań pooperacyjnych w postaci jatrogennych deformacji kończyn i wad postawy.

III Materiał i metody

1. Materiał kliniczny

Materiał stanowili pacjenci leczeni z powodu całkowitego izolowanego uszkodzenia WKP w Oddziale Urazowo-Ortopedycznym Szpitala eMKa Med we Wrocławiu w latach 2012-2019. Badania zostały przeprowadzone zgodnie z zasadami Deklaracji Helsińskiej. Autorzy pracy uzyskali zgodę komisji bioetycznej ds. badań naukowych Nr KB-2/2019 z dnia 11 stycznia 2019. Każdy z badanych, a także jego rodzice lub prawni opiekunowie zostali poinformowani o celu i sposobie badania oraz podpisali świadomą zgodę na udział w badaniach.

Badanie miało charakter retrospektywny. Pacjenci byli podzieleni na dwie grupy badane. Pierwszą (Grupa I) stanowili pacjenci operowani z użyciem autograftu pobranego z mięśni półścięgnistego i smukłego (ST-G) z powodu całkowitego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego. Drugą (Grupa II) stanowili pacjenci poddani leczeniu zachowawczemu z powodu całkowitego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego.

Pacjentów obydwu grup kwalifikowano do badania na podstawie następujących kryteriów:

- Kryteria włączające:
 - niestabilność stawu kolanowego potwierdzona badaniem klinicznym i MRI;
 - wiek poniżej 18 lat;
 - aktywna chrząstka wzrostowa widoczna w MRI;
 - całkowite uszkodzenie WKP opisane w MRI;
 - uraz wyłącznie jednego więzadła (WKP);
 - brak wcześniejszych urazów badanej kończyny, wymagających specjalistycznego leczenia;
 - leczenie przeprowadzone przez ten sam zespół lekarzy i fizjoterapeutów z użyciem tych samych metod i procedur.
- Kryteria wykluczające:
 - urazy wielowięzadłowe;
 - towarzyszące urazy łąkotec i powierzchni chrzęstnych wymagających zaopatrzenia podczas operacji.

Kryteria te spełniało 62 pacjentów. Grupę I stanowiło 30 pacjentów, którzy zostali poddani leczeniu operacyjnemu z użyciem autogenego przeszczepu. Do Grupy II włączono 32 pacjentów, które wyraziły zgodę na leczenie zachowawcze. W trakcie trwania badania wszyscy pacjenci zgłaszali się regularnie na wizyty kontrolne w odstępach 3, 6, 9 i po 18 miesiącach. Pacjenci Grupy I dodatkowo zgłaszali się na kontrolę pooperacyjną celem oceny stanu miejscowego po zabiegu dnia 1, 3, 5 i 14. w celu wyciągnięcia szwów.

2. Metodyka

2.1. Ocena pacjenta przed zabiegiem operacyjnym

Wywiad

Istotnymi informacjami zebranymi podczas wywiadu były: mechanizm powstania urazu oraz czas jego powstania, dotychczasowe leczenie, zaopatrzenie, przeprowadzone badania diagnostyczne oraz wcześniejsze urazy nogi.

Badanie przedmiotowe

- badanie palpacyjne, w którym stwierdzano bolesne obszary w stawie kolanowym;
- ocena wydolności więzadła krzyżowego przedniego przy użyciu testów Lachmanna, szuflady przedniej i Pivot-Shift;
- ocena zakresu ruchu w stawie kolanowym przy pomocy goniometru. Wartości te były mierzone w odniesieniu do zdrowej kończyny.

Badaniu została poddana zarówno uszkodzona jak i zdrowa kończyna, celem oceny prawidłowego kontralateralnego zakresu ruchu, stabilności, a także omówienia i przedstawienia pacjentowi techniki badania. Poniżej zostały opisane wykorzystane w badaniu testy oceny wydolności więzadła krzyżowego przedniego.

1. Test Lachmanna

Pacjenta ułożono w pozycji leżącej na plecach. Badana kończyna została zgięta w stawie kolanowym pod kątem 20-30 stopni. Badający jedną ręką stabilizował dystalny odcinek uda, drugą zaś układał na proksymalnym końcu piszczeli pociągając ją do przodu w stosunku do uda. Przemieszczenie goleni do przodu oceniano w następujący sposób (Ryc. 12): przemieszczenie podudzia <5mm

w stosunku do zdrowej kończyny oznaczono „1+”, 5-10mm oznaczono „2+”, >10mm oznaczono „3+”



Rycina 12. Sposób wykonania testu Lachmanna

2. Test szuflady przedniej

Pacjenta ułożono w pozycji leżącej na plecach. Badana kończyna została zgięta w stawie kolanowym pod kątem 90 stopni. Stopa spoczywała swobodnie dotykając podeszwą podłoża (kozetki). Stopa została ustabilizowana przez badającego kolanem lub poprzez siad na grzbiecie stopy. Badający obejmował obiema rękami bliższy koniec piszczeli układając kciuki na jej guzowatości, a następnie pociągał piszczel do siebie. Przemieszczenie podudzia względem uda do przodu w porównaniu ze zdrową kończyną świadczyło o pozytywnym wyniku tego testu. Poniżej zamieszczono jego interpretację (Ryc. 13): przemieszczenie podudzia <5mm w stosunku do zdrowej kończyny oznaczono „1+”, 5-10mm oznaczono „2+”, >10mm oznaczono „3+”.

3. Test Pivot-Shift

Pacjenta ułożono w pozycji leżącej na plecach. Badana kończyna w wyproście została ustabilizowana jedną ręką badającego, który opierał kciuk na bocznym kłykciu piszczeli, drugą obejmował stopę. Następnie badający wykonywał ruch rotacji kolana do wewnątrz z jednoczesnym koślawieniem i zgięciem kolana. Charakterystyczny odgłos przeskakiwania był wynikiem podwichnięcia kości piszczelowej, spowodowanym przez niewydolność WKP. Objaw ten świadczył o pozytywnym wyniku testu (Ryc. 14).



Rycina 13. Sposób wykonania testu szuflady przedniej



Rycina 14. Sposób wykonania Pivot-Shifta

4. Translacja przednia piszczeli (ATT) oceniana za pomocą Rolimetru

Badanie wykonywane podobnie do testu Lachmanna z wykorzystaniem urządzenia pomiarowego, które służy do dokładnego określenia przemieszczenia przedniego piszczeli w milimetrach. Pozycja pacjenta jest identyczna jak w wyżej opisywanym teście Lachmanna. Rolimetr ustawiano końcem bliższym na rzepce i stabilizuje się dłonią. Część pomiarową skalowano dosuwając ją do krawędzi piszczeli. Koniec bliższy rolimetru mocowano w odcinku dystalnym goleni. Następnie wolną ręką goleń w odcinku bliższym pociągano do przodu, co skutkowało przemieszczeniem się elementu pomiarowego. Wynik odczytywany był z wyświetlacza.

W dalszej części pracy do opisowego zaprezentowania wyników badań klinicznych zastosowano poniższe terminy:

- Nieznaczna niestabilność – gdy objaw Lachmanna i/lub szuflady przedniej wynosił 1+;
- Umiarkowana niestabilność – gdy objaw Lachmanna i/lub szuflady przedniej wynosił 2+;
- Duża niestabilność – gdy objaw Lachmanna i/lub szuflady przedniej wynosił 3+ i/lub Pivot-Shift był pozytywny.

Badania dodatkowe

U każdego z pacjentów z urazem stawu kolanowego zostało przeprowadzone badanie USG. Oceniano w nim wysięk stawowy, więzadła poboczne kolana, łąkotki, więzadło właściwe rzepki, ścięgno mięśnia czworogłowego oraz obecność patologicznych torbieli. Wszyscy pacjenci zakwalifikowani do badania mieli wykonane badanie rezonansu magnetycznego kolana. Diagnostyka ta potwierdzała lub wykluczała zerwanie WKP tym samym określając spełnienie kryterium przyjęcia do grup badawczych. Pacjenci byli kierowani na badanie MRI przez pracowników oddziału po przeprowadzeniu wcześniej wywiadu i badania przedmiotowego lub też zgłaszali się do kliniki już z gotowym opisem rezonansu. Badanie dobrze obrazowało aktywne chrząstki wzrostowe, które również było podstawą do zakwalifikowania do pracy badawczej (Ryc. 15).



Rycina 15. A – obraz MR w projekcji strzałkowej po ostrym urazie ACL, krwiak wewnątrzstawowy, aktywne chrząstki wzrostowe.
B – MRI stawu kolanowego w projekcji czołowej. Widoczne całkowite uszkodzenie WKP oraz jego kikuty. Chrząstki wzrostowe są aktywne.

Badania USG i MRI stosowane były w celu kwalifikacji pacjentów do badania wykluczeniu współistniejących urazów chrząstek stawowych i łąkotec, które wymagałyby dodatkowego zaopatrzenia operacyjnego.

2.2. Metody leczenia

2.2.1. Leczenie operacyjne (Grupa I)

Technika operacyjna

Wszyscy pacjenci z grupy I (leczonej operacyjnie) byli operowani przez ten sam zespół operacyjny z użyciem tej samej techniki operacyjnej, tego samego autograftu i sposobem mocowania graftu.

Zabieg przeprowadzany był w znieczuleniu podpajęczym.

Stosowana technika operacyjna, to metoda przechodząca przez chrząstki wzrostowe, w której zarówno kanał udowy i piszczelowy przechodzi przez warstwę chrząstki wzrostu zarówno w końcu bliższym kości piszczelowej, jak i w dalszym kości udowej. Technika ta jest podobna do techniki rekonstrukcji jednopęczkowej WKP stosowanej u dorosłych. Stosuje się w niej pewne modyfikacje mające zminimalizować ryzyko uszkodzenia chrząstki wzrostu, które mogą skutkować zaburzeniem wzrostu kości. Do najważniejszych odmienności procedury stosowanej u pacjentów z niedojrzałym szkieletem należą: możliwie pionowe prowadzenie kanałów do powierzchni stawowych, tak aby przekrój poprzeczny kanału miał jak najmniejsze pole powierzchni w stosunku do pola powierzchni chrząstki wzrostowej. Ważne jest aby ubytek chrząstki nie przekraczał 7-9%. Poniżej tej wartości nie ma znaczenia klinicznego dla dalszego wzrostu kości. Przyjmuje się, że kanał powinien być możliwie wąski, a jego średnica wynosić ok. 6-7 mm [38,95,96,97].

Graft pobierany był z ipsilateralnej kończyny z hamstringów – czyli ścięgna mięśnia półścięgnistego (ST) i smukłego (G). U dzieci i młodzieży należy zachować ostrożność przy pobieraniu graftu, aby nie uszkodzić warstwy okostnej, gdyż może to grozić uszkodzeniem obwodowej części chrząstki wzrostowej podczas pobierania dystalnego fragmentu przeszczepu (ST).

U wszystkich operowanych pacjentów przeszczep był mocowany za pomocą zawieszki blaszki tytanowej z pętlą – Endobutton (Smith&Nephew) na korówce kości udowej. Koniec piszczelowy stabilizowany był w kanale piszczelowym za pomocą śruby biowchłanianalnej (Smith&Nephew). Pacjent znajdował się w pozycji leżącej w ułożeniu na plecach. Obydwie kończyny umieszczano w specjalnych uchwytach i ustawiano je w zgięciu w stawach kolanowych pod kątem prostym. Na operowaną kończynę powyżej środka uda zapinano opaskę Esmarcha, którą następnie pompowano do wartości 250 mmHg. W dalszej kolejności pole operacyjne zostało starannie

zdezynfekowane i sterylnie obłożone. Poprzez nacięcie skóry został wykonany przednio-boczny dostęp, przez który wprowadzono artroskop do środka stawu kolanowego. W trakcie artroskopii dokonywano oceny wszystkich wewnętrznych struktur kolana, jednocześnie potwierdzając ostatecznie diagnozę całkowitego uszkodzenia WKP. Następnie usuwano kikuty WKP za pomocą Shavera. W dalszym etapie. Przystępowano do pobrania przeszczepu. Wykonywano cięcie podłużne przyśrodkowo od guzowatości piszczeli. Przez tak przygotowany dostęp uwidaczniano gęsią stopę, preparowano dystalne przyczepy mięśni półścięgnistego i smukłego z zachowaniem należytej ostrożności, za pomocą Strippera pobierano przeszczep. Graft zostawał oczyszczany z przylegającej do niego tkanki mięśniowej i tłuszczowej. Tak przygotowane ścięgno obszywano nićmi. Złożony trzykrotnie przeszczep układano w specjalnej miarce celem określenia jego grubości średnicy. Celem przygotowania do wprowadzenia i stabilizacji złożony graft zawieszano, składając go w połowie długości na pętli od Endobuttonu, tworząc górną wprowadzaną do kości udowej część. Obszyte końce graftu naciągano w dół. Po przygotowaniu graftu i określeniu jego grubości przystępowano do wiercenia kanałów. Rozpoczynano od tworzenia kanału piszczelowego w technice „outside-in” przy użyciu celownika obecnego w zestawie operacyjnym firmy Smith&Nephew. Do wykonania tej procedury kolano było zgięte pod kątem prostym. Częścią wewnątrzstawową celownika identyfikowano miejsce przyczepu piszczelowego ACL, następnie stabilizowano celownik, opierając z zewnątrz o korówkę kości piszczelowej prowadnicę dla drutu Kirschnera.

Wejście do kanału miało swój początek proksymalnie na przednio-przyśrodkowej powierzchni piszczeli, wykonywany przez dostęp wykorzystany do pobrania ścięgna ST-G. Przy pomocy celownika wprowadzono do stawu drut Kirschnera (K) przez środek przyczepu piszczelowego więzadła krzyżowego przedniego, w polu międzykłykciowym przednim. Następnie rozwiercano kanał piszczelowym wiertłem kaniulowanym prowadzonym po drucie K aż do wnętrza stawu na szerokość średnicy określoną przez grubość pobranego i zmierzonego wcześniej przeszczepu.

Przez kanał piszczelowy (technika transtibialna) ponownie wprowadzono drut Kirschnera i identyfikowano miejsce przyczepu udowego ACL, następnie umieszczano go w centrum przyczepu udowego WKP i tym razem wiercono kanał udowy w kierunku od wnętrza stawu na zewnątrz. Drut wyprowadzano przez obie warstwy korówki kości udowej, przebijając się przez tkanki miękkie i skórę na bocznej części uda. Kanał udowy został poszerzony wiertłem kaniulowanym o grubości 4,5mm prowadzonym po

drucie K tylko przez obie korówki kości udowej w celu umożliwienia przeprowadzenia blaszki Endobuttonu. następnie zmierzono specjalnym urządzeniem pomiarowym długość kanału udowego. Wynik pomiaru pozwalał ustalić długość pętli zawieszki Endobutton – pętlę Endobuttona dobierano tak, aby po jej zakotwiczeniu na korówce około 20 mm graftu wypełniało kanał udowy. Kanał został poszerzony wiertłem kaniulowanym o średnicy przeszczepu o 10mm dalej niż wymaga właściwe ułożenie graftu, w celu wyprowadzenia Endobuttonu na zewnątrz kości udowej i umożliwienia „postawienia” jej poprzecznie. Przez oba kanały od dołu do góry wprowadzano drut z pętlą, przez którą przewlekano nici z końca piszczelowego przeszczepu, a następnie wyciągając drut przez kanał piszczelowy na zewnątrz. Przy pomocy pętli nici graft zostawał wciągnięty przez oba kanały, następnie był zakotwiczony na warstwie korowej kości udowej poprzez „postawioną” poprzecznie blaszkę Endobuttonu.

Zakotwiczenie sprawdzano poprzez napinanie nici wychodzących przez kanał piszczelowy. Mocowanie przeszczepu sprawdzano też przez kilkukrotne prostowanie i zginanie kolana do 90 stopni pod kontrolą artroskopu. Przeszczep w kanale piszczelowym był blokowany śrubą interferencyjną o średnicy 0,5 mm większej niż średnica przeszczepu napinając graft przy zgięciu około 20 stopni w kolanie. Śrubę umieszczano ostrożnie, tak aby nie krzyżowała warstwy chrząstki wzrostowej. Pod kontrolą artroskopową jeszcze raz sprawdzano napięcie graftu haczykiem w różnych ustawieniach kolana w położeniu od 0 do 100 stopni.

Dreny Redona umieszczano w stawie kolanowym i miejscu pobrania graftu. Zakładano szwy skórne oraz sterylny opatrunek. Anestezjolog wykonywał dodatkowo blokadę nerwu udowego. Na operowaną kończynę zakładano ortezę stawu kolanowego z ograniczeniem ruchomości w zakresie 0-30 stopni (etapy zabiegu Ryc. 16 – 27).



Rycina 16. Obraz śródoperacyjny stawu kolanowego prawego. Widok preparowania i odstąpienia przyczepu dystalnego ścięgna mięśnia półścięgnistego



Rycina 17. Obraz śródoperacyjny stawu kolanowego prawego. Wyizolowane, dystalnie odpreparowane i przygotowane do pobrania ścięgno mięśnia półścięgnistego



Rycina 18. Widok stolika preparacyjnego. Ścięgno mięśnia półścięgnistego oczyszczone i przygotowane do obszycia



Rycina 19. Obszuty, trzykrotnie złożony przeszczep ze ścięgna mięśnia półścięgnistego



Rycina 20. Endobutton z systemem nici do transportu graftu z widocznym implantem do zawieszenia na korówce kości udowej



Rycina 21. Śruba interferencyjna służąca do zablokowania dystalnego końca graftu w kanale piszczelowym



Rycina 22. Obraz artroskopowy wolnego kikutu udowego po całkowitym rozerwaniu więzadła krzyżowego



Rycina 23. Obraz artroskopowy. Przygotowanie kanału piszczelowego, obraz drutu kierunkowego przechodzącego przez głowę kości piszczelowej do wnętrza stawu



Rycina 24. Obraz artroskopowy. Pomiar długości kanału udowego, obraz miarki przechodzącej przez kłykiec boczny kości udowej do wnętrza stawu



Rycina 25. Obraz artroskopowy. Przeciąganie przygotowanego graftu ze ścięgna mięśnia półściępnistego na niciach transportowych przez kanał piszczelowy i udowy



Rycina 26. Obraz artroskopowy. Kolejny etap przeciągania graftu. Widoczny Endobutton przed wciągnięciem do kanału udowego



Rycina 27. Obraz artroskopowy. Prawidłowo umiejscowiony przeszczep więzadła krzyżowego przedniego

Przebieg pooperacyjny

Pacjenci po zabiegu przewożeni byli na salę pooperacyjną, gdzie pozostawali dobę pod obserwacją. Następnego dnia usuwano dreny, zmieniano opatrunki i pod kontrolą fizjoterapeuty następowała ostrożna mobilizacja pacjenta z użyciem 2 kul łokciowych i ortozy stawu kolanowego w zakresie ruchomości 0-30 stopni.

Pacjent otrzymywał profilaktykę przeciwzakrzepową w postaci podskórnych iniekcji heparyny drobnocząsteczkowej oraz doustną antybiotykoterapię.

Pacjent stawiał się na wizyty kontrolne w 1, 3, 5. dobie po operacji oraz celem usunięcia szwów 14. dnia po zabiegu. Stosowanie kul łokciowych oraz ortozy zalecano na okres 3 tygodni, ze stopniowym zwiększaniem zakresu ruchomości według schematu 30-60-90 stopni na tydzień.

W przebiegu pooperacyjnym stosowano standardowe postępowanie fizjoterapeutyczne po rekonstrukcji WKP.

Kolejne wizyty kontrolne ustalane były po 3,6,9 miesiącach i po przynajmniej 1,5 roku po leczeniu.

2.2.2. Leczenie zachowawcze (Grupa II)

Pacjenci leczeni zachowawczo byli prowadzeni przez ten sam zespół fizjoterapeutów, co pacjenci leczeni operacyjnie.

Pacjenci leczeni zachowawczo używali kul podczas chodzenia przez 6 tygodni, natomiast ortezę stawu kolanowego stosowali również 6 tygodni zaczynając z ustawieniem 0-30 stopni i stopniowym zwiększaniem zakresu ruchu między 15-30

stopni na tydzień. O zwiększeniu zakresu ruchomości i czasie stosowania ortezy decydował lekarz podczas wizyt kontrolnych. Decyzji dokonywał na podstawie nasilenia dolegliwości bólowych, obrzęku, biernego zakresu ruchów i badania USG kolana.

U pacjentów leczonych zachowawczo stosowano ujednolicony program rehabilitacyjny. W odróżnieniu od grupy operowanej, u pacjentów leczonych zachowawczo nie wykonywano czynności związanych z działaniem przeciwobrzękowym na tylnobocznej stronie uda (co w grupie operowanej było związane z pobraniem przeszczepu).

Faza 1 – czas trwania: 1.-5. tydzień

Okłady chłodzące, następnie krioterapia stosowana na staw; pasywne ćwiczenie zginania kolana na szynie ruchomej; manualna mobilizacja stawu rzepekowo-udowego; elektrostymulacja mięśnia czworogłowego uda; trening aktywujący propriocepcję; izometryczny trening prostowników i zginaczy kolana bez oraz z oporem; trening mięśni tułowia.

Faza 2 – czas trwania: 6.-12. tydzień

Kontynuacja treningu Fazy 1 z gradacją stopnia trudności; ćwiczenia czynne bez i z oporem tułowia i kończyn górnych; ćwiczenie wolnego chodu na bieżni; ćwiczenia na cykloergometrze; przysiady obunóż i jednonóż.

Faza 3 – czas trwania: 13-20. tydzień

Kontynuacja treningu Fazy 1 i 2 ze skalowaniem stopnia trudności; nisko intensywne ćwiczenia plyometryczne (skocznościowe); nauka techniki lądowania w skokach obunóż i jednonóż; trening funkcjonalny złożonych wzorców ruchowych. Trening siłowy prostowników i zginaczy kolana w warunkach izokinetyki, trucht i bieg na bieżni.

Faza 4 – czas trwania: od 21. tygodnia do 8 miesięcy.

Trening koncentryczno-ekscentryczny mięśni nóg; trening specjalistyczny dopasowany do danej dyscypliny; trening plyometryczny; trening poprawiający wytrzymałość mięśniową oraz szybkość.

Ze względu na aktywność chrząstek wzrostowych u dzieci i młodzieży w trakcie fizjoterapii nie przeprowadzano zabiegów z użyciem pola magnetycznego, gdyż ma ono wpływ na zmianę poziomu ich czynności biologicznej [98].

Zabiegi fonoforezy, jeśli były wymagane w działaniu przeciwobrzękowym, wykonywano wyłącznie w miejscu pobrania przeszczepu. Stosowanie fonoforezy na wysokości stawu kolanowego jest u osób z niedojrzałym szkieletem przeciwwskazane ze względu na negatywny wpływ na chrząstkę wzrostową [99].

2.3. Metodyka oceny leczenia

1. Ocena badań wykonywanych podczas kwalifikacji do leczenia: uczucie niestabilności przedniej kolana, zakres ruchomości stawu kolanowego, test Lachmanna, test szuflady przedniej, test Pivot-shift, ATT (translacja przednia piszczeli);
2. Ocena parametrów po zakończonym okresie leczenia (po 1,5 roku): uczucie niestabilności kolana, zakres ruchomości stawu kolanowego, test Lachmanna, test szuflady przedniej, test Pivot-shift, ATT (przednia translacja piszczeli) mierzona roliometrem, powikłania pooperacyjne, uszkodzenia wtórne, konieczność rewizji i interwencji chirurgicznych, skrócenie długości kończyny, deficyt zgięcia i wyprostu w stawie kolanowym względem kończyny zdrowej, zaniki mięśniowe, kliniczna ocena koślawości lub szpotawości kolana, ocena kliniczna wady postawy, subiektywna ocena według kwestionariuszy Lysholma oraz IKDC 2000.

Po zakończeniu leczenia u pacjentów leczonych operacyjnie przeprowadzono pomiary długości kończyn dolnych oraz badania kliniczne celem wykluczenia pooperacyjnej zmiany osi kończyny dolnej, deformacji w skutek jatrogenego zaburzenia procesów wzrastania kończyny oraz wad postawy, które w mechanizmie kompensacyjnym mogłyby te zaburzenia manifestować.

Nie prowadzono pomiarów przed rozpoczęciem leczenia ze względu na obrzęki i wymuszone ustawienie kończyny w lekkim zgięciu w stawie kolanowym spowodowane wysiękiem stawowym, a także braku możliwości równomiernego obciążenia obu kończyn spowodowanym dolegliwościami bólowymi. Jako wartości wyjściowe dotyczące równej długości kończyn dolnych przyjęto dane zebrane podczas wywiadu. Żaden z pacjentów nie uskarżał się wcześniej na dolegliwości związane ze

skróceniem kończyny, nie postawiono wcześniej diagnozy deficytu długości kończyny lub skoliozy i nie stosował wkładek wyrównujących.

Po zakończonym leczeniu urazu WKP przed przystąpieniem do pomiaru kontrolnego różnicy długości kończyn przeprowadzono badanie mające wykluczyć skoliozę jako przyczynę niewłaściwego ustawienia miednicy i subiektywnego uczucia skrócenia kończyny. Sprawdzeniu zostało poddane ustawienie głowy i szyi w osi pionowej ciała, symetryczne ułożenie barków i kątów dolnych łopatek, symetryczny zarys talii po obu stronach oraz symetryczne ustawienie talerzy biodrowych.

Następnie przystępowano do wykonania pomiaru funkcjonalnego kończyny. Pacjent stał swobodnie plecami do badającego, stopy ustawione były równoległe do siebie, rozstawione na szerokość barków. Palpacyjnie lokalizowano kolce biodrowe tylne górne i przykładano do nich specjalną poziomnicę ortopedyczną (Ryc. 28).



Rycina 28. Sposób wykonania pomiaru ustawienia miednicy przy pomocy specjalistycznej poziomnicy.

A – ramiona miernika opierano obustronnie na grzebieniach kości biodrowej.

B – pozycja pęcherzyka powietrza między dwiema liniami referencyjnymi świadczyła o odczycie prawidłowym i braku asymetrii

Następnie przystępowano do porównania długości względnej i bezwzględnej obu kończyn dolnych.

Długość względna mierzona jest w pozycji leżącej na plecach w wyproście w stawach biodrowych i kolanowych za pomocą centymetru od kolca biodrowego

przedniego górnego szczytu kostki przyśrodkowej. Taki sam pomiar został wykonany na kończynie zdrowej, wynik zapisano i porównano.

Długość bezwzględna mierzona jest w tej samej pozycji. Pomiaru dokonuje się od szczytu krętarza większego do kostki bocznej. W metodzie tej można oznaczyć bezwzględną długość uda mierzoną od krętarza do szpary stawu kolanowego i bezwzględną długość podudzia mierzoną od szpary stawu kolanowego do kostki bocznej. Wyniki te również poddano analizie porównawczej.

Ocenie klinicznej poddano oś kończyny dolnej w celu wykluczenia jej deformacji pooperacyjnej. Dokonano makroskopowej oceny obserwacyjnej obu kończyn dolnych w pozycji stojącej ze złączonymi kończynami dolnymi. Oceniano koślawość (genu valgum), szpotawość (genu varum) i patologiczny przeprost stawu kolanowego (genu recurvatum). Kryterium koślawości kolan spełnione było gdy pacjent w trakcie łączenia kolan nie mógł złączyć stóp, a zmierzony odstęp między nimi wynosił więcej niż 5 cm. Kryterium szpotawości kolan spełniał pacjent, który po złączeniu stóp nie mógł złączyć kolan, a zmierzony odstęp między kolanami był większy niż 3 cm. Patologiczny przeprost sprawdzany był podczas badania zakresu ruchomości stawu kolanowego przy pomocy goniometru. Za wartość patologiczną uznawany był przeprost większy niż 10 stopni (Ryc. 29).



Rycina 29. Ocena kliniczna osi kończyn dolnych. Pacjent w pozycji stojącej na baczność złącza obydwie kończyny dolne. Zarówno oba stawy kolanowe jak i stawy skokowe pozostają w bezpośrednim kontakcie. Świadczy to o prawidłowej osi kończyny dolnej i wyklucza

Długość kończyny można również dokładnie określić na podstawie zdjęć RTG i tomografii CT lub MRI. Pacjenci nie byli poddani tym badaniom ze względu na dodatkowe koszty i negatywne działanie promieniowania jonizującego.

W dalszej części pracy zamieszczono analizę wyników pomiarów kończyn u pacjentów po zakończonym leczeniu operacyjnym.

2.4. Analiza statystyczna

Analizę statystyczną zgromadzonych wyników badań przeprowadzono z użyciem pakietu statystycznego STATISTICA w wersji 13.0.

Charakterystyki badanych grup pacjentów dokonano poprzez prezentację rozkładu procentowego wariantów zmiennych jakościowych, natomiast dla zmiennych ilościowych za pomocą średniej (\bar{x}) \pm odchylenia standardowego (s) oraz zakresu (min-max). W zależności od modelu zastosowano następujące narzędzia wnioskowania statystycznego:

- porównanie dwóch prób niezależnych mierzalnych w skali nominalnej – test chi-kwadrat Pearsona, skorygowany w razie konieczności poprawką Yatesa;
- porównanie dwóch prób niezależnych mierzalnych co najmniej w skali porządkowej – test U Manna-Whitneya;
- porównanie dwóch prób zależnych mierzalnych co najmniej w skali porządkowej – test kolejności par Wilcoxona.

Wybór metod nieparametrycznych podyktowany był brakiem spełnienia założenia o rozkładzie normalnym weryfikowanego przy użyciu testu Shapiro-Wilka.

Całość analizy statystycznej przeprowadzono na poziomie istotności 0,05, będącym prawdopodobieństwem popełnienia błędu pierwszego rodzaju, polegającego na odrzuceniu hipotezy zerowej, mimo że jest ona prawdziwa. Za istotne statystycznie uznano wyniki, dla których p okazało się mniejsze niż 0,05.

IV Wyniki

Grupa I: Pacjenci leczeni operacyjnie metodą rekonstrukcji pierwotnej WKP z zastosowaniem autograftu ST-G po całkowitym uszkodzeniu WKP.

Grupa II: Pacjenci leczeni metodą zachowawczą po całkowitym uszkodzeniu WKP.

1. Ocena ryzyka i okoliczności powstania urazu

62 pacjentów w wieku szkolnym, którzy ulegli wypadkowi z całkowitym uszkodzeniem WKP zostało poddanych leczeniu operacyjnemu (30 pacjentów – Grupa I) oraz zachowawczemu (32 pacjentów – Grupa II).

Okoliczności powstania urazu przedstawione zostały na Diagramie 1. Częstość powstawania tego urazu w poniższych sytuacjach wskazuje, że urazy ACL stanowią duże ryzyko podczas uprawiania sportu (90,3%). Uraz ten jako następstwo nieszczęśliwego wypadku (np. upadku w wyniku potknięcia lub bezpośredniego działania siły zewnętrznej) wystąpił jedynie u 9,7% badanych.

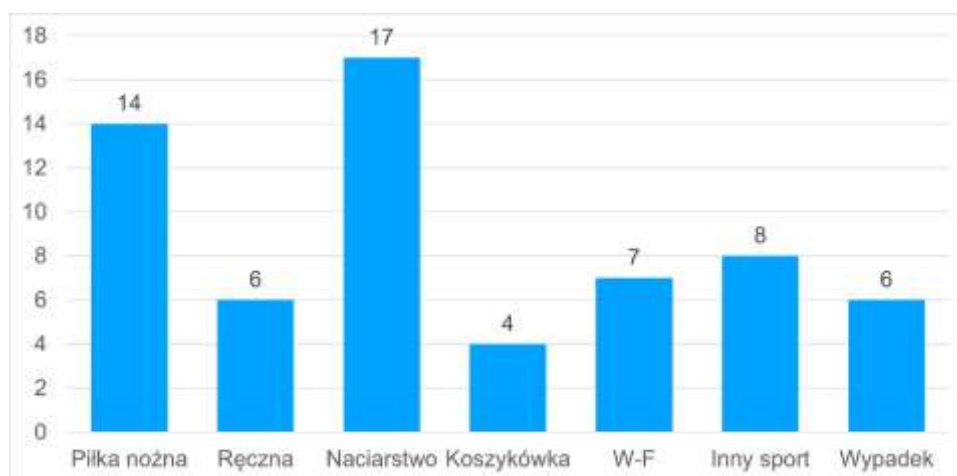


Diagram 1. Okoliczności powstania urazu

2. Wyniki oceny klinicznej

W naszej pracy za kryteria powodzenia leczenia niestabilności przedniej kolony wywołanej całkowitym urazem więzadła krzyżowego przedniego przyjęto pełny powrót do aktywności codziennej i sportowej, bez znacząco odczuwalnego subiektywnie dyskomfortu pacjenta, przy jednocześnie prawidłowym wyniku badania klinicznego kolana bez cech jego niestabilności.

2.1. Ocena stabilności stawu kolanowego

Wynik testu Lachmana przed leczeniem był 3+ pozytywny u 4 (13,3%), 2+ pozytywny u 16 (53,3%) i 1+ pozytywny u 10 (33,3%) pacjentów leczonych operacyjnie.

Po przeprowadzeniu zabiegu operacyjnego wynik testu Lachmana był prawidłowy (negatywny) u 28 (93,3%) pacjentów (Tab. 1).

Tabela 1. Wyniki testu Lachmana przeprowadzonego w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo przed i po leczeniu

Test Lachmana, n (%)						
		Po leczeniu				
Operacyjni		0	1+	2+	3+	Ogółem
Przed leczeniem	0	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	1+	9 (30,0%)	1 (3,3%)	0 (0%)	0 (0%)	10 (33,3%)
	2+	15 (50,0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	0 (0%)	16 (53,3%)
	3+	4 (13,3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)
	Ogółem	28 (93,3%)	1 (3,3%)	1 (3,3%)	0 (0%)	30
Zachowawczy		0	1+	2+	3+	Ogółem
Przed leczeniem	0	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	1+	2 (6,3%)	8 (25,0%)	0 (0%)	0 (0%)	10 (31,3%)
	2+	7 (21,9%)	8 (25,0%)	5 (15,6%)	0 (0%)	20 (62,5%)
	3+	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,3%)	2 (6,3%)
	Ogółem	9 (28,1%)	16 (50,0%)	5 (15,6%)	2 (6,3%)	32

Wynik testu Lachmana przed leczeniem był 3+ pozytywny u 2 (6,3%), 2+ pozytywny u 20 (62,5%) i 1+ pozytywny u 10 (31,3%) pacjentów leczonych zachowawczo. Po zastosowanym leczeniu wynik testu Lachmana był prawidłowy (negatywny) u 9 (28,1%) pacjentów (Tab. 1). Szczegółowe wyniki poprawy stabilności stawu kolanowego z użyciem testu Lachmana prezentują Diagramy 2 do 6.

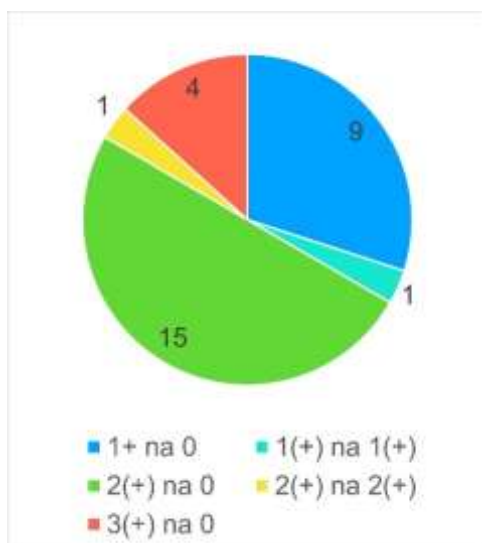


Diagram 2. Szczegółowa ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Lachmanna w Grupie I

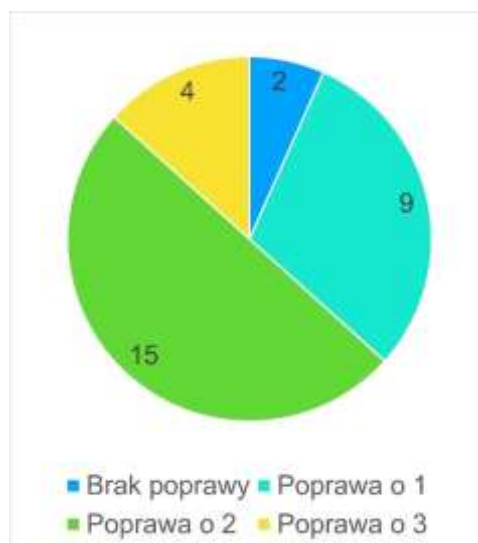


Diagram 3. Sumaryczna ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Lachmanna w Grupie I

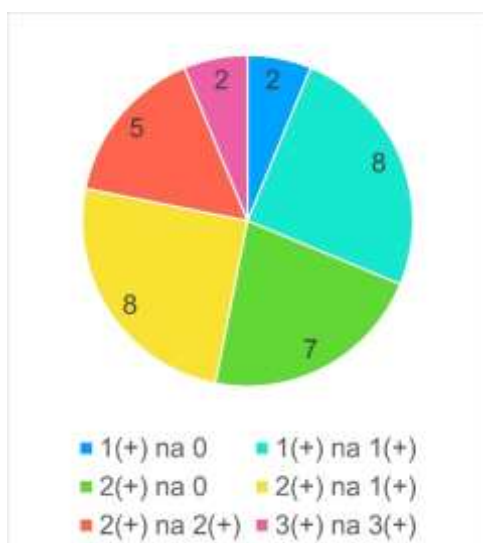


Diagram 4. Szczegółowa ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Lachmanna w Grupie II

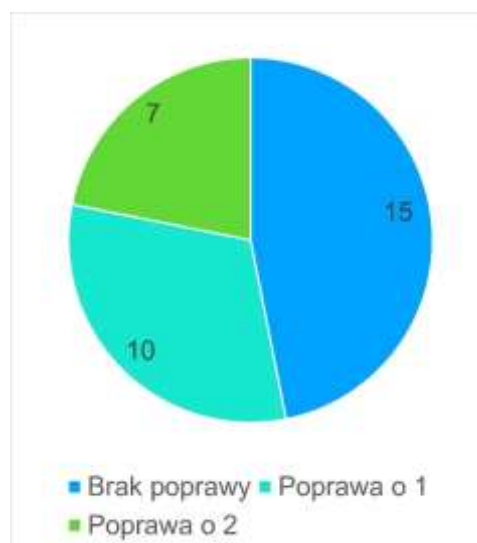


Diagram 5. Sumaryczna ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Lachmanna w Grupie II

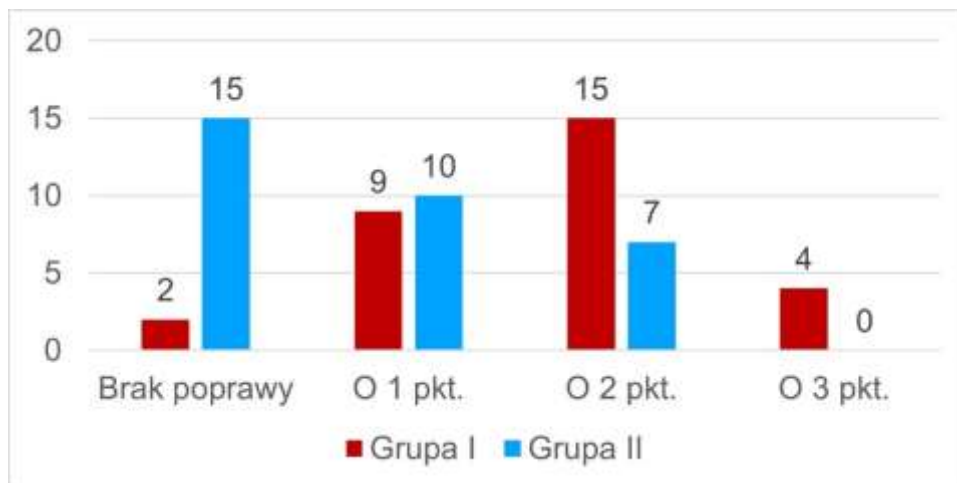


Diagram 6. Zestawienie wyników poprawy wyniku testu Lachmanna dla Grupy I i II

Wynik testu szuflady przedniej przed leczeniem był 2+ pozytywny u 9 (30,0%) i 1+ pozytywny u 18 (60,0%) pacjentów leczonych operacyjnie. Po przeprowadzeniu zabiegu operacyjnego wynik testu szuflady przedniej był prawidłowy (negatywny) u 29 (96,7%) pacjentów (Tab. 2).

Tabela 2. Wyniki testu szuflady przedniej przeprowadzonego w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo przed i po leczeniu

Test szuflady przedniej, n (%)						
		Po leczeniu				
Operacyjni		0	1+	2+	3+	Ogółem
Przed leczeniem	0	3 (10,0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (10,0%)
	1+	17 (56,7%)	1 (3,3%)	0 (0%)	0 (0%)	18 (60,0%)
	2+	9 (30,0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (30,0%)
	3+	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	Ogółem	29 (96,7%)	1 (3,3%)	0 (0%)	0 (0%)	30
Zachowawczy		0	1+	2+	3+	Ogółem
Przed leczeniem	0	2 (6,3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,3%)
	1+	10 (31,3%)	9 (28,1%)	0 (0%)	0 (0%)	19 (59,4%)
	2+	6 (18,8%)	1 (3,1%)	3 (9,4%)	0 (0%)	10 (31,3%)
	3+	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,1%)	0 (0%)	1 (3,1%)
	Ogółem	18 (56,3%)	10 (31,3%)	4 (12,5%)	0 (0%)	32

Wynik testu szuflady przedniej przed leczeniem był 3+ pozytywny u 1 (3,1%), 2+ pozytywny u 10 (31,3%) i 1+ pozytywny u 19 (59,4%) pacjentów leczonych zachowawczo. Po zastosowanym leczeniu wynik testu szuflady przedniej był prawidłowy (negatywny) u 18 (56,3%) pacjentów (Tab. 2). Szczegółowe wyniki poprawy stabilności stawu kolanowego z użyciem testu Szuflady przedniej prezentują Diagramy 7 do 9.

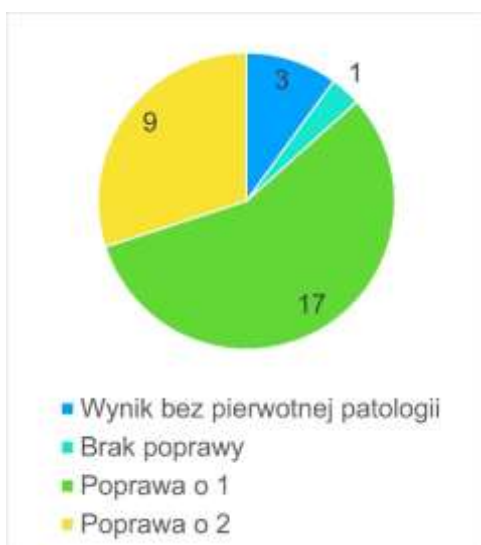


Diagram 7. Ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Szuflady przedniej w Grupie I

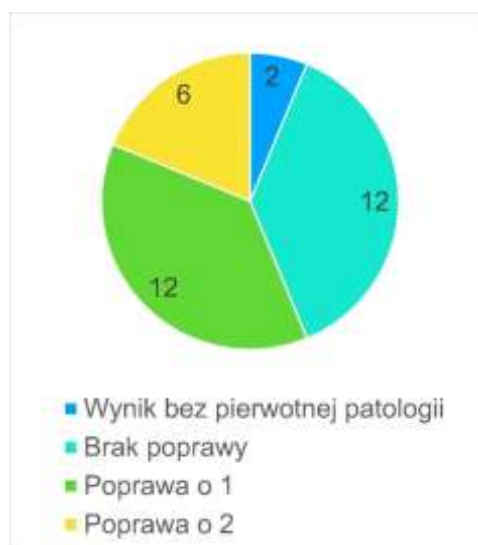


Diagram 8. Ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Szuflady przedniej w Grupie II

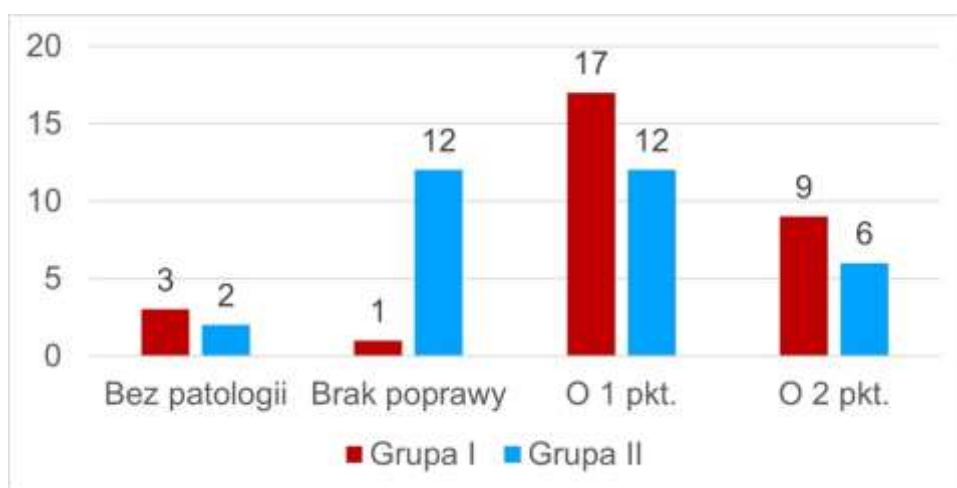


Diagram 9. Zestawienie wyników poprawy wyniku testu Szuflady przedniej dla Grupy I i II

Wynik testu Pivot-Shift przed leczeniem był dodatni u 6 (20,0%) pacjentów leczonych operacyjnie. Po przeprowadzeniu zabiegu operacyjnego wynik testu Pivot-Shift był ujemny dla wszystkich pacjentów (Tab. 3).

Wynik testu Pivot-Shift przed leczeniem był dodatni u 14 (43,8%) pacjentów leczonych zachowawczo. Po zastosowanym leczeniu wynik Pivot-Shift był ujemny u 26 (81,3%) pacjentów (Tab. 3). Szczegółowe wyniki poprawy stabilności stawu kolanowego z użyciem testu Pivot-Shift prezentują Diagramy 10 do 12.

Tabela 3. Wyniki testu Pivot-Shift przeprowadzonego w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo przed i po leczeniu

Test Pivot-Shift, n (%)				
		Po leczeniu		
Operacyjni		Negatywny	Pozytywny	Ogółem
Przed leczeniem	Negatywny	24 (80,0%)	0 (0%)	24 (80,0%)
	Pozytywny	6 (20,0%)	0 (0%)	6 (20,0%)
	Ogółem	30 (100,0%)	0 (0%)	30
Zachowawczy		Negatywny	Pozytywny	Ogółem
Przed leczeniem	Negatywny	18 (56,3%)	0 (0%)	18 (56,3%)
	Pozytywny	8 (25,0%)	6 (18,8%)	14 (43,8%)
	Ogółem	26 (81,3%)	6 (18,8%)	32

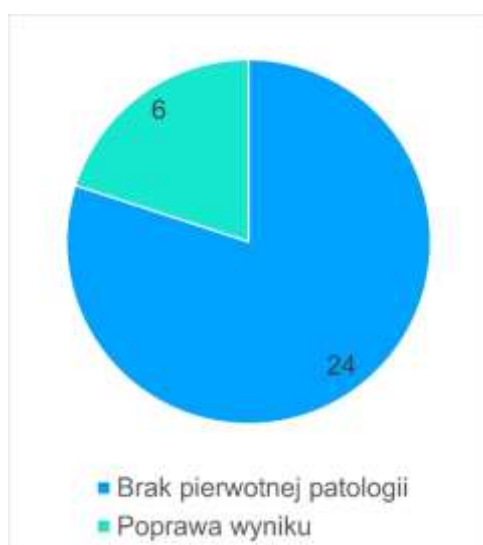


Diagram 10. Ocena poprawy wyniku testu Pivot-Shift w Grupie I

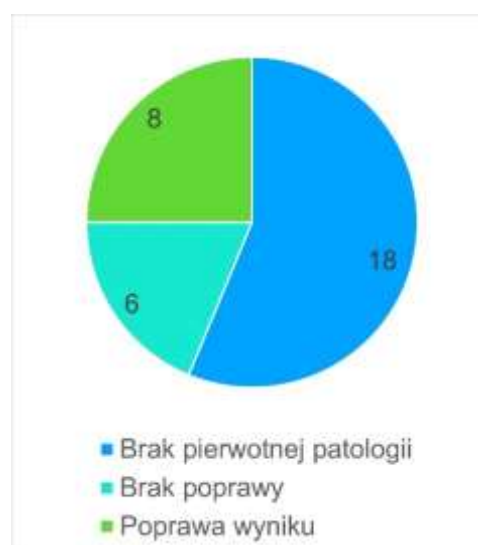


Diagram 11. Ocena poprawy wyniku testu Pivot-Shift w Grupie II

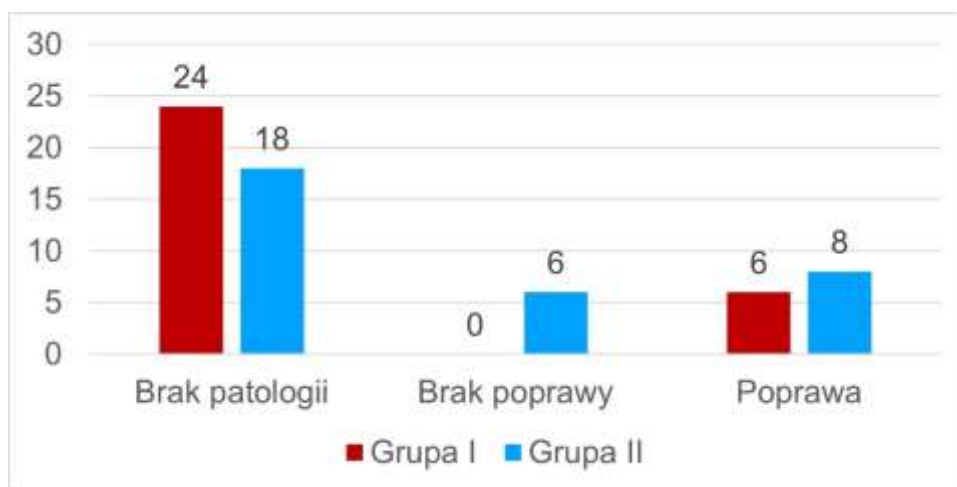


Diagram 12. Zestawienie wyników poprawy wyniku testu Pivot-Shift dla Grupy I i II

Analiza wyników testów stabilności stawu kolanowego pacjentów z uszkodzeniem więzadła krzyżowego przedniego przy użyciu testu Lachmana, szuflady przedniej i Pivot-Shift nie wykazała istotnej statystycznie różnicy przed zastosowaniem leczenia w grupie leczonej operacyjnie i zachowawczo ($p=0,592$, $p=0,749$, $p=0,084$ dla odpowiednich testów). Natomiast po leczeniu stwierdzono istotną statystycznie różnicę w rozkładzie wyników (odpowiednio dla wyżej wymienionych testów: $p<0,001$, $p=0,001$, $p=0,039$) (Tab. 4).

Wyniki badania rolimetrem pozwoliły sprawdzić translację przednią piszczeli (ATT) w dziesiątych milimetra w stosunku do kontralateralnej kończyny. Wyniki zostały pogrupowane w zakresy wartości, które następnie zostały przekształcone w wyniki testu Lachmanna wcześniej zaprezentowane. Diagram 13 przedstawia wartości uzyskane u poszczególnych pacjentów wyrażone w milimetrach.

Tabela 4. Porównanie wyników poszczególnych testów służących ocenie stabilności stawu kolanowego pacjentów w grupie leczonej operacyjnie i zachowawczo przed i po leczeniu

Grupa	Operacyjni (n=30)		Zachowawczy (n=32)		p	
	przed leczeniem, n (%)	po leczeniu, n (%)	przed leczeniem, n (%)	po leczeniu, n (%)	przed leczeniem	po leczeniu
Test Lachmana						
0	0 (0%)	28 (93,3%)	0 (0%)	9 (28,1%)	0,592	<0,001
1+	10 (33,3%)	1 (3,3%)	10 (31,3%)	16 (50,0%)		
2+	16 (53,3%)	1 (3,3%)	20 (62,5%)	5 (15,6%)		
3+	4 (13,3%)	0 (0%)	2 (6,3%)	2 (6,3%)		
Test szuflady przedniej						
0	3 (10,0%)	29 (96,7%)	2 (6,3%)	18 (56,3%)	0,749	0,001
1+	18 (60,0%)	1 (3,3%)	19 (59,4%)	10 (31,3%)		
2+	9 (30,0%)	0 (0%)	10 (31,3%)	4 (12,5%)		
3+	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,1%)	0 (0%)		
Test Pivot-Shift						
Negatywny	24 (80,0%)	30 (100,0%)	18 (56,3%)	26 (81,3%)	0,084	0,039
Pozytywny	6 (20,0%)	0 (0%)	14 (43,7%)	6 (18,7%)		

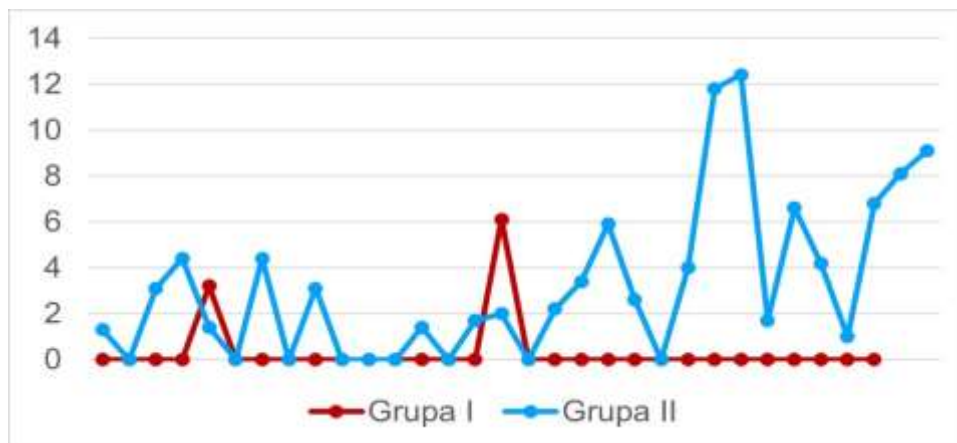


Diagram 13. Wartości przedniej translacji piszczeli (ATT) wyrażonej w mm dla Grupy I i II po leczeniu

2.2. Ocena ruchomości stawu kolanowego

W wyniku leczenia wartości maksymalnego zgięcia kolana wzrosły istotnie statystycznie zarówno w grupie pacjentów leczonych operacyjnie ($p < 0,001$) jak i zachowawczo ($p < 0,001$).

Stwierdzono istotne statystycznie różnice poziomu maksymalnego zgięcia kolana przed leczeniem w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo ($p = 0,009$). Wartości te po leczeniu zrównały się ($p = 0,591$) (Tab. 5).

Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic poziomu maksymalnego wyprostowania kolana przed leczeniem w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo ($p = 0,626$) (Tab. 5).

Tabela 5. Wyniki oceny maksymalnego zgięcia i wyprostowania stawu kolanowego przeprowadzonej w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo przed i po leczeniu

Grupa	Operacyjni (n=30)		Zachowawczy (n=32)		p	
	przed leczeniem	po leczeniu	przed leczeniem	po leczeniu	przed leczeniem	po leczeniu
Zgięcie kolana w stopniach						
x ± s	88,8 ± 24,1	134,8 ± 5,1	103,1 ± 23,5	133,8 ± 5,1	0,009	0,591
min-max	40-140	130-150	30-140	125-145		
Wyprost kolana w stopniach						
x ± s	2,2 ± 5,0		1,4 ± 3,6		0,626	
min-max	0-20		0-15			

W wyniku leczenia wartości maksymalnego wyprost kolana były takie same u wszystkich pacjentów niezależnie od zastosowanego leczenia. Wszyscy pacjenci uzyskali pełny wyprost stawu kolanowego o wartości przynajmniej 0 stopni.

Stwierdzono istotną statystycznie różnicę deficytu zgięcia kolana po urazie ($p=0,004$) (Tab. 6).

Tabela 6. Wyniki oceny deficytu zgięcia kolana po urazie przeprowadzonej w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo

Grupa	Operacyjni (n=30)	Zachowawczy (n=32)	p
Deficyt zgięcia kolana po urazie w stopniach w stosunku do kolana zdrowego			
$x \pm s$	6,0 \pm 7,1	2,2 \pm 5,4	0,004
min-max	0-30	0-20	

Wyniki prezentują ilościowy rozkład pacjentów w obydwu grupach, u których stwierdzono deficyt zgięcia stawu kolanowego po leczeniu w stosunku do kolana zdrowego i u których takiego deficytu nie stwierdzono. Zdecydowanie częściej, bo aż ponad 2-krotnie częściej obserwowano w grupie I. Uzyskiwane wartości deficytu zgięcia były również wyższe w grupie I. Szczegółowy zakres ruchu kończyny po leczeniu dla obu grup prezentują Diagramy 14 i 15.



Diagram 14. Wartości deficytu zgięcia stawu kolanowego w Grupie I

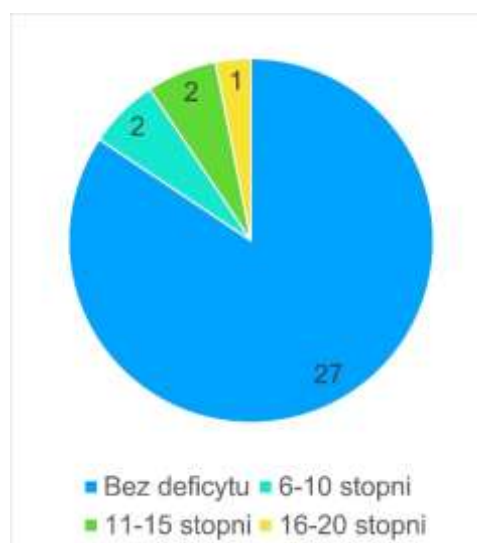


Diagram 15. Wartości deficytu zgięcia stawu kolanowego w Grupie II

2.3. Ocena siły i balansu mięśniowego

Zarówno średnia obwodu uda zdrowego ($p < 0,001$), jak i po urazie ($p < 0,001$), była istotnie statystycznie wyższa u pacjentów poddanych zabiegowi operacyjnemu (Tab. 7).

W wyniku oceny obwodu uda zdrowego i po urazie stwierdzono, że średni deficyt obwodu uda po urazie był niższy wśród pacjentów poddanych zabiegowi operacyjnemu w porównaniu do pacjentów leczonych zachowawczo ($1,7 \pm 2,2\%$ vs. $2,9 \pm 3,5$), jednak różnica ta nie była istotna statystycznie ($0,096$) (Tab. 7).

Tabela 7. Wyniki oceny obwodu uda po stronie nieleczonej i strony poddanej leczeniu przeprowadzonej w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo

Grupa	Operacyjni (n=30)	Zachowawczy (n=32)	p
Obwód uda po stronie nieleczonej			
x ± s	48,7 ± 8,4	37,0 ± 6,6	<0,001
min-max	31,0-67,0	18,0-57,0	
Obwód uda strony poddanej leczeniu			
x ± s	47,9 ± 8,1	35,9 ± 6,2	<0,001
min-max	30,0-63,0	18,0-55,0	
Deficyt obwodu uda po stronie leczonej - w % w odniesieniu do strony nieleczonej			
x ± s	1,7 ± 2,2	2,9 ± 3,5	0,096
min-max	-4,0-6,7	-5,3-10,5	

Obrzęk przed leczeniem zaobserwowano u 63,3% i 71,9% pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo, odpowiednio ($p=0,472$).

Po przeprowadzonym leczeniu w obydwu grupach przeprowadzono pomiar różnicy długości kończyn dolnych. Wykonano pomiar funkcjonalny, oceniono względną i bezwzględną długość kończyny operowanej w stosunku do kończyny zdrowej.

U żadnego z pacjentów nie odnotowano bocznego nachylenia miednicy poza wartości prawidłowe. W związku z tym nie było konieczne przeprowadzanie w dalszej części badania ilościowego pomiaru funkcjonalnego skrócenia kończyny, polegającego

na podkładaniu pod stopę strony krótszej podkładek wyrównujących o grubości 5 mm każda, aż do prawidłowego wskazania na poziomicy.

U żadnego z pacjentów poddanego zabiegowi rekonstrukcji WKP nie stwierdzono istotnej klinicznie różnicy długości operowanej kończyny. Nie zaobserwowano też klinicznie deformacji kończyny ze zmianą osi mechanicznej kolana, nie stwierdzono kolana szpotawego, koślawego oraz deformacji typu genu recurvatum.

Nie obserwowaliśmy infekcji pooperacyjnej u żadnego z pacjentów.

3. Wyniki oceny funkcjonalnej

Średnia całkowitej liczby punktów uzyskanych w skali Lysholma przez pacjentów leczonych operacyjnie wyniosła $85,4 \pm 14,4$ punktów. W grupie pacjentów leczonych zachowawczo pacjenci uzyskali średnio $88,2 \pm 10,3$ punktów. Analiza porównawcza otrzymanych wyników oceny funkcjonalnej opartej na skali Lysholma nie wykazała istotnych statystycznie różnic pomiędzy badanymi grupami ($p=0,467$) (Diag. 16).

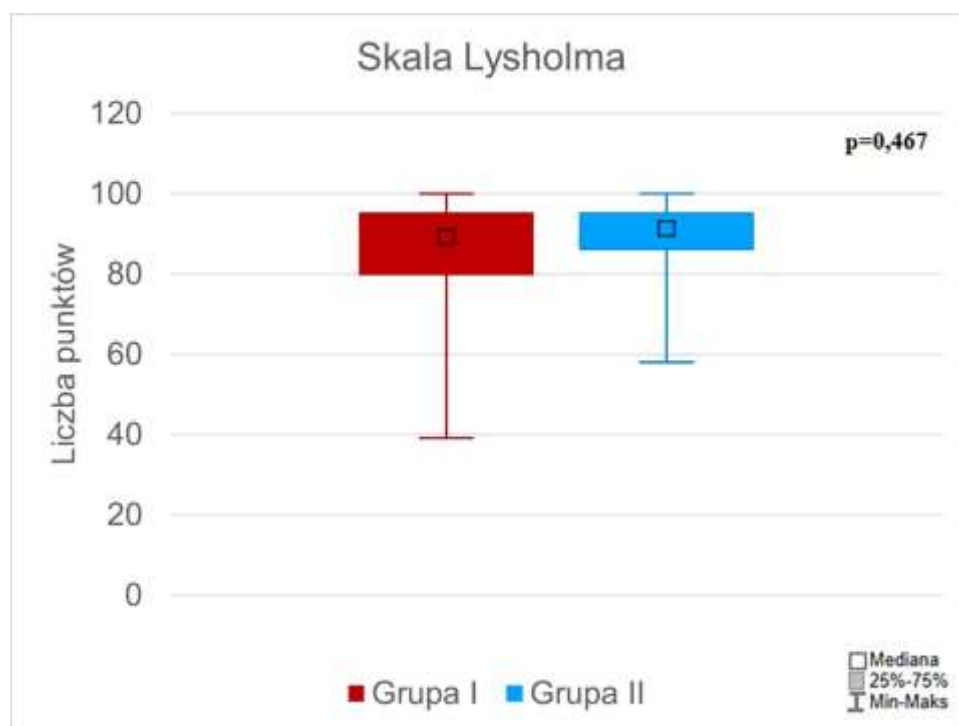


Diagram 16. Wyniki oceny funkcjonalnej opartej na skali Lysholma przeprowadzonej w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo

Średnia całkowitej liczby punktów uzyskanych w skali IKDC 2000 przez pacjentów leczonych operacyjnie wyniosła $75,2 \pm 12,6$ punktów. W grupie pacjentów leczonych zachowawczo pacjenci uzyskali średnio $69,4 \pm 14,1$ punktów. Analiza

porównawcza otrzymanych wyników oceny funkcjonalnej opartej na skali IKDC 2000 nie wykazała istotnych statystycznie różnic pomiędzy badanymi grupami ($p=0,111$) (Diag. 17).

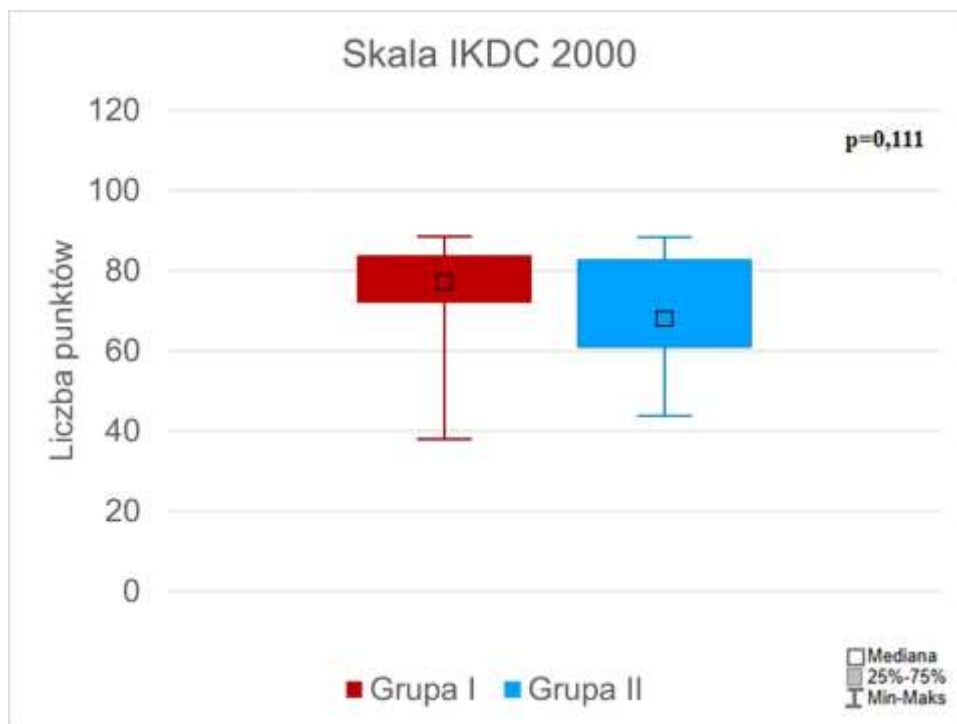


Diagram 17. Wyniki oceny funkcjonalnej opartej na skali IKDC 2000 przeprowadzonej w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo

Istotnie statystycznie była częstość występowania zmiany kończyny dominującej i wystąpiła u 25,8% pacjentów ($p < 0,05$). Zmianę nogi dominującej zaobserwowano u 23,3% i 28,1% pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo, odpowiednio ($p=0,667$). Wynik ten nie wykazuje istotności statystycznej w częstości różnic występowania tego zjawiska między obiema grupami. Diagram 18 przedstawia częstość zmiany kończyny dominującej po leczeniu uszkodzenia WKP w obydwu grupach. Za kryteria nogi dominującej uznano „odruchowe” prowadzenie/kopanie piłki odpowiednią nogą, ustawienie w pozycji prowadzącej podczas jazdy na snowboardzie lub deskorolce, stronę rozpoczynającą wchodzenie po schodach, czy odruchowy wykrok w momencie utraty równowagi. Kryterium siły zostało wyłączone, gdyż u wielu pacjentów w obu grupach stwierdzono niewielkie zaniki mięśniowe po leczeniu danej kończyny.



Diagram 18. Zmiana kończyny dominującej po leczeniu w Grupie I i II

Analiza nie wykazała różnic w tempie powrotu umiarkowanej aktywności sportowej (0,420) w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo. Wykazano różnicę w szybkości powrotu do szkoły – odpowiednika pracy biurowej dla dzieci i młodzieży (0,897), gdzie krótszy czas charakteryzował pacjentów poddanych leczeniu zachowawczemu i do pełnej aktywności sportowej (0,844), gdzie krótszy czas charakteryzował pacjentów poddanych leczeniu operacyjnemu.

Diagram 19 wizualizuje średnie czasy powrotu do poszczególnych poziomów aktywności dla grupy I i II.

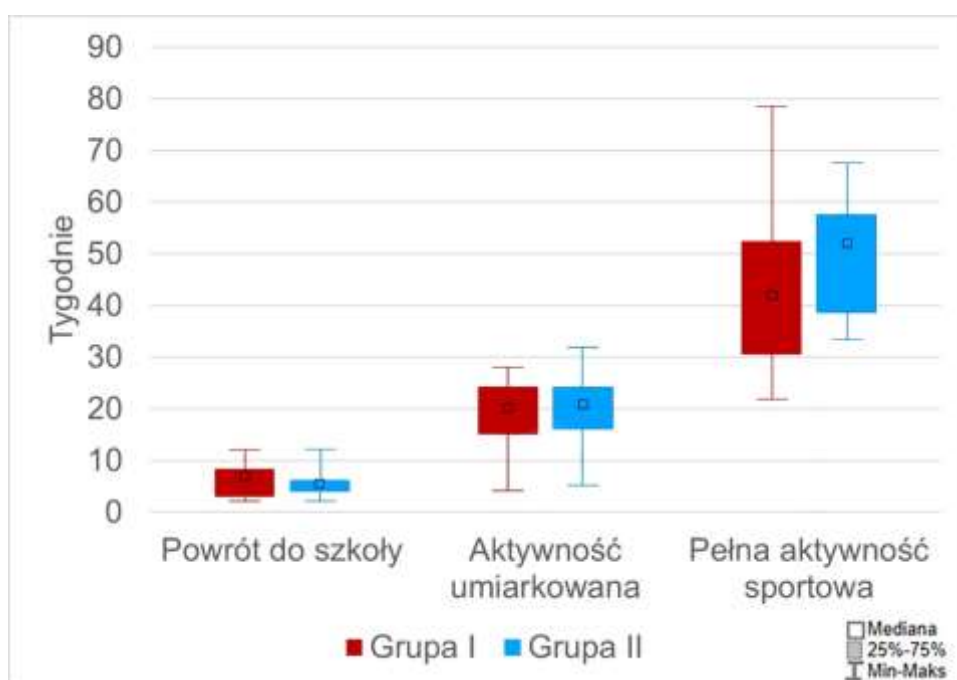


Diagram 19. Czas powrotu do poszczególnych aktywności w tygodniach

3.1. Szczegółowa ocena leczenia w Grupie I

W grupie operowanej stwierdzano utrzymującą się pooperacyjnie u wszystkich pacjentów zmniejszenie siły zginaczy kończyny operowanej w stosunku do zdrowej, która była zauważalna również po zakończonej rehabilitacji. Związane jest to powstałymi zanikami mięśniowymi oraz z pobraniem przeszczepu mięśnia półścięgnistego i smukłego ST-G należących do grupy zginaczy.

Pacjenci w grupie operowanej w przeciwieństwie do grupy leczonej zachowawczo podawali dolegliwości niedoczulicy skóry w miejscu cięcia dostępu operacyjnego.

U 6 z 30 pacjentów poddanych rekonstrukcji WKP leczenie zakończyło się niepowodzeniem co stanowi 20% grupy. U 4 z 30 pacjentów w trakcie obserwacji doszło do istotnych powikłań mających niekorzystny wpływ na ostateczny wynik leczenia, co stanowi 13,3% grupy. U pozostałej części 6,6% wpływ na niepowodzenie miały inne czynniki niż biomechaniczny stan kolana.

W grupie leczonej operacyjnie obserwowano powikłanie pooperacyjne u jednego pacjenta w postaci śródstawowego krwiaka pooperacyjnego, który został odbarczony poprzez punkcję stawu kolanowego. Nie miało to jednak wpływu na dalsze postępowanie terapeutyczne.

W czasie naszych obserwacji 4 pacjentów z grupy operacyjnej uległo wypadkowi (z czego 2 podczas uprawiania sportu). 2 pacjentów zostało poddanych rekonstrukcji rewizyjnej, a 2 pozostałych nie zdecydowało się na ponowny zabieg operacyjny i poddało się leczeniu zachowawczemu. U pacjenta poddanego rekonstrukcji rewizyjnej stwierdzono również wtórne uszkodzenie tylnego rogu łąkotki przyśrodkowej.

Jeden z pacjentów leczonych operacyjnie uskarżał się na subiektywnie stopniowo narastającą niestabilność kolana bez powtórnego urazu. Odczucia subiektywne nie korelowały z wynikiem badania klinicznego. Więzadło ACL nie wykazywało cech niestabilności w klinicznym badaniu kontrolnym. Pacjent mimo to, nie był usatysfakcjonowany wynikiem leczenia, uskarżał się na trudności związane z kolaniem nawet w czynnościach codziennych.

Jeden z pacjentów leczonych operacyjnie mimo braku cech niestabilności stawu kolanowego nigdy nie powrócił do pełnej aktywności sportowej z powodu bariery psychicznej.

3.2. Szczegółowa ocena leczenia w Grupie II

W Grupie II 13 pacjentów z 32 leczonych zachowawczo w wyniku przeprowadzonej terapii nie powróciło do pełnej sprawności, co stanowi aż 40,6% tej grupy. U 3 z 32 (9,3%) pacjentów w trakcie obserwacji doszło do urazu, który zakończył się interwencją chirurgiczną. U 7 pacjentów (21,9%) nie został osiągnięty zamierzony efekt terapeutyczny, nie uzyskano zadowalającej stabilności stawu kolanowego. U pozostałej części (3 pacjentów) 9,3% wpływ na niepowodzenie miały inne czynniki niż biomechaniczny stan kolana.

W 32 osobowej grupie pacjentów leczonych zachowawczo 1 pacjent został poddany zabiegowi operacyjnemu z powodu braku powodzenia leczenia zachowawczego.

Jeden pacjent z grupy zachowawczej doznał wtórnego urazu rogu tylnego łąkotki przyśrodkowej i został poddany leczeniu operacyjnemu.

U dwóch pacjentów leczonych metodą zachowawczą terapia nie powiodła się z powodu ponownego urazu stawu kolanowego.

4 pacjentów poddanych leczeniu zachowawczemu uskarża się na uciążliwą niestabilność stawu kolanowego.

3 pacjentów nie powróciło do pełnej aktywności przez barierę psychiczną przed ponownym urazem, mimo, że jeden z nich nie wykazywał żadnych cech niestabilności w badaniu kontrolnym stawu kolanowego.

U 2 pacjentów mimo dobrej subiektywnej oceny leczenia stwierdzono cechy niestabilności stawu kolanowego w badaniu przedmiotowym.

Diagram 21 przedstawia graficzny układ końcowych wyników leczenia całkowitego uszkodzenia WKP dla obu grup.

Zdecydowanie lepsze wyniki prezentowali pacjenci poddani zabiegowi operacyjnemu. Częstość powikłań i niepowodzenia leczenia była znacząco niższa niż u pacjentów leczonych zachowawczo. Badanie za pomocą rolimetru wykazywało mniejsze przemieszczenie przednie piszczeli względem uda., a wyniki stabilności stawu kolanowego oceniane w testach Lachmanna, Szufłady przedniej i Pivot-Shift prezentowały się lepiej w Grupie I. Pacjenci w tej grupie podawali też mniejsze ograniczenia spowodowane bólem i niestabilnością, uzyskali też lepszy wynik w skali IKDC 2000.



Diagram 20. Podsumowująca ocena wyników leczenia w Grupie I i II

V Dyskusja

Urazy więzadła krzyżowego przedniego należą do najczęstszych urazów więzadłowych stawu kolanowego. Wymagają one szybkiego wdrożenia leczenia, ze względu na możliwe powstawanie wtórnych uszkodzeń innych struktur kolana [1]. Wczesne postawienie właściwego rozpoznania jest szczególnie ważne u dzieci i młodzieży, gdyż uszkodzenia wtórne pojawiające się w młodym wieku mogą rzutować na przedwczesne pojawienie się zmian zwyrodnieniowych [45,46]. Opóźnienie leczenia skutkuje późniejszym powrotem do aktywności fizycznej, co może wiązać się trudnościami lub niechęcią do ponownego treningu, a w niektórych przypadkach prowadzić do nadwagi i otyłości, a ta z kolei w późniejszym etapie do rozwoju choroby sercowo-naczyniowej i innych chorób układowych. W aspekcie psychologicznym młodzi pacjenci mogą odczuwać presję ze strony rodziców, którzy pokładali w nich wcześniej nadzieje związane ze sportem, jak i samych rówieśników i kolegów szkolnych, gdyż w kulturze europejskiej i amerykańskiej osiągnięcie wysokich wyników sportowych przekłada się prestiż i status społeczny [100,101].

W materiale badanym zdecydowana większość przypadków uszkodzenia WKP była spowodowana urazem sportowym. Potwierdzają to dane w piśmiennictwie – w badaniach przeprowadzonych na populacji dzieci w wieku 10-14 lat w stanie Victoria, Australia w latach 2005-2015, 56,6% doznało urazu WKP w wyniku aktywności sportowej [102]. Trzeba mieć na uwadze, że dzieci w tym przedziale wiekowym zaczynają intensywne treningi sportowe. Zjawisko to potwierdzają również badania przeprowadzone przez nas.

Pacjenci leczeni w naszym ośrodku za najczęstsze przyczyny urazu podawali wypadki w takich dyscyplinach sportowych jak: narciarstwo, piłka nożna, piłka ręczna i koszykówka. Wielu autorów, którzy analizowali okoliczności powstania urazu WKP u młodzieży jest zgodnych, że urazy te powstają najczęściej w wyniku uprawiania sportów pivotujących (wymagających ruchu skrętnego kolana przy jednoczesnej zmianie prędkości) i w swoich meta-analizach podają te same dyscypliny sportowe w podobnym udziale procentowym, co w naszych badaniach [103,104,105,106]. Mimo faktu, że trenujący sporty walki są bardzo narażeni na wystąpienie kontuzji i stanowią aż 20% wszystkich sportowych urazów wymagających hospitalizacji [107] z naszych pacjentów tylko jeden doznał urazu WKP podczas treningu sztuk walk (Judo).

W piśmiennictwie autorzy również są zgodni, że uraz WKP w wyniku treningu sztuk walk występuje sporadycznie [105,106].

W naszym materiale badanym większą grupę pacjentów stanowili chłopcy niż dziewczęta. Fakt ten można tłumaczyć większą popularyzacją kultury sportowej i treningów w klubach wśród chłopców [108].

Jeszcze kilkadziesiąt lat temu ciężko było mówić o profesjonalnym uprawianiu sportu przez dzieci. Dziś wiele młodych osób poddawanych jest codziennie intensywnym treningom, także w dyscyplinach ekstremalnych [109]. Nieletni nierzadko posyłani są do szkół o profilu sportowym lub ćwiczą ponadprogramowo w specjalistycznych klubach zawodniczych [110]. Poddawani presji rodziców częściej narażeni są na urazy stawu kolanowego [111].

Ryzykiem obarczone są też osoby ćwiczące amatorsko lub okazjonalnie. Stale rośnie dostępność dyscyplin i rozrywek ekstremalnych, w których uczestniczą dzieci w coraz młodszym wieku, nie tylko w celu rywalizacji i zwycięstwa, ale też jako nowa forma spędzania wolnego czasu [110]. W Stanach Zjednoczonych około 45 milionów osób w wieku szkolnym regularnie uprawia sport. 75% amerykańskich rodzin zadeklarowało, że ich dzieci trenują w klubach sportowych. Jak podaje Merkel, przy tak szerokiej skali tego zjawiska wizyty w szpitalnych oddziałach ratunkowych z powodów urazów sportowych w tej grupie wiekowej osiągają liczbę 2,6 miliona rocznie [112]. Według obserwacji Felfe, w Niemczech już w wieku 6-14 dzieci trenują intensywnie w odsetku 70% [113], natomiast w populacji norweskiej, gdzie popularyzacja kultury fizycznej jest jedna z najwyższych na świecie, Guddal podaje, że wskaźnik ten sięga 73% [114]. Bijur oszacował, że w U.S.A. około 36% urazów u dzieci i młodzieży są to urazy doznane podczas treningu [115]. Liczby te pokazują jak bardzo model współczesnego życia wpływa na zwiększenie częstości występowania urazów, w tym kolana i urazów więzadła krzyżowego przedniego. Zjawisko to ma już charakter globalny. W czasach dużej popularyzacji kultury uprawiania sportu i zwiększającego się trendu utrzymywania regularnej aktywności fizycznej, ilość młodych pacjentów zgłaszających się z urazem więzadła krzyżowego przedniego nieustannie postępuje [12]. Aż 39 z 62 (63%) naszych pacjentów doznało urazu WKP podczas treningu w profesjonalnym klubie sportowym lub podczas turnieju, a 17 (27%) podczas amatorskiej aktywności sportowej lub zajęć wychowania fizycznego w szkole. Jedynie 6 pacjentów (poniżej 10%) doznało urazu WKP niezwiązanego z aktywnością sportową, co potwierdza zwiększenie częstości przeprowadzania zabiegów rekonstrukcji WKP

u dzieci i młodzieży [12] w związku z coraz większym zainteresowaniem sportem wśród coraz młodszych dzieci [110].

Z naszych badań nie możemy wyciągnąć wniosku ile procentowo urazów WKP związanych uprawianiem dyscyplin sportowych jest w Polsce, ze względu na fakt, że oceniano w niej wyniki leczenia, a nie dane epidemiologiczne.

Kwalifikacja do leczenia w naszym badaniu obejmowała wywiad i historię leczenia. Ostateczną decyzję o sposobie leczenia podejmował rodzic lub opiekun pacjenta. Zabiegi operacyjne wykonywano komercyjnie. Wybór leczenia operacyjnego mógł wiązać się ze statusem materialnym pacjenta. Znane były oczekiwania dzieci i ich rodziców. W piśmiennictwie zwracano uwagę na zależność aspektu socjoekonomicznego i sposobu oraz efektywności leczenia. W pracy naukowej Newman i Carry wykazali różnice w czasie oczekiwania na diagnostykę i leczenie u dzieci i młodzieży z powodu urazu WKP w zależności od posiadanego przez nich rodzaju ubezpieczenia zdrowotnego. Pacjenci posiadający komercyjne ubezpieczenie zdrowotne (związane z wyższymi opłatami) charakteryzowali się dwukrotnie krótszym czasem oczekiwania na diagnostykę obrazową MRI kolana oraz zabieg operacyjny, niż pacjenci z ubezpieczeniem niekomercyjnym (podstawowym). Ponadto u pacjentów ubezpieczonych niekomercyjnie diagnozowano bardziej złożone urazy kolana i więcej uszkodzeń towarzyszących urazom WKP [116]. Ci sami autorzy w innej pracy podają zdecydowanie częstsze występowanie obok uszkodzenia WKP uszkodzenia chrząstki stawowej i łąkotec u pacjentów z niskim statusem materialnym [117]. Podobne obserwacje oraz wnioski poczynił Blake [118] w meta-analizie na innej populacji. Badacze nie wyjaśnili przyczyn tej zależności, możemy jednak postawić hipotezę, że opóźniona diagnostyka i wdrożenie prawidłowego leczenia miała wpływ na powstanie uszkodzeń wtórnych stawu kolanowego.

Niezależnie od wieku, konieczność przeprowadzenia terapii wiąże się ze zmianą codziennych przyzwyczajzeń i znacznym bądź całkowitym ograniczeniem aktywności sportowej. Zdania specjalistów dotyczące postępowania leczniczego w przypadku urazów WKP u dzieci i młodzieży są podzielone [42,119]. Według niektórych wykonanie zabiegu na kolanie niedojrzałym jest obciążony zbyt dużym ryzykiem uszkodzenia chrząstek wzrostowych, co powoduje skrócenie kończyny względem zdrowej lub zaburzenia osi (kolano koślawe, szpotawe, genu recurvatum). Zalecana jest terapia zachowawcza [119], która według piśmiennictwa [42] nie pozwala po jej zakończeniu na intensywne uprawianie sportu oraz związana jest ze zwiększonym

ryzykiem powstania wtórnych urazów łąkotek i chrząstki stawowej. Przy dalszej niestabilności proponowany jest zabieg rekonstrukcji WKP dopiero po osiągnięciu pełnej dojrzałości szkieletowej, kiedy chrząstka wzrostowa kości udowej i piszczelowej jest nieaktywna. Ten model postępowania zdecydowanie nie jest akceptowalny dla młodych sportowców wyczynowych, a także ich rodziców. Nie mogą sobie oni pozwolić na tak długą przerwę w treningach, dlatego pomimo powikłań pooperacyjnych decydują się na zabieg operacyjny szybko po usłyszeniu diagnozy, aby jak najszybciej wrócić do rutynowej aktywności. Ten drugi sposób postępowania jest preferowany przez niektórych ortopedów [13,42]. Diagnostyka służąca ocenie dojrzałości szkieletu i oszacowanie pozostałego wzrostu za pomocą radiogramu lewej ręki, obrazowania MRI, ocena skali Tannera są przydatne i ułatwiają planowanie leczenia operacyjnego. Zabiegi oszczędzające chrząstki wzrostowe i ich modyfikacje przy odpowiedniej sprawności operatora są bezpieczne. Według analizy krzywej uczenia techniki rekonstrukcji WKP, za doświadczonego można uznać chirurga, który przeprowadził 100 takich operacji [120]. Zespół, który leczył pacjentów naszych grup badanych był doświadczony, a efekt końcowy leczenia operacyjnego wykazał, że zabiegi operacyjnej rekonstrukcji WKP nie są obciążone dużym ryzykiem deformacji kończyny, a przede wszystkim zapobiegają wtórnym uszkodzeniom wewnętrznych struktur kolana i pozwalają spełnić oczekiwania młodych sportowców i ich opiekunów, dając szansę na szybki powrót treningów, co również w swoich meta-analizach potwierdzają McCarroll, Graf i Streich [13,121]. Pacjenci leczeni operacyjnie w naszym oddziale z powodu zerwania WKP zostali poddani zabiegowi rekonstrukcji w niedługim czasie po rozpoznaniu diagnozy. Znane były możliwe powikłania zabiegu, jednak niskie ryzyko ich wystąpienia i duże prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzeń wtórnych w przypadku odroczenia rekonstrukcji sprawiało, że duża grupa rodziców wybierała leczenie operacyjne. Rodzice, którzy nie zdecydowali się na leczenie metodą operacyjną swoich dzieci głównie zadawali pytania dotyczące jatrogennych deformacji kończyn na skutek śródoperacyjnego uszkodzenia chrząstek wzrostowych. Obawa przed tym powikłaniem często była powodem wyboru leczenia zachowawczego. Piśmiennictwo podaje przypadki powikłań pooperacyjnych jak: zakażenie pooperacyjne i artrofibroza [122], których nie zaobserwowaliśmy w naszych badaniach, oraz pooperacyjne zerwanie przeszczepu [123], co zaobserwowaliśmy u trzech naszych pacjentów.

Mimo świadomego ryzyka powikłań zabiegu, znaczna część rodziców decyduje się na leczenie operacyjne. W ostatnich latach sport, szczególnie uprawiany przez

najmłodszych jest zjawiskiem społeczno-psychologicznym, które wpływa na stan psychiczny, samoocenę i poziom zadowolenia samego sportowca jak i jego opiekunów [112,113,114]. Zaprzeszanie kariery sportowej mogłoby się wiązać z pogorszeniem kondycji psychicznej wszystkich członków rodziny [112].

Brak jest jednoznacznego algorytmu postępowania. Brak ujednoczonego modelu postępowania terapeutycznego może być spowodowany różnym stopniem aktywności chrząstki wzrostowej u różnych osób w tym samym wieku. Nie istnieją dokładnie określone ramy czasowe, kiedy chrząstka wzrostowa staje się biologicznie nieaktywna. W publikacjach prezentowane są bardzo rozbieżne dane dotyczące wieku, w którym chrząstka wzrostowa ulega zarośnięciu. Crowder w swojej pracy stwierdził przypadki zarastania chrząstek wzrostowych u dziewcząt już w wieku 12 lat [33], natomiast Majed podaje, że w badanej przez niego populacji proces ten zachodzi nawet w wieku 21 lat dla kobiet i 23 lat u mężczyzn [34]. O'Connor natomiast zestawiał w swoich wynikach różne wnioski z wielu prac, z których nie można jednoznacznie ustalić wieku, w którym ten proces zachodzi [124]. Źródła w piśmiennictwie podają szeroki zakres od 12-14 do nawet 23 roku życia [33,34,125]. W mojej pracy kwalifikowałem pacjentów do grup badawczych za podstawie kryterium włączającego, jakim była aktywna chrząstka wzrostowa widoczna w badaniu rezonansu magnetycznego, co jednoznacznie pozwoliło na wykluczenie wątpliwości dotyczących braku aktywności wzrostowej szkieletu. Stabilność przednia kolana oceniana była przed i po zakończeniu leczenia przy użyciu trzech opisanych testów – Lachmanna, szuflady przedniej i Pivot-Shift. Ten ostatni jest trudny do przeprowadzenia ze względu na odruchy związane z obronnym napinaniem mięśni kończyny w celu minimalizacji bólu. Sam test jest określany przez pacjentów jako nieprzyjemny. Najlepiej przeprowadza się go przed rozpoczęciem zabiegu, na stole operacyjnym w ogólnym znieczuleniu. Jednak stworzenie takich warunków dla grupy zachowawczej było niemożliwe [126].

W obydwu grupach badanych wyniki leczenia były zadowalające. Zarówno w grupie zachowawczej i operacyjnej zaobserwowano poprawę stabilności stawu kolanowego, zmniejszenie dolegliwości bólowej i poprawę funkcji kolana na podstawie kwestionariuszy Lysholm i IKDC 2000. Różnica wyprostów w stawie kolanowym między obiema grupami była nieistotna statystycznie. Różnica zgięcia w stawie kolanowym była natomiast istotna statystycznie i lepsze wyniki uzyskiwali pacjenci leczeni zachowawczo. Jednakże, duży kąt zgięcia w stawie kolanowym wykonywany jest rzadko w życiu przeciętnego Europejczyka i jest potrzebny w niewielu dyscyplinach

sportowych (np. gimnastyka artystyczna, wschodnie sztuki walki). Pacjenci, którzy wzięli udział w naszym badaniu nie uskarżali się na dotkliwe ograniczenia i niedogodności związane z deficytem zgięcia podczas swoich treningów. Również w czynnościach codziennych nasi pacjenci nie zgłaszali większych problemów związanych z niepełnym zgięciem kolana. Zgłaszany był głównie dyskomfort podczas kucania i siadzie na piętach, chociaż w innej kulturze, jak np. wschodnio-azjatyckiej, mogłoby to stanowić duży problem lub nawet dysfunkcję społeczną. W publikacjach dotyczących nowych trendów w chirurgii stawu kolanowego przeprowadzanej na terenie Japonii dąży się do osiągnięcia większego kąta zgięcia kolana niż w populacjach europejskich i amerykańskich. Celem jest kąt 145 stopni i większy [127]. Potrzeba ta wynika z panującej tam tradycji, obyczajów i aspektów kulturowych. W Japonii między innymi spożywanie posiłków czy spotkania w restauracji odbywają się w pozycji klęczącej w głębokim zgięciu obu stawów kolanowych. Z tego powodu zadowalające efekty rekonstrukcji WKP według standardów europejskich z pewnością nie zostały dobrze ocenione przez japońskich pacjentów. Wynik leczenia zależy więc nie tylko od powodzenia danej techniki leczenia, ale zależy też od uwarunkowań społecznych, obyczajowych i kulturowych pacjenta.

Dużą trudność sprawia jednoznaczne określenie kryteriów powodzenia przeprowadzonego leczenia. W naszych obserwacjach kontrolowaliśmy obiektywne czynniki, takie jak testy stabilności aparatu więzadłowego stawu kolanowego i jego ruchomość. Pacjenci wypełniali kwestionariusze, w których subiektywnie określali stopień powrotu do swojej codziennej aktywności i aktywności sportowej. Niektórzy pacjenci pomimo klinicznej stabilności kolana nie powrócili do pełnej aktywności. Inni pacjenci z kolei, mimo obecności cech niestabilności powrócili do pełnej aktywności sportowej na poziomie sprzed dnia urazu pierwotnego. Temat jest powszechnie znany lekarzom i badaczom, również w wąskiej dziedzinie leczenia urazu WKP. Samitier opisał przypadki pacjentów, którzy pomimo braku nieprawidłowości w badaniach klinicznych i obrazowych nie są zadowoleni z efektów przeprowadzonego leczenia [128]. Z 460-osobowej kohorty stanowili poniżej 1%. W naszym przypadku było to 8%.

Zarówno terapia zachowawcza i jak i operacyjna powinna być przeprowadzana kompleksowo, nie ograniczając się jedynie do lekarza prowadzącego i fizjoterapeuty, gdyż jak pokazują nasze badania, za powrót do pełnej sprawności a zarazem za sukces leczenia odpowiada w niektórych przypadkach komponenta psychologiczna [129]. Jeden pacjent z grupy operacyjnej i jeden z grupy zachowawczej – obaj bez cech

niestabilności i bardzo dobrym w obiektywnej ocenie klinicznej wyniku leczenia nie powrócili do pełnej aktywności z powodu bariery psychicznej. Ocena leczenia tych pacjentów mimo prawidłowego przebiegu postępowania chirurgicznego i fizjoterapeutycznego nie mogła zostać zakwalifikowana do pozytywnych ze względu na komponentę psychologiczną, która nie pozwoliła powrócić do stanu sprzed wypadku. W najnowszej literaturze zwraca się uwagę na opiekę psychologa w trakcie i po leczeniu urazów WKP u młodzieży, która zamierza powrócić do uprawiania sportu na wysokim poziomie, gdyż jak zauważono, wyniki sportowe pacjentów nie korelują wyłącznie z klinicznymi wynikami leczenia [128,129].

W obydwu grupach występowały powikłania leczenia z różną częstością. W literaturze poruszone zostało zagadnienie uszkodzenie przeszczepu WKP na skutek ponownego urazu i problematyka klasyfikacji jako ponowne traumatyczne zerwanie przeszczepu lub jako powikłanie i niepowodzenie leczenia. Na podstawie meta-analizy i rachunku prawdopodobieństwa dowiedziono, że częściej dochodzi do uszkodzenia kontrolateralnego WKP niż ipsilateralnego przeszczepu, dlatego sugeruje się, by takie zdarzenie dokumentować jako nowe uszkodzenie przeszczepu [122]. Jest to jedynie sugestia oparta na działaniu matematycznym i w naszych badaniach skłanialiśmy się do klasyfikacji jako powikłanie.

Do powikłań związanych uszkodzeniem chrząstek wzrostowych podczas rekonstrukcji WKP należą deformacje i skrócenie kończyny dolnej z zaburzeniem osi mechanicznej kolana. Meta-analizy wyników pooperacyjnych badań wykonanych po pediatrycznych rekonstrukcjach WKP pokazują, że jest to powikłanie dość często występujące. W meta-analizie przeprowadzonej przez Wong i Feeley ocenie zostało poddanych 226 kolan po rekonstrukcji WKP u dzieci i młodzieży. W grupie tej 15 pacjentów doznało zniekształcenia osi kolana (6,6%), a 10 istotnego skrócenia kończyny (4,4%) [130]. Z kolei meta-analiza tych samych autorów, w której ocenie poddano 1392 stawy kolanowe, prezentowała następujące wyniki: zaburzenie osi kolana 3,7% – głównie kolana koślawe i 7,5% istotne skrócenie kończyny dolnej [131].

W badaniach przeprowadzonych przez Lipscomba i Andersona na grupie 24 dzieci z urazem WKP, z wykorzystaniem techniki operacyjnej metodą hybrydową gdzie kanał piszczelowy przechodził przez chrząstkę wzrostu a kanał udowy przebiegał w całości przez nasadę. Do przeszczepu użyto autograftu pobranego z hamstringów. 23 z nich prezentowało bardzo dobre rezultaty pooperacyjne bez skrócenia kończyny w późniejszym rozwoju. Dokonywano pomiarów długości kończyny względem

kończyny nieoperowanej. Jedno dziecko doznało komplikacji w postaci upośledzenia wzrostu operowanej kończyny i w efekcie jej znacznego skrócenia [13,132]. Pacjent musiał zostać poddany operacyjnej korekcji, jednak autorzy nie wspominają jakie procedury zostały dokładnie wykonane w celu leczenia tego powikłania, ani nie opisują dalszego przebiegu i efektu końcowego jego leczenia. Nasi pacjenci operowani techniką rekonstrukcji WKP, w której kanał przechodzi przez obydwie chrząstki wzrostowe, po przeprowadzonych pomiarach względnej i bezwzględnej długości obu kończyn oraz po poddaniu klinicznej ocenie ich osi, nie wykazali w żadnym przypadku powikłań związanych z jatrogennym zaburzeniem wzrastania kości.

W pracach naukowych opisywane są nowoczesne cyfrowe metody oceny deficytów długości kończyn dolnych przy pomocy urządzeń do trójwymiarowej analizy ruchu (8 MX3 cameras, Vicon®, Oxford Metrics, UK) [133]. Jednak z braku dostępności tej aparatury nie wykonywałem kontroli przy użyciu tego urządzenia.

Ograniczeniami mojej pracy jest brak randomizacji badań. Sposób terapii nie był przydzielany pacjentom losowo. Pacjenci, tudzież rodzice, sami decydowali o wyborze metody postępowania. Ze względu na fakt znacznej różnicy w kosztach leczenia metodę operacyjną mogli w większej części preferować osoby o większych możliwościach finansowych, którzy też mogli przeznaczyć większe fundusze również na postępowanie pooperacyjne, jak na przykład transport do ośrodka fizjoterapii, co przekłada się na większą częstość przeprowadzanej rehabilitacji. Metodę operacyjną znacznie częściej wybierali sportowcy, którym zależało na jak najszybszym powrocie do aktywności zawodniczej.

Pierwszym zadaniem do zrealizowania w przyszłości, w celu pozyskania dokładniejszych danych na temat wyników leczenia to poszerzenie bazy pacjentów oraz selekcja bardziej homogenicznych grup pacjentów. W naszym badaniu profil pacjenta był zróżnicowany pod względem układu mięśniowego kończyny dolnej, który znacząco wpływa na przebieg pooperacyjny. Leczeniu poddawano zarówno sportowców po urazach wysokoenergetycznych z dobrze rozwiniętym układem mięśniowym jak i osoby niewysportowane, które doznały urazu o niskiej energii w połączeniu z niedostateczną stabilizacją mięśniową. Duża wyjściowa masa mięśniowa kończyny dolnej w momencie wykonania zabiegu rekonstrukcji ACL poprawia rokowania oraz przyspiesza efekty rehabilitacji [134].

Kolejnym celem jest wydłużenie okresu obserwacji badań. Stosunkowo krótki okres obserwacji w naszej pracy, który nie pozwala ocenić długofalowych efektów

leczenia, jak na przykład częstość uszkodzeń wtórnych łąkoteczek czy rozwój artrozy. Możliwe, że udałoby się zaobserwować późne efekty na inne narządy [135].

Dobrym udoskonaleniem podczas oceny zakończenia leczenia jest przeprowadzenie badań obrazowych całej kończyny dolnej w technikach niewykorzystujących promieniowania jonizującego (np. MRI). W naszych badaniach brak jest dokładnej oceny obrazowej osi kończyn dolnych ze względu na ograniczenie ekspozycji na szkodliwe promieniowanie jonizujące, które ma szczególnie negatywny wpływ na organizm dziecięcy o dużej aktywności biologicznej. Ocena osi kończyny na podstawie badań przedmiotowych, która jest mniej precyzyjna niż badanie obrazowe (brak możliwości obiektywnej oceny osi Mikulicza). Badanie MRI jest niestety badaniem drogim i szanse na wykonanie go wyłącznie w celach kontroli, bez współistniejących dolegliwości klinicznych, są ograniczone.

Ostatnim zadaniem to dostosowanie etapów powrotu do aktywności codziennej i sportowej stosując dokładniejsze odpowiedniki dla wieku dziecięcego. W badaniach wystąpiły trudności z faktycznym oszacowaniem czasu potrzebnego do powrotu do pracy biurowej. Za ekwiwalent u dzieci przyjęto powrót do szkoły. Z uwagi na fakt, że dzieci zawsze wracały do szkoły w dzień rozpoczęcia roku szkolnego we wrześniu, za ekwiwalent w okresie letnim przyjęto wyjazd na obóz, kolonię lub półkolonię.

VI Wnioski

1. Metoda leczenia operacyjnego całkowitego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci i młodzieży z użyciem autogenego przeszczepu jest skuteczną metodą leczenia u zdecydowanej większości pacjentów.
2. Metoda leczenia zachowawczego całkowitego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci i młodzieży charakteryzuje się skutecznością nieznacznie przekraczającą połowę pacjentów.
3. Leczenie operacyjne w porównaniu z leczeniem zachowawczym całkowitego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci i młodzieży cechuje się wyższą skutecznością.
4. Szczegółowa analiza wyników leczenia u pacjentów w grupie między 12. a 18 rokiem życia leczonych operacyjnie i zachowawczo nie wykazuje różnic w odniesieniu do szybkości powrotu do umiarkowanej aktywności fizycznej. Pacjentów z grupy leczonej operacyjnie charakteryzuje późniejszy powrót do wykonywania czynności codziennych oraz szybszy powrót do pełnej aktywności sportowej. Powikłania występowały częściej w grupie leczonej zachowawczo.
5. Zabieg rekonstrukcji WKP u dzieci i młodzieży z aktywnymi chrząstkami wzrostowymi nie wpływa na długość kończyny i jest bezpieczną metodą leczenia.

VII Streszczenie

Wstęp

Uszkodzenie więzadła krzyżowego przedniego (WKP) u dzieci i młodzieży należy do najczęstszych urazów więzadłowych stawu kolanowego. Uraz ten obserwuje się coraz częściej szczególnie u nieletnich sportowców trenujących w klubach sportowych, nierzadko na poziomie wyczynowym. Spowodowane jest to nasileniem popularyzacji sportu i kultury fizycznej, które u dzieci, młodzieży, a także ich rodziców nie są jedynie formą rekreacji, ale też ważnym czynnikiem psychologicznym i społecznym.

Z uwagi na wysoki priorytet powrotu do pełnej aktywności sportowej w społeczeństwie, pacjentom i ich opiekunom zależy na szybkim powrocie do pełnej sprawności na poziomie przed powstaniem urazu.

Ze względu na odmienną aktywność biologiczną tkanek i anatomię stawu kolanowego u dziecka, w porównaniu ze stawem kolanowym dorosłego, przeprowadzenie inwazyjnych zabiegów chirurgicznych u pacjentów pediatrycznych wiąże się z ryzykiem poważnych powikłań jak zatrzymanie wzrostu, czy deformacja osi operowanej kończyny. Z tego powodu opracowano wiele różnych technik operacyjnych i schematy leczenia zachowawczego, jednak nie stworzono jednolitego schematu postępowania terapeutycznego dla pacjentów pediatrycznych w przypadku uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego.

W naszym oddziale dzieci i młodzież poddawaliśmy leczeniu zachowawczemu lub operacyjnemu metodą przemasadową (transfuzalną) z powodu izolowanego całkowitego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego. W pracy poddano ocenie skuteczność leczenia oraz bezpieczeństwo zabiegu chirurgicznego.

Cel

1. Kliniczna i funkcjonalna ocena wyników leczenia operacyjnego i zachowawczego pacjentów między 12. a 18. rokiem życia z powodu całkowitego izolowanego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego (WKP).
2. Porównanie wyników leczenia u pacjentów po pierwotnej rekonstrukcji WKP z użyciem autogenego przeszczepu ze ścięgien mięśni półścięgnistej i smukłej oraz poddanych leczeniu zachowawczemu
3. Szczegółowa analiza wyników leczenia u pacjentów w grupie między 12. a 18.

rokiem życia leczonych operacyjnie i zachowawczo w odniesieniu do występujących powikłań, i szybkości powrotu do czynności codziennych oraz aktywności sportowej.

4. Ocena bezpieczeństwa leczenia operacyjnego z uwzględnieniem powikłań pooperacyjnych w postaci jatrogennych deformacji kończyn i wad postawy.

Materiał

Badanie miało charakter retrospektywny. Z 226 pacjentów między 12-18 rokiem życia leczonych w Oddziale Urazowo-Ortopedycznym Szpitala eMKa Med we Wrocławiu z powodu całkowitego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego, po zastosowaniu kryteriów włączenia i wyłączenia zakwalifikowano do badania 62 pacjentów.

Pacjentów podzielono na 2 grupy badanie, w zależności od wyboru stosowanego leczenia.

Grupa I składała się z 30 pacjentów poddanych leczeniu operacyjnemu pierwotnej rekonstrukcji WKP z użyciem autogenego przeszczepu ze ścięgna mięśnia półścięgnistego (ST) i smukłego (G) techniką transfyzałną, z powodu całkowitego izolowanego uszkodzenia WKP

Grupa II składała się z 32 pacjentów poddanych leczeniu zachowawczemu z powodu całkowitego izolowanego uszkodzenia WKP.

Wszyscy pacjenci byli operowani i prowadzeni przez ten sam zespół operacyjny z użyciem tej samej techniki operacyjnej oraz ten sam zespół fizjoterapeutów.

Metodyka

Wszyscy pacjenci z obydwu grup byli poddani badaniom kontrolnym po urazie i w 3,6, 9 i po 18 miesiącu po rozpoczęciu leczenia. W badaniach oceniano subiektywne uczucie stabilności stawu kolanowego. W badaniach klinicznych oceniano zakres ruchu stawu kolanowego i wyniki testów: Lachmana, szuflady przedniej i Pivot-Shift, a także przednie przemieszczenie piszczeli (ATT) za pomocą rolimetru. Oceniono czas powrotu do poszczególnych poziomów aktywności w życiu codziennym i w sporcie od rozpoczęcia terapii. Po 18 miesiącu uzupełniono subiektywną ocenę funkcjonalną na podstawie kwestionariuszy IKDC 2000 i Lysholma oraz zbadano częstość zmiany kończyny dominującej po leczeniu. Dodatkowo u pacjentów w Grupie I dokonano

pomiaru długości kończyn dolnych oraz zaburzenia ich osi mechanicznej, celem oceny bezpieczeństwa zabiegu operacyjnego stawu kolanowego z aktywnymi chrząstkami wzrostowymi i wystąpienia możliwych powikłań jatrogennych w postaci deformacji kończyny dolnej.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej i oceniono w odniesieniu do każdej z grup oraz porównawczo.

Wyniki

Analiza wyników po leczeniu po 18 miesięcznym okresie obserwacji wykazała poprawę stabilności przedniej stawu kolanowego w ocenie klinicznej i funkcjonalnej przy użyciu testów Lachmana, szuflady przedniej, Pivot-Shift oraz translacji przedniej piszczeli (ATT), u zdecydowanej większości pacjentów obu grup. Grupa I charakteryzowała się lepszymi wynikami leczenia niż Grupa II. Po ewaluacji kryteriów klinicznych i funkcjonalnych leczenie zostało ocenione jako skuteczne w Grupie I u 80% pacjentów, natomiast w Grupie II u 59,4% pacjentów.

Deficyt zgięcia stawu kolanowego po urazie w stopniach, w stosunku do strony nieleczonej wynosił dla Grupy I $6,0 \pm 7,1$, a dla Grupy II $2,2 \pm 5,4$.

Deficyt obwodu mięśni uda kończyny poddanej leczeniu wyrażony w procentach w stosunku do kończyny nieleczonej wynosił odpowiednio $1,7 \pm 2,2$ % i $2,9 \pm 3,5$ % dla Grupy I i II. W obydwu grupach wystąpiła niewielka atrofia mięśni uda po stronie z urazem. Grupę I poddaną leczeniu operacyjnemu charakteryzowała mniejsza atrofia mięśni uda po zakończonym leczeniu niż w Grupę II.

Wyniki funkcjonalne wynosiły odpowiednio: w Grupie I w skali Lysholma $85,4 \pm 14,4$ pkt, w skali IKDC 2000 $75,2 \pm 12,6$ pkt, w Grupie II w skali Lysholma $88,2 \pm 10,3$ pkt, w skali IKDC 2000 $69,4 \pm 14,1$ pkt.

Zmianę kończyny dominującej zaobserwowano odpowiednio w Grupie I i II u 23,3% i 28,1% pacjentów. Wykazano, że częstość zmiany kończyny dominującej po urazie jest istotna statystycznie ($p > 0,05$), ale nie wykazano istotnej różnicy statystycznej między obiema grupami.

Analiza porównawcza czasów powrotu do poszczególnych aktywności dla obu grup wykazała różnice w powrocie do szkoły (jako odpowiednik pracy biurowej dla dzieci) i wynosiła odpowiednio $6,8 \pm 5,0$ i $5,4 \pm 1,7$ tygodni dla Grupy I i II, gdzie Grupa II charakteryzowała się szybszym czasem powrotu, oraz w czasie powrotu do pełnej aktywności sportowej, gdzie krótszy czas charakteryzował grupę I i wynosił

odpowiednio $8,3 \pm 4,3$ i $7,2 \pm 6,1$ miesięcy odpowiednio dla Grupy I i II. Analiza nie wykazała istotnych statystycznie różnic w czasie powrotu do aktywności umiarkowanej, który, wynosił odpowiednio $20,0 \pm 9,7$ i $20,8 \pm 6,0$ dla Grupy I i II.

Powikłania leczenia zdarzały się częściej w Grupie II niż w Grupie I, a częstość ich występowania była dwukrotnie wyższa.

Wnioski

1. Metoda leczenia operacyjnego całkowitego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci i młodzieży z użyciem autogenego przeszczepu jest skuteczną metodą leczenia u zdecydowanej większości pacjentów.
2. Metoda leczenia zachowawczego całkowitego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci i młodzieży charakteryzuje się skutecznością nieznacznie przekraczającą połowę pacjentów.
3. Leczenie operacyjne w porównaniu z leczeniem zachowawczym całkowitego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego u dzieci i młodzieży cechuje się wyższą skutecznością.
4. Szczegółowa analiza wyników leczenia u pacjentów w grupie między 12. a 18 rokiem życia leczonych operacyjnie i zachowawczo nie wykazuje różnic w odniesieniu do szybkości powrotu do umiarkowanej aktywności fizycznej. Pacjentów z grupy leczonej operacyjnie charakteryzuje późniejszy powrót do wykonywania czynności codziennych oraz szybszy powrót do pełnej aktywności sportowej. Powikłania występowały częściej w grupie leczonej zachowawczo.
5. Zabieg rekonstrukcji WKP u dzieci i młodzieży z aktywnymi chrząstkami wzrostowymi nie wpływa na długość kończyny i jest bezpieczną metodą leczenia.

VIII Summary

Introduction

Injury of the anterior cruciate ligament (ACL) in children and adolescent is one of the most common ligament related injury of the knee joint. This injury is observed more and more frequently especially by adolescent athletes training at sports clubs, not rarely on a professional level. This phenomenon is caused by increased popularization of sport and sports culture, which among children and adolescents and their parents as well, are not only a form of recreation, but also a psychological and social factor.

Because of a high priority of the return to the full sports activity in the society, the patients and their parents care about a fast return to the full sports activity on the level before the injury.

On account of different biological activity of the tissue and knee joint anatomy of the children, in comparison to a joint of an adult, performing an invasive surgery on a pediatric patient is associated with serious complications, like inhibition of growth, or deformation of the axis of the operated limb. From this reasons many operation techniques and conservative treatment concepts were created, but no standardized therapeutic algorithm in case of pediatric total ACL rupture has been introduced.

In our department children and adolescent have undergone a conservative or surgical treatment in transphyseal technique because of isolated total ACL rupture. In the research the efficiency of the treatment and safety of the surgery were evaluated.

Objective

1. Clinical and functional evaluation of the outcomes of conservative and operational treatment in the patients between 11 and 18 years old because of isolated total anterior cruciate ligament (ACL) rupture.
2. Comparison of treatment outcomes of primary ACL reconstruction with autogenous tendon of semitendinosus and gracilis muscle with conservative treatment.
3. Comprehensive analysis of patients between 11 and 18 years old treated surgically and conservatively concerning the complications, time of return to daily and sports activity.

4. Evaluation of the safety of surgical treatment concerning postoperative complications: iatrogenic limb deformity and faulty posture.

Material

The study was retrospective. Out of 226 patients between 11 and 18 years old treated at the Trauma and Orthopedic Department of the eMKa Med Hospital in Wrocław due to isolated total ACL rupture, using criteria for inclusion and exclusion, 62 patients were qualified for the study.

The patients were divided into two groups depending on the method of treatment.

Group I consisted of 30 patients who have undergone surgical primary ACL reconstruction using autogenous transplantation of semitendinosus and gracilis muscle in a transphyseal technique, due to isolated total ACL rupture.

Group II consisted of 32 patients who have undergone a conservative treatment due to isolated total ACL rupture.

All the patients were operated on by the same surgical team using the same surgical technique and method of graft and treated by the same team of physiotherapists.

Methodology

All the patients from both groups have undergone an examination after the injury and control tests 3, 6, 9 and 18 months after the treatment. During the examination a sense of subjective stability of the knee joint was evaluated. During clinical examination the evaluation of range of motion of the knee joint, Lachmann, anterior drawer and Pivot-Shift test were performed, as well the anterior tibia translation was measured with rolimeter.

The time needed to return to particular daily an sports activity level from the beginning of the therapy was analyzed. After 18 months was the analysis was completed with Lysholm and IKDC 2000 scales, as well as the frequency of the phenomenon of change of the dominant limb was registered. By the patients from the Group I a measurement of the length of lower extremities was performed and the disorders of their mechanical axis was examined, in order to evaluate the safety level of the surgery on a knee joint with active growth plates and possibility of incidence iatrogenic complications in form of lower limb deformity.

The obtained results were subjected to statistical analysis evaluated in reference to each group and compared.

Results

Analysis of the treatment results 18 months after the observation period, indicated an improved anterior stability of the knee joint in a clinical and functional assessment using Lachmann test, anterior drawer test, Pivot-Shift test and by measuring anterior tibial translation (ATT) by the majority of patients from both groups. Group I was characterized by better treatment results than Group II. After the evaluation of clinical and functional criteria the therapy was assessed as successful in Group I by 80% of patients, while in Group II by 59,4% of patients.

The flexion deficit of the injured knee joint in grades, in comparison to nontreated joint was for Group I $6,0 \pm 7,1$, and for Group II $2,2 \pm 5,4$.

The circumference deficit of the thigh of the treated limb in percentage in relation to nontreated limb was respectively $1,7 \pm 2,2$ % and $2,9 \pm 3,5$ % for Group I and II. In both groups a slight muscle atrophy of the treated extremity was observed. Group I indicated lower muscle atrophy of an injured extremity after completed treatment than Group II.

The functional results were presented respectively: Group I: Lysholm scale $85,4 \pm 14,4$ points, IKDC 2000 scale $75,2 \pm 12,6$ points, Group II: Lysholm scale $88,2 \pm 10,3$ points, IKDC 2000 scale $69,4 \pm 14,1$ points.

The phenomenon of the change of the dominant extremity was observed respectively in Group I and II by 23,3% and 28,1% of patients. The frequency of the change of the dominant extremity is statistically significant ($p > 0,05$), but no statistically significant difference was proven between both groups.

The comparative analysis of time to return to particular activity levels for both groups indicated a difference in return to school (as an equivalent for office work for children) and was respectively $6,8 \pm 5,0$ i $5,4 \pm 1,7$ weeks for Group I and II – the patients from Group II needed less time in order to come back to school, and a difference in return to full sports activity, where the shorter period of time characterized Group I and achieved $8,3 \pm 4,3$ months, and for Group II $7,2 \pm 6,1$ months. The analysis did not indicated any statistically significant differences in return to moderate activity, which was $20,0 \pm 9,7$ and $20,8 \pm 6,0$ weeks respectively for Group I and II.

The treatment failures and complications occurred more frequently in Group II than I and its rate was two times higher.

Conclusions

1. The surgical treatment of total anterior cruciate ligament rupture in children and adolescent using an autogenous transplantation is an effective method of treatment by a definite majority of the patients.
2. The conservative method of treatment of total anterior cruciate ligament rupture in children and adolescent is characterized by effectiveness of treatment slightly over half of the patients.
3. The surgical treatment in comparison to the conservative treatment of total ACL rupture in children and adolescents indicates on better effectiveness of the surgical treatment.
4. A detailed treatment result analysis of the patients between 11 and 18 years old treated surgically and conservatively doesn't indicate any differences in relation to time needed to return to moderate activity. The surgical treatment is characterized by longer return to daily activities and faster return to full sports activity. Complications occurred more frequently in the group treated conservatively.
5. The surgery of ACL Reconstruction in children and adolescents with active growth plates has no impact on extremity length and is a safe method of treatment.

IX Piśmiennictwo

1. Gordon MD, Steiner ME. Anterior cruciate ligament injuries. In: Orthopaedic Knowledge Update Sports Medicine III, Garrick JG (Ed), American Academy of Orthopaedic Surgeons, Rosemont, 2004.
2. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy*. 2007;23(12):1320-1325.e6. doi: 10.1016/j.arthro.2007.07.003.
3. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy*. 2007;23(12):1320-1325.e6. doi: 10.1016/j.arthro.2007.07.003.
4. Sanders TL1, Maradit Kremers H2, Bryan AJ3, Larson DR4, Dahm DL3, Levy BA3, Stuart MJ3, Krych AJ3, Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med*. 2016 Jun;44(6):1502-7. doi: 10.1177/0363546516629944. Epub 2016 Feb 26.
5. Beck NA, Lawrence JTR, Nordin JD, DeFor TA, Tompkins M. ACL Tears in School-Aged Children and Adolescents Over 20 Years. *Pediatrics*. 2017;139(3):e20161877. doi: 10.1542/peds.2016-1877. PMID: 28228501.
6. Jenco M, News Content Editor. Rate of pediatric ACL tears increasing 2.3% annually. *AAP News*, February 22, 2017
7. Straccolini A, Casciano R, Levey Friedman H, Meehan WP 3rd, Micheli LJ. Pediatric sports injuries: an age comparison of children versus adolescents. *Am J Sports Med*. 2013;41(8):1922-9. doi: 10.1177/0363546513490644.
8. Schub D, Saluan P. Anterior cruciate ligament injuries in the young athlete: evaluation and treatment. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2011;19(1):34-43. doi: 10.1097/JSA.0b013e31820b960d.
9. Caine D, Purcell L, Maffulli N. The child and adolescent athlete: a review of three potentially serious injuries. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2014;6:22. doi: 10.1186/2052-1847-6-22.
10. Shea KG, Grimm NL, Ewing CK, Aoki SK. Youth sports anterior cruciate ligament and knee injury epidemiology: who is getting injured? In what sports?

- When? Clin Sports Med. 2011;30(4):691-706. doi: 10.1016/j.csm.2011.07.004.
11. Caine DJ, Golightly YM. Osteoarthritis as an outcome of paediatric sport: an epidemiological perspective. Br J Sports Med. 2011;45(4):298-303. doi: 10.1136/bjism.2010.081984.
 12. Nogaro MC, Abram SGF, Alvand A, Bottomley N, Jackson WFM, Price A. Paediatric and adolescent anterior cruciate ligament reconstruction surgery. Bone Joint J. 2020;102-B(2):239-245. doi: 10.1302/0301-620X.102B2.BJJ-2019-0420.R2.
 13. Salmon LJ, Heath E, Akrawi H, Roe JP, Linklater J, Pinczewski LA. 20-Year Outcomes of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Hamstring Tendon Autograft: The Catastrophic Effect of Age and Posterior Tibial Slope. Am J Sports Med. 2018 Mar;46(3):531-543. doi: 10.1177/0363546517741497. Epub 2017 Dec 15. PMID: 29244525.
 14. Dingel A, Aoyama J, Ganley T, Shea K. Pediatric ACL Tears: Natural History. J Pediatr Orthop. 2019;39(Issue 6, Supplement 1 Suppl 1):S47-S49. doi: 10.1097/BPO.0000000000001367.
 15. Marieswaran M, Jain I, Garg B, Sharma V, Kalyanasundaram D. A Review on Biomechanics of Anterior Cruciate Ligament and Materials for Reconstruction. Appl Bionics Biomech. 2018;2018:4657824. doi: 10.1155/2018/4657824.
 16. Eberl R. Vordere Kreuzbandruptur beim Kind mit offener Wachstumsfuge : Diagnostik und Therapie [Anterior cruciate ligament rupture in children with open growth plate: Diagnostics and treatment]. Unfallchirurg. 2019;122(1):17-21. German. doi: 10.1007/s00113-018-0589-1.
 17. Brown MJ, Carter T. ACL Allograft: Advantages and When to Use. Sports Med Arthrosc Rev. 2018;26(2):75-78. doi: 10.1097/JSA.000000000000194.
 18. Perkins CA, Busch MT, Christino M, Herzog MM, Willimon SC. Allograft Augmentation of Hamstring Anterior Cruciate Ligament Autografts Is Associated With Increased Graft Failure in Children and Adolescents. Am J Sports Med. 2019;47(7):1576-1582. doi: 10.1177/0363546519849607.
 19. Sabat D, Kumar V. Partial tears of anterior cruciate ligament: Results of single bundle augmentation. Indian J Orthop. 2015;49(2):129-35. doi: 10.4103/0019-5413.152394.
 20. Meister M, Koch J, Amsler F, Arnold MP, Hirschmann MT. ACL suturing using dynamic intraligamentary stabilisation showing good clinical outcome but a high

- reoperation rate: a retrospective independent study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(2):655-659. doi: 10.1007/s00167-017-4726-0.
21. Jennings JK, Leas DP, Fleischli JE, D'Alessandro DF, Peindl RD, Piasecki DP. Transtibial Versus Anteromedial Portal ACL Reconstruction: Is a Hybrid Approach the Best? *Orthop J Sports Med.* 2017;5(8):2325967117719857. doi: 10.1177/2325967117719857.
 22. Otsubo H, Shino K, Suzuki D, Kamiya T, Suzuki T, Watanabe K, Fujimiya M, Iwahashi T, Yamashita T. The arrangement and the attachment areas of three ACL bundles. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(1):127-34. doi: 10.1007/s00167-011-1576-z.
 23. Kweon C, Lederman ES, Chhabra A. Anatomy and Biomechanics of the Cruciate Ligaments and Their Surgical Implications. In: *The Multiple Ligament Injured Knee: A Practical Guide to Management*, Fanelli GC (Ed), Springer Science+Business Media; New York, 2013.
 24. Kellis E, Mademli L, Patikas D, Kofotolis N. Neuromuscular interactions around the knee in children, adults and elderly. *World J Orthop.* 2014;5(4):469-85. doi: 10.5312/wjo.v5.i4.469.
 25. Wei RXY, Chan ZYS, Zhang JHW, Shum GL, Chen CY, Cheung RTH. Difference in the running biomechanics between preschoolers and adults. *Braz J Phys Ther.* 2021;25(2):162-167. doi: 10.1016/j.bjpt.2020.05.003.
 26. Shim KS. Pubertal growth and epiphyseal fusion. *Ann Pediatr Endocrinol Metab.* 2015;20(1):8-12. doi: 10.6065/apem.2015.20.1.8.
 27. Moskalewski S, Malejczyk J. Bone formation following intrarenal transplantation of isolated murine chondrocytes: chondrocyte-bone cell transdifferentiation? *Development.* 1989;107(3):473-80. doi: 10.1242/dev.107.3.473.
 28. Chagin AS, Säwendahl L. Oestrogen receptors and linear bone growth. *Acta Paediatr.* 2007;96(9):1275-9. doi: 10.1111/j.1651-2227.2007.00415.x.
 29. Weise M, De-Levi S, Barnes KM, Gafni RI, Abad V, Baron J. Effects of estrogen on growth plate senescence and epiphyseal fusion. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2001;98(12):6871-6. doi: 10.1073/pnas.121180498.
 30. Nilsson O, Marino R, De Luca F, Phillip M, Baron J. Endocrine regulation of the growth plate. *Horm Res.* 2005;64(4):157-65. doi: 10.1159/000088791.
 31. van der Eerden BC, Karperien M, Wit JM. Systemic and local regulation of the

- growth plate. *Endocr Rev.* 2003;24(6):782-801. doi: 10.1210/er.2002-0033.
32. Crowder C, Austin D. Age ranges of epiphyseal fusion in the distal tibia and fibula of contemporary males and females. *J Forensic Sci.* 2005;50(5):1001-7.
 33. Aljuaid MO, El-Ghamry OR. Determination of Epiphyseal Union Age in the Knee and Hand Joints Bones among the Saudi Population in Taif City. *Radiol Res Pract.* 2018;2018:7854287. doi: 10.1155/2018/7854287.
 34. Han SM, Kim SH. A comparison of ultrasonic and X-ray methods for imaging the growth plate. *Proc Inst Mech Eng H.* 2005;219(4):285-92. doi: 10.1243/095441105X34284.
 35. Villemure I, Stokes IA. Growth plate mechanics and mechanobiology. A survey of present understanding. *J Biomech.* 2009;42(12):1793-803. doi: 10.1016/j.jbiomech.2009.05.021.
 36. Jaramillo D, Hoffer FA, Shapiro F, Rand F. MR imaging of fractures of the growth plate. *AJR Am J Roentgenol.* 1990;155(6):1261-5. doi: 10.2214/ajr.155.6.2122677.
 37. Burman ML. ACL Tears in Children – Physeal Sparing Reconstruction. *Pediatric Orthopaedics.* 2008. Published: 09 January 2008
 38. Larsen MW, Garrett WE Jr, Delee JC, Moorman CT 3rd. Surgical management of anterior cruciate ligament injuries in patients with open physes. *J Am Acad Orthop Surg.* 2006;14(13):736-44. doi: 10.5435/00124635-200612000-00005.
 39. Lovell WW, Winter RB, Morrissy RT, Weinstein SL. *Lovell and Winter's Pediatric Orthopaedics, Tom 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2006.*
 40. Markolf KL, Mensch JS, Amstutz HC. Stiffness and laxity of the knee--the contributions of the supporting structures. A quantitative in vitro study. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58(5):583-94.
 41. Kato Y, Maeyama A, Lertwanich P, Wang JH, Ingham SJ, Kramer S, Martins CQ, Smolinski P, Fu FH. Biomechanical comparison of different graft positions for single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(4):816-23. doi: 10.1007/s00167-012-1951-4.
 42. Trivedi V, Mishra P, Verma D. Pediatric ACL Injuries: A Review of Current Concepts. *Open Orthop J.* 2017;11:378-388. doi: 10.2174/1874325001711010378.
 43. Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, Luetzow WF, Csintalan RP, Phelan D, Daniel DM. Prospective trial of a treatment algorithm for the management of the

- anterior cruciate ligament-injured knee. *Am J Sports Med.* 2005;33(3):335-46.
doi: 10.1177/0363546504269590.
44. Monk AP, Davies LJ, Hopewell S, Harris K, Beard DJ, Price AJ. Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;4(4):CD011166. doi: 10.1002/14651858.CD011166.pub2.
45. Lohmander LS, Englund PM, Dahl LL, Roos EM. The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med.* 2007;35(10):1756-69. doi: 10.1177/0363546507307396.
46. Lawrence JT, Argawal N, Ganley TJ. Degeneration of the knee joint in skeletally immature patients with a diagnosis of an anterior cruciate ligament tear: is there harm in delay of treatment? *Am J Sports Med.* 2011;39(12):2582-7. doi: 10.1177/0363546511420818.
47. Yoon KH, Yoo JH, Kim KI. Bone contusion and associated meniscal and medial collateral ligament injury in patients with anterior cruciate ligament rupture. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(16):1510-8. doi: 10.2106/JBJS.J.01320.
48. Grant JA, Tannenbaum E, Miller BS, Bedi A. Treatment of combined complete tears of the anterior cruciate and medial collateral ligaments. *Arthroscopy.* 2012;28(1):110-22. doi: 10.1016/j.arthro.2011.08.293.
49. Gadeyne S, Besse JL, Galand-Desme S, Lerat JL, Moyen B. Lésions méniscales constatées lors de la reconstruction du ligament croisé antérieur: siège et nature dans une série continue de 156 patients [Analysis of meniscal lesions accompanying anterior cruciate ligament tears: A retrospective analysis of 156 patients]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2006;92(5):448-54. French. doi: 10.1016/s0035-1040(06)75831-7.
50. Petty CA, Lubowitz JH. Does arthroscopic partial meniscectomy result in knee osteoarthritis? A systematic review with a minimum of 8 years' follow-up. *Arthroscopy.* 2011;27(3):419-24. doi: 10.1016/j.arthro.2010.08.016.
51. Forkel P, Reuter S, Sprenker F, Achtnich A, Herbst E, Imhoff A, Petersen W. Different patterns of lateral meniscus root tears in ACL injuries: application of a differentiated classification system. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(1):112-8. doi: 10.1007/s00167-014-3467-6.
52. Shybut TB, Vega CE, Haddad J, Alexander JW, Gold JE, Noble PC, Lowe WR. Effect of lateral meniscal root tear on the stability of the anterior cruciate

- ligament-deficient knee. *Am J Sports Med.* 2015;43(4):905-11. doi: 10.1177/0363546514563910.
53. Zantop T, Schumacher T, Schanz S, Raschke MJ, Petersen W. Double-bundle reconstruction cannot restore intact knee kinematics in the ACL/LCL-deficient knee. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2010;130(8):1019-26. doi: 10.1007/s00402-010-1081-8.
 54. Bollen S. Epidemiology of knee injuries: diagnosis and triage. *Br J Sports Med.* 2000;34(3):227-8. doi: 10.1136/bjism.34.3.227-a.
 55. Pache S, Aman ZS, Kennedy M, Nakama GY, Moatshe G, Ziegler C, LaPrade RF. Posterior Cruciate Ligament: Current Concepts Review. *Arch Bone Jt Surg.* 2018;6(1):8-18.
 56. Scott CE, Murray AW. Paediatric intrasubstance posterior cruciate ligament rupture. *BMJ Case Rep.* 2011;2011:bcr0920114803. doi: 10.1136/bcr.09.2011.4803.
 57. Kawanishi Y, Kobayashi M, Yasuma S, Fukushima H, Kato J, Murase A, Takenaga T, Yoshida M, Kuroyanagi G, Kawaguchi Y, Nagaya Y, Murakami H, Nozaki M. Anterolateral ligament reconstruction in addition to primary double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction for grade 3 pivot shift improves residual knee instability during surgery. *J Exp Orthop.* 2021;8(1):51. doi: 10.1186/s40634-021-00369-4.
 58. Shiel Jr WC. Definition of Osteochondritis dissecans. MedicineNet, Inc. Retrieved, 20 February 2009.
 59. Pappas AM. Osteochondrosis dissecans. *Clin Orthop Relat Res.* 1981;(158):59-69. doi:10.1097/00003086-198107000-00009.
 60. eOrthopod.com. Adolescent Osteochondritis Dissecans of the Knee. Medical Multimedia Group, LLC. Archived from the original on 1 October 2014. Retrieved 21 September 2008.
 61. Milgram JW. Radiological and pathological manifestations of osteochondritis dissecans of the distal femur. A study of 50 cases. *Radiology.* 1978;126(2):305-11. doi: 10.1148/126.2.305.
 62. Arneja SS, Furey MJ, Alvarez CM, Reilly CW. Second fractures: not necessarily pathognomonic of anterior cruciate ligament injury in the pediatric population. *Sports Health.* 2010;2(5):437-9. doi: 10.1177/1941738110379215.
 63. Luhmann SJ. Acute traumatic knee effusions in children and adolescents. *J*

- Pediatr Orthop. 2003;23(2):199-202.
64. Stanitski CL, Harvell JC, Fu F. Observations on acute knee hemarthrosis in children and adolescents. *J Pediatr Orthop*. 1993;13(4):506-10. doi: 10.1097/01241398-199307000-00016.
 65. Dacombe PJ. Shelbourne's update of the O'Donoghue knee triad in a 17-year-old male Rugby player. *BMJ Case Rep*. 2013;2013:bcr0120125593. doi: 10.1136/bcr.01.2012.5593.
 66. O'Donoghue DH. Surgical treatment of fresh injuries to the major ligaments of the knee. 1950. *Clin Orthop Relat Res*. 1991;(271):3-8. PMID: 1914311.
 67. Shelbourne KD, Nitz PA. The O'Donoghue triad revisited. Combined knee injuries involving anterior cruciate and medial collateral ligament tears. *Am J Sports Med*. 1991;19(5):474-7. doi: 10.1177/036354659101900509.
 68. Benjaminse A, Gokeler A, van der Schans CP. Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36(5):267-88. doi: 10.2519/jospt.2006.2011.
 69. Solomon DH, Simel DL, Bates DW, Katz JN, Schaffer JL. The rational clinical examination. Does this patient have a torn meniscus or ligament of the knee? Value of the physical examination. *JAMA*. 2001;286(13):1610-20. doi: 10.1001/jama.286.13.1610.
 70. Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child*. 1976;51(3):170-9. doi: 10.1136/adc.51.3.170.
 71. Gruelich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. 2nd ed. Stanford: Stanford University Press, 1959.
 72. Pyle S, Hoerr N. A radiographic standard of reference for the growing knee. Springfield, IL: Charles Thomas, 1969.
 73. Dvorak J, George J, Junge A, Hodler J. Age determination by magnetic resonance imaging of the wrist in adolescent male football players. *Br J Sports Med*. 2007;41(1):45-52. doi: 10.1136/bjism.2006.031021.
 74. Engebretsen L, Steffen K, Bahr R, Broderick C, Dvorak J, Janarv PM, Johnson A, Leglise M, Mamisch TC, McKay D, Micheli L, Schamasch P, Singh GD, Stafford DE, Steen H. The International Olympic Committee Consensus statement on age determination in high-level young athletes. *Br J Sports Med*. 2010;44(7):476-84. doi: 10.1136/bjism.2010.073122. Erratum in: *Br J Sports*

- Med. 2010;44(10):770.
75. McCarroll JR, Rettig AC, Shelbourne KD. Anterior cruciate ligament injuries in the young athlete with open physes. *Am J Sports Med.* 1988;16(1):44-7. doi: 10.1177/036354658801600107.
 76. Buckley SL, Barrack RL, Alexander AH. The natural history of conservatively treated partial anterior cruciate ligament tears. *Am J Sports Med.* 1989;17(2):221-5. doi: 10.1177/036354658901700212.
 77. Mizuta H, Kubota K, Shiraishi M, Otsuka Y, Nagamoto N, Takagi K. The conservative treatment of complete tears of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77(6):890-4.
 78. Aichroth PM, Patel DV, Zorrilla P. The natural history and treatment of rupture of the anterior cruciate ligament in children and adolescents. A prospective review. *J Bone Joint Surg Br.* 2002;84(1):38-41. doi: 10.1302/0301-620x.84b1.11773.
 79. Kocher MS, Smith JT, Zoric BJ, Lee B, Micheli LJ. Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature pubescent adolescents. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(12):2632-9. doi: 10.2106/JBJS.F.01560.
 80. Eichhorn HJ, Birkner W. Aktuelle Trends zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes, Stiftung zur Förderung der Arthroskopie, 2019.
 81. Strobel MJ, Schulz MS. VKB-Rekonstruktion mit dem Semitendinosus-Gracilis-Sehnentransplantat [Anterior cruciate ligament reconstruction with the semitendinosus-gracilis tendon transplant]. *Orthopäde.* 2002;31(8):758-69. German. doi: 10.1007/s00132-002-0382-1.
 82. Hamner DL, Brown CH Jr, Steiner ME, Hecker AT, Hayes WC. Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(4):549-57. doi: 10.2106/00004623-199904000-00013.
 83. Lipscomb AB, Johnston RK, Snyder RB, Warburton MJ, Gilbert PP. Evaluation of hamstring strength following use of semitendinosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 1982;10(6):340-2. doi: 10.1177/036354658201000603.
 84. Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66(3):344-52.

85. Stecker S, Parker R. Graft selection in knee cruciate ligament surgery: autograft, allograft and synthetic. *Operat Tech Orthop.* 1999; 9(4):248-55. doi:10.1016/S1048-6666(99)80002-0
86. Bonatus TJ, Alexander AH. Patellar fracture and avulsion of the patellar ligament complicating arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Rev.* 1991;20(9):770-4.
87. Paulos LE, Wnorowski DC, Greenwald AE. Infrapatellar contracture syndrome. Diagnosis, treatment, and long-term followup. *Am J Sports Med.* 1994;22(4):440-9. doi: 10.1177/036354659402200402.
88. Tomita F, Yasuda K, Mikami S, Sakai T, Yamazaki S, Tohyama H. Comparisons of intraosseous graft healing between the doubled flexor tendon graft and the bone-patellar tendon-bone graft in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2001;17(5):461-76. doi: 10.1053/jars.2001.24059.
89. Cruz AI Jr, Beck JJ, Ellington MD, Mayer SW, Pennock AT, Stinson ZS, VandenBerg CD, Barrow B, Gao B, Ellis HB Jr. Failure Rates of Autograft and Allograft ACL Reconstruction in Patients 19 Years of Age and Younger: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JB JS Open Access.* 2020;5(4):e20.00106. doi: 10.2106/JBJS.OA.20.00106.
90. Seil R, Weitz FK, Pape D. Surgical-experimental principles of anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction with open growth plates. *J Exp Orthop.* 2015;2(1):11. doi: 10.1186/s40634-015-0027-z.
91. Mistovich RJ, O'Toole PO, Ganley TJ. Pediatric anterior cruciate ligament femoral fixation: the trans-iliotibial band endoscopic portal for direct visualization of ideal button placement. *Arthrosc Tech.* 2014;3(3):e335-8. doi: 10.1016/j.eats.2014.01.015.
92. Lykissas MG, Nathan ST, Wall EJ. All-epiphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature patients: a surgical technique using a split tibial tunnel. *Arthrosc Tech.* 2012;1(1):e133-9. doi: 10.1016/j.eats.2012.05.005.
93. Kohl S, Evangelopoulos DS, Ahmad SS, Kohlhof H, Herrmann G, Bonel H, Eggli S. A novel technique, dynamic intraligamentary stabilization creates optimal conditions for primary ACL healing: a preliminary biomechanical study. *Knee.* 2014;21(2):477-80. doi: 10.1016/j.knee.2013.11.003.
94. Dabis J, Yasen SK, Foster AJ, Pace JL, Wilson AJ. Paediatric proximal ACL tears managed with direct ACL repair is safe, effective and has excellent short-

- term outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(8):2551-2556. doi: 10.1007/s00167-020-05872-2. Erratum in: *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020.
95. Mäkelä EA, Vainionpää S, Vihtonen K, Mero M, Rokkanen P. The effect of trauma to the lower femoral epiphyseal plate. An experimental study in rabbits. *J Bone Joint Surg Br.* 1988;70(2):187-91. doi: 10.1302/0301-620X.70B2.3346285.
 96. Janarv PM, Wikström B, Hirsch G. The influence of transphyseal drilling and tendon grafting on bone growth: an experimental study in the rabbit. *J Pediatr Orthop.* 1998;18(2):149-54.
 97. Edwards TB, Greene CC, Baratta RV, Zieske A, Willis RB. The effect of placing a tensioned graft across open growth plates. A gross and histologic analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83(5):725-34. doi: 10.2106/00004623-200105000-00012.
 98. [F2] Sung YY, Shin JW, Yang WK, Kim MJ, Koo JI, Noh EM, Min KS, Yun MY, Kim SH. Effect of Pulsed Electromagnetic Field Stimulation on the Growth Plate of the Tibia Bone of Rats: An In Vivo Study. *Appl. Sci.* 2021,11,7571. [https://doi.org/ 10.3390/app11167571](https://doi.org/10.3390/app11167571).
 99. ELECTROPHYSICAL AGENTS - Contraindications And Precautions: An Evidence-Based Approach To Clinical Decision Making In Physical Therapy. *Physiother Can.* 2010;62(5):1-80. doi: 10.3138/ptc.62.5.
 100. Nicholls AR, Morley D, Perry JL. The Model of Motivational Dynamics in Sport: Resistance to Peer Influence, Behavioral Engagement and Disaffection, Dispositional Coping, and Resilience. *Front Psychol.* 2016;6:2010. doi: 10.3389/fpsyg.2015.02010.
 101. Salvy SJ, Roemmich JN, Bowker JC, Romero ND, Stadler PJ, Epstein LH. Effect of peers and friends on youth physical activity and motivation to be physically active. *J Pediatr Psychol.* 2009;34(2):217-25. doi: 10.1093/jpepsy/jsn071.
 102. Shaw L, Finch CF. Trends in Pediatric and Adolescent Anterior Cruciate Ligament Injuries in Victoria, Australia 2005-2015. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(6):599. doi: 10.3390/ijerph14060599.
 103. Chicorelli AM, Micheli LJ, Kelly M, Zurakowski D, MacDougall R. Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the Skeletally

- Immature Athlete. *Clin J Sport Med.* 2016;26(4):266-71. doi: 10.1097/JSM.0000000000000275.
104. Morgan MD, Salmon LJ, Waller A, Roe JP, Pinczewski LA. Fifteen-Year Survival of Endoscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Patients Aged 18 Years and Younger. *Am J Sports Med.* 2016;44(2):384-92. doi: 10.1177/0363546515623032.
105. Placella G, Bartoli M, Peruzzi M, Speziali A, Pace V, Cerulli G. Return to sport activity after anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature athletes with manual drilling original all inside reconstruction at 8 years follow-up. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2016;50(6):635-638. doi: 10.1016/j.aott.2016.03.006.
106. Shelbourne KD, Gray T, Wiley BV. Results of transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft in tanner stage 3 or 4 adolescents with clearly open growth plates. *Am J Sports Med.* 2004;32(5):1218-22. doi: 10.1177/0363546503262169.
107. Garcia-Isidoro S, Miguel-Tobal F, Martin-Escudero P, Gutierrez-Ortega C, Castellanos-Sanchez VO. Martial arts injuries: a longitudinal study about judo, karate and wushu carried out in the Community of Madrid, Spain. *J Sports Med Phys Fitness.* 2021;61(2):244-251. doi: 10.23736/S0022-4707.20.11216-7.
108. Telford RM, Telford RD, Olive LS, Cochrane T, Davey R. Why Are Girls Less Physically Active than Boys? Findings from the LOOK Longitudinal Study. *PLoS One.* 2016;11(3):e0150041. doi: 10.1371/journal.pone.0150041.
109. Emery CA. Injury prevention in kids' adventure and extreme sports: future directions. *Res Sports Med.* 2018;26(sup1):199-211. doi: 10.1080/15438627.2018.1452239.
110. Logan K, Cuff S; COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS. Organized Sports for Children, Preadolescents, and Adolescents. *Pediatrics.* 2019:e20190997. doi: 10.1542/peds.2019-0997.
111. Dunn JGH, Gotwals JK, Dunn JC, Lizmore MR. Perceived parental pressure and perceived coach pressure in adolescent and adult sport. *Psychol Sport Exerc.* 2022;59:102100. doi: 10.1016/j.psychsport.2021.102100.
112. Merkel DL. Youth sport: positive and negative impact on young athletes. *Open Access J Sports Med.* 2013;4:151-60. doi: 10.2147/OAJSM.S33556.

113. Felfe C, Lechner M, Steinmayr A. Sports and Child Development. *PLoS One*. 2016;11(5):e0151729. doi: 10.1371/journal.pone.0151729.
114. Guddal MH, Stensland SØ, Småstuen MC, Johnsen MB, Zwart JA, Storheim K. Physical activity and sport participation among adolescents: associations with mental health in different age groups. Results from the Young-HUNT study: a cross-sectional survey. *BMJ Open*. 2019;9(9):e028555. doi: 10.1136/bmjopen-2018-028555.
115. Bijur PE, Trumble A, Harel Y, Overpeck MD, Jones D, Scheidt PC. Sports and recreation injuries in US children and adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 1995;149(9):1009-16. doi: 10.1001/archpedi.1995.02170220075010.
116. Newman JT, Carry PM, Terhune EB, Spruiell M, Heare A, Mayo M, Vidal AF. Delay to Reconstruction of the Adolescent Anterior Cruciate Ligament: The Socioeconomic Impact on Treatment. *Orthop J Sports Med*. 2014;2(8):2325967114548176. doi: 10.1177/2325967114548176.
117. Newman JT, Carry PM, Vidal AF. Pediatric ACL - Socioeconomic Factors That Contribute to a Delay in Presentation, and the Increase in Pathology that Correlates with Delayed Reconstruction. *Orthop J Sports Med*. 2014;2(1 Suppl):2325967114S00005. doi: 10.1177/2325967114S00005.
118. Bodendorfer BM, Curley A, Fryar C, Wang D, McCormick B, Conroy C, Hopkins M, Looney A, Chang E. Impact of Socioeconomic Status on Concomitant Injuries and Access to Care Following ACL Injury. *Arthroscopy*. 2021;37(1 Suppl):e30-e31. doi: 10.1016/j.arthro.2020.12.060
119. Henry J, Chotel F, Chouteau J, Fessy MH, Bérard J, Moyen B. Rupture of the anterior cruciate ligament in children: early reconstruction with open physes or delayed reconstruction to skeletal maturity? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009;17(7):748-55. doi: 10.1007/s00167-009-0741-0.
120. Hohmann E, Bryant A, Tetsworth K. Tunnel positioning in anterior cruciate ligament reconstruction: how long is the learning curve? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18(11):1576-82. doi: 10.1007/s00167-010-1183-4.
121. Ramski DE, Kanj WW, Franklin CC, Baldwin KD, Ganley TJ. Anterior cruciate ligament tears in children and adolescents: a meta-analysis of nonoperative versus operative treatment. *Am J Sports Med*. 2014;42(11):2769-76. doi: 10.1177/0363546513510889.

122. Nwachukwu BU, McFeely ED, Nasreddine A, Udall JH, Finlayson C, Shearer DW, Micheli LJ, Kocher MS. Arthrofibrosis after anterior cruciate ligament reconstruction in children and adolescents. *J Pediatr Orthop*. 2011;31(8):811-7. doi: 10.1097/BPO.0b013e31822e0291.
123. Gupta R, Malhotra A, Sood M, Masih GD. Is anterior cruciate ligament graft rupture (after successful anterior cruciate ligament reconstruction and return to sports) actually a graft failure or a re-injury? *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2019;27(1):2309499019829625. doi: 10.1177/2309499019829625.
124. O'Connor JE, Bogue C, Spence LD, Last J. A method to establish the relationship between chronological age and stage of union from radiographic assessment of epiphyseal fusion at the knee: an Irish population study. *J Anat*. 2008;212(2):198-209. doi: 10.1111/j.1469-7580.2007.00847.x.
125. Washburn SL. Skeletal Age Changes in Young American Males, Analyzed from the Standpoint of Age Identification. Thomas W. McKern and T. D. Stewart. Technical Report EP-45, Environmental Protection Research Division, Quartermaster Research and Development Center, U.S. Army, Natick, 1957. viii 179 pp., 87 figs., 52 tables. *American Antiquity*. Cambridge University Press; 1958;24(2):198–199.
126. Nakamura K, Koga H, Sekiya I, Watanabe T, Mochizuki T, Horie M, Nakamura T, Otabe K, Muneta T. Evaluation of pivot shift phenomenon while awake and under anaesthesia by different manoeuvres using triaxial accelerometer. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(8):2377-2383. doi: 10.1007/s00167-015-3740-3.
127. Niki Y, Takeda Y, Udagawa K, Enomoto H, Toyama Y, Suda Y. Is greater than 145° of deep knee flexion under weight-bearing conditions safe after total knee arthroplasty?: a fluoroscopic analysis of Japanese-style deep knee flexion. *Bone Joint J*. 2013;95-B(6):782-7. doi: 10.1302/0301-620X.95B6.30757.
128. Samitier G, Marcano AI, Alentorn-Geli E, Cugat R, Farmer KW, Moser MW. Failure of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arch Bone Jt Surg*. 2015;3(4):220-40.
129. Matsuzaki Y, Chipman DE, Hidalgo Perea S, Green DW. Unique Considerations for the Pediatric Athlete During Rehabilitation and Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2022;4(1):e221-e230. doi: 10.1016/j.asmr.2021.09.037.

130. Wong SE, Feeley BT, Pandya NK. Complications After Pediatric ACL Reconstruction: A Meta-analysis. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(7 suppl6):2325967117S00434. doi: 10.1177/2325967117S00434 PMID: PMC5555510
131. Wong SE, Feeley BT, Pandya NK. Complications After Pediatric ACL Reconstruction: A Meta-analysis. *J Pediatr Orthop.* 2019;39(8):e566-e571. doi: 10.1097/BPO.0000000000001075.
132. Lipscomb AB, Anderson AF. Tears of the anterior cruciate ligament in adolescents. *J Bone Joint Surg Am.* 1986;68(1):19-28.
133. Khamis S, Carmeli E. A new concept for measuring leg length discrepancy. *J Orthop.* 2017;14(2):276-280. doi: 10.1016/j.jor.2017.03.008.
134. Thomeé R, Kaplan Y, Kvist J, Myklebust G, Risberg MA, Theisen D, Tsepis E, Werner S, Wondrasch B, Witvrouw E. Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(11):1798-805. doi: 10.1007/s00167-011-1669-8.
135. Sheha ED, Steinhaus ME, Kim HJ, Cunningham ME, Fragomen AT, Rozbruch SR. Leg-Length Discrepancy, Functional Scoliosis, and Low Back Pain. *JBJS Rev.* 2018;6(8):e6. doi: 10.2106/JBJS.RVW.17.00148.

X Spis Rycin

Rycina 1. Anatomia stawu kolanowego z wyróżnieniem najważniejszych struktur A. Widok od przodu, B. Widok od tyłu.....	9
Rycina 2. Trójściana budowa więzadła krzyżowego przedniego (kolano prawe).....	10
Rycina 3. Układ chrząstek wzrostowych w okolicy stawu kolanowego oraz ich poziom ich aktywności biologicznej z potencjałem wzrostu	13
Rycina 4. Strefy przejścia osi mechanicznej kończyny dolnej przez staw kolanowy	14
Rycina 5. Strefy przejścia osi mechanicznej kończyny dolnej przez staw kolanowy	14
Rycina 6. Klasyfikacja McKeevera: Figure 1. Mayer and McKeevers classification of tibial spine avulsion fracture. Type IV Comminuted fracture was added later by Zariczny	20
Rycina 7. Schemat techniki operacyjnej metodą Ganley-Lawrence	26
Rycina 8. Schemat techniki operacyjnej metodą Andersona	26
Rycina 9. Schemat techniki operacyjnej metodą hybrydową	28
Rycina 10. Schemat techniki operacyjnej metodą transzylalną.....	28
Rycina 11. Schemat techniki operacyjnej metodą Mitcheli-Kochera.....	29
Rycina 12. Sposób wykonania testu Lachmanna.....	34
Rycina 13. Sposób wykonania testu szuflady przedniej.....	35
Rycina 14. Sposób wykonania Pivot-Shifta.....	35
Rycina 15. A – obraz MR w projekcji strzałkowej po ostrym urazie ACL, krwiak wewnątrzstawowy, aktywne chrząstki wzrostowe. B – MRI stawu kolanowego w projekcji czołowej. Widoczne całkowite uszkodzenie WKP oraz 2 jego kikuty. Chrząstki wzrostowe są aktywne.	36
Rycina 16. Obraz śródoperacyjny stawu kolanowego prawego. Widok preparowania i odstąpienia przyczepu dystalnego ścięgna mięśnia półścięgnistego.....	40
Rycina 17. Obraz śródoperacyjny stawu kolanowego prawego. Wyizolowane, dystalnie odpreparowane i przygotowane do pobrania ścięgno mięśnia półścięgnistego	40
Rycina 18. Widok stolika preparacyjnego. Ścięgno mięśnia półścięgnistego oczyszczone i przygotowane do obszycia	40
Rycina 19. Obszuty, trzykrotnie złożony przeszczep ze ścięgna mięśnia półścięgnistego.....	40
Rycina 20. Endobutton z systemem nici do transportu graftu z widocznym implantem do zawieszenia na korówce kości udowej.....	41
Rycina 21. Śruba interferencyjna służąca do zablokowania dystalnego końca graftu w kanale piszczelowym.....	41
Rycina 22. Obraz artroskopowy wolnego kikutu udowego po całkowitym rozerwaniu więzadła krzyżowego.....	41
Rycina 23. Obraz artroskopowy. Przygotowanie kanału piszczelowego, obraz drutu kierunkowego przechodzącego przez głowę kości piszczelowej do wnętrza stawu.....	41
Rycina 24. Obraz artroskopowy. Pomiar długości kanału udowego, obraz miarki przechodzącej przez kłykiec boczny kości udowej do wnętrza stawu	41
Rycina 25. Obraz artroskopowy. Przeciąganie przygotowanego graftu ze ścięgna mięśnia półścięgnistego na niciach transportowych przez kanał piszczelowy i udowy	41
Rycina 26. Obraz artroskopowy. Kolejny etap przeciągania graftu. Widoczny Endobutton przed wciągnięciem do kanału udowego	42
Rycina 27. Obraz artroskopowy. Prawidłowo umiejscowiony przeszczep więzadła krzyżowego przedniego.....	42
Rycina 28. Sposób wykonania pomiaru ustawienia miednicy przy pomocy specjalistycznej poziomicy. A – ramiona miernika opierano obustronnie na grzebieniach kości biodrowej. B – pozycja pęcherzyka powietrza między dwiema liniami referencyjnymi świadczyła o odczycie prawidłowym i braku asymetrii.....	45

Rycina 29. Ocena kliniczna osi kończyn dolnych. Pacjent w pozycji stojącej na baczność łączy obydwie kończyny dolne. Zarówno oba stawy kolanowe jak i stawy skokowe pozostają w bezpośrednim kontakcie. Świadczy to o prawidłowej osi kończyny dolnej i wyklucza patologiczne deformacje szpotawej lub koślawej osi 46

XI Spis Tabel

Tabela 1. Wyniki testu Lachmana przeprowadzonego w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo przed i po leczeniu.....	49
Tabela 2. Wyniki testu szuflady przedniej przeprowadzonego w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo przed i po leczeniu.....	51
Tabela 3. Wyniki testu Pivot-Shift przeprowadzonego w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo przed i po leczeniu.....	53
Tabela 4. Porównanie wyników poszczególnych testów służących ocenie stabilności stawu kolanowego pacjentów w grupie leczonej operacyjnie i zachowawczo przed i po leczeniu	55
Tabela 5. Wyniki oceny maksymalnego zgięcia i wyprostowania stawu kolanowego przeprowadzonej w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo przed i po leczeniu	56
Tabela 6. Wyniki oceny deficytu zgięcia kolana po urazie przeprowadzonej w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo	57
Tabela 7. Wyniki oceny obwodu uda po stronie nieleczonej i strony poddanej leczeniu przeprowadzonej w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo	58

XII Spis Diagramów

Diagram 1. Okoliczności powstania urazu.....	48
Diagram 2. Szczegółowa ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Lachmanna w Grupie I.....	50
Diagram 3. Sumaryczna ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Lachmanna w Grupie I.....	50
Diagram 4. Szczegółowa ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Lachmanna w Grupie II.....	50
Diagram 5. Sumaryczna ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Lachmanna w Grupie II.....	50
Diagram 6. Zestawienie wyników poprawy wyniku testu Lachmanna dla Grupy I i II	51
Diagram 7. Ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Szufłady przedniej w Grupie I	52
Diagram 8. Ocena poprawy stabilności stawu kolanowego przy użyciu testu Szufłady przedniej w Grupie II	52
Diagram 9. Zestawienie wyników poprawy wyniku testu Szufłady przedniej dla Grupy I i II	52
Diagram 10. Ocena poprawy wyniku testu Pivot-Shift w Grupie I	53
Diagram 11. Ocena poprawy wyniku testu Pivot-Shift w Grupie II	53
Diagram 12. Zestawienie wyników poprawy wyniku testu Pivot-Shift dla Grupy I i II	54
Diagram 13. Wartości przedniej translacji piszczeli (ATT) wyrażonej w mm dla Grupy I i II po leczeniu.....	56
Diagram 14. Wartości deficytu zgięcia stawu kolanowego w Grupie I	57
Diagram 15. Wartości deficytu zgięcia stawu kolanowego w Grupie II	57
Diagram 16. Wyniki oceny funkcjonalnej opartej na skali Lysholma przeprowadzonej w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo	59
Diagram 17. Wyniki oceny funkcjonalnej opartej na skali IKDC 2000 przeprowadzonej w grupie pacjentów leczonych operacyjnie i zachowawczo	60
Diagram 18. Zmiana kończyny dominującej po leczeniu w Grupie I i II	61
Diagram 19. Czas powrotu do poszczególnych aktywności w tygodniach.....	61
Diagram 20. Podsumowująca ocena wyników leczenia w Grupie I i II.....	64

XIII Załączniki

Załącznik 1. 2000 IKDC Subjective Knee Evaluation Form

2000 IKDC Subjective Knee Evaluation Form

imię i nazwisko _____

data _____ data urazu _____

1. Jaki rodzaj czynności może Pani/Pan wykonywać bez bólu kolana?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> bardzo intensywne czynności jak np. skoki, gra w koszykówkę, piłkę nożną | 4 |
| <input type="checkbox"/> intensywne czynności jak ciężka praca fizyczna, jazda na nartach, tenis | 3 |
| <input type="checkbox"/> umiarkowane czynności jak umiarkowana praca fizyczna, bieganie | 2 |
| <input type="checkbox"/> lekkie czynności jak spacer, praca w domu lub ogrodzie | 1 |
| <input type="checkbox"/> nie mogę wykonywać żadnej z powyższych czynności z powodu bólu kolana | 0 |

2. Jak często w ciągu ostatnich 4 tygodni odczuwał/a Pan/Pani ból kolana?

- | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| nigdy | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | stale |

3. Jeśli odczuwał/a Pan/Pani ból, jakie było jego nasilenie?

- | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| bez bólu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | bardzo silny ból |

4. Jak sztywne lub obrzęknięte było Pana/Pani kolano w okresie ostatnich 4 tygodni?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> w ogóle | 4 |
| <input type="checkbox"/> łagodnie | 3 |
| <input type="checkbox"/> umiarkowanie | 2 |
| <input type="checkbox"/> silnie | 1 |
| <input type="checkbox"/> bardzo silnie | 0 |

5. Jaki rodzaj czynności może Pani/Pan wykonywać bez zauważalnego obrzęku kolana?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> bardzo intensywne czynności jak np. skoki, gra w koszykówkę, piłkę nożną | 4 |
| <input type="checkbox"/> intensywne czynności jak ciężka praca fizyczna, jazda na nartach, gra w tenis | 3 |
| <input type="checkbox"/> umiarkowane czynności jak umiarkowana praca fizyczna, bieganie | 2 |
| <input type="checkbox"/> lekkie czynności jak spacerowanie, praca w domu lub ogrodzie | 1 |
| <input type="checkbox"/> nie mogę wykonywać żadnej z powyższych czynności z powodu obrzęku kolana | 0 |

6. Czy w ostatnich 4 tygodniach miał/a Pan/Pani zablokowane kolano lub odczułeś/aś nagle „przeskoczenie”?

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| tak | nie |
| <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 1 |

7. Jaki rodzaj czynności może Pani/Pan wykonywać bez uczucia „uciekania/ustępowania” kolana?

- bardzo intensywne czynności jak np. skoki, gra w koszykówkę, piłkę nożną 4
- intensywne czynności jak ciężka praca fizyczna, jazda na nartach, tenis 3
- umiarkowane czynności jak umiarkowana praca fizyczna, bieganie 2
- lekkie czynności jak spacer, praca w domu lub ogrodzie 1
- nie mogę wykonywać żadnej z powyższych czynności z uczucia ustępowania/uciekania kolana 0

8. Jaki jest największy poziom Pana/Pani normalnej aktywności fizycznej?

- bardzo intensywne czynności jak np. gra w koszykówkę, piłkę nożną 4
- intensywne czynności jak ciężka praca fizyczna, jazda na nartach, tenis 3
- umiarkowane czynności jak umiarkowana praca fizyczna, bieganie 2
- lekkie czynności jak spacer, praca w domu lub jego otoczeniu 1
- niezdolność do wykonania żadnej z powyższych czynności 0

9. Czy dolegliwości ze strony kolana wpływają na wykonywanie poniższych czynności?

	bez trudności	minimalne trudności	umiarkowane trudności	duże trudności	niemożliwe do wykonania
	4	3	2	1	0
a. wchodzenie po schodach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. schodzenie ze schodów	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. klęczenie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. kucanie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. siedzenie ze zgiętymi kolanami	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. wstawanie z krzesła	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. bieg po prostej	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. podskoki na jednej nodze	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. szybkie ruszanie i zatrzymywanie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Jak oceni Pan/Pani funkcję swojego kolana w skali od 0 do 10 (10 – normalna, nie zaburzona funkcja; 0 – niezdolność do wykonania żadnej czynności dnia codziennego)?

Funkcja kolana przed urazem:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
niezdolność do wykonywania codziennych czynności	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bez ograniczeń

Obecna funkcja kolana:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
niezdolność do wykonywania codziennych czynności	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bez ograniczeń

Załącznik 2. Skala Lysholm & Gillquist

Imię i nazwisko pacjenta :

data badania :

okres od operacji :

Skala Lysholm & Gillquist

1. Utykanie

bez utykania	5
lekkie z przerwami	3
ciężkie i stałe	0

2. Obciążanie

pełne	5
niezbędne kule	3
niemożliwe	0

3. Chodzenie po schodach

bez problemów	10
niewielkie problemy	6
możliwe chodzenie po 1 schodku	2
niemożliwe	0

4. Kucanie

bez problemów	5
lekko ograniczone	4
niemożliwe pow. 90° zgięcia	2
niemożliwe	0

5. Chód, bieg, skoki

niestabilność

nigdy giving-way	30
wyjątkowo podczas dużych obciążeń	25
wyjątkowo podczas normalnej aktywności dziennej	10
często podczas normalnej aktywności dziennej	5
przy każdym kroku	0

bóle

bez bólów	30
wyjątkowo, lekkie przy dużych obciążeniach	25
wyraźnie podczas giving-way	20
wyraźnie przy dużych obciążeniach	15
wyraźnie podczas/lub po chodzeniu ponad 2 km	10
wyraźnie podczas/lub po chodzeniu poniżej 2 km	5
stałe i ciężkie	0

obrzęk

bez obrzęku	10
podczas giving-way	7
przy dużym obciążeniu	5
przy normalnym chodzeniu	2
zawsze	0

6. Zaniki mięśni uda

bez zaników	5
zaniki 1-2 cm	3
powyżej 2 cm	0