

Zastosowanie wyznaczników do oceny funkcjonalnej efektów rehabilitacji u pacjentów po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego

Functional Benchmarking of Rehabilitation Outcomes Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Andrzej Czamara^(A,B,C,D,E,F,G)

Wyższa Szkoła Fizjoterapii z siedzibą we Wrocławiu ul. Kościuszki 4, Wrocław, Polska
College of Physiotherapy, ul. Kościuszki 4, Wrocław, Poland

STRESZCZENIE

Wstęp. Celem pracy było wykorzystanie wybranych wyznaczników oceny funkcjonalnej (WOF) do określenia poziomu przywracanej sprawności fizycznej u pacjentów poddanych rehabilitacji po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego (WKP).

Materiał i metody. Badania wykonano u 115 pacjentów (51 kobiet) po rekonstrukcji WKP. Badani (wiek 18-43 lat) byli monitorowani przez lekarza specjalistę ortopedii podczas rehabilitacji. Dla uzupełnienia wyników badania klinicznego, u pacjentów zastosowano własny podział wyznaczników oceny funkcjonalnej (WOF) i metody badań, które pozwalały obiektywnie ocenić poziom przywracanej sprawności narządu ruchu na danych etapach rehabilitacji. Przyjęto następujące WOF: minimalny (MWF), standardowy (SWOF), optymalny (OWOF) i sportowy (SPWOF).

Wyniki. Wynik klinicznie zły odnotowano u 6 pacjentów (5,2 %). Stu czterech pacjentów uzyskało w badaniu klinicznym stabilne kolano, a w dwunastym tygodniu odnotowano u nich istotny statystycznie powrót zakresów ruchu i obwodów operowanych kolan w odniesieniu do wyników kolan bez obrażeń. Badani pokonali dystans 4 km marszu na bieżni ruchomej i dodatkowo pacjentki pokonały dystans 1,13 km, a pacjenci 2,04 km pod kątem 10° nachylenia bieżni. Pokonali wysokość 116 stopni podczas wejścia i osobno zejścia po schodach. Pomiędzy 20 a 21 tygodniem rehabilitacji 81 pacjentów (w tym 33 kobiety) uzyskało istotną statystycznie poprawę wartości momentów sił mięśniowych i zbliżenie ich wartości do nieoperowanych kończyn. Pacjentki pokonały dystans 600 metrów biegu na bieżni ruchomej z prędkością 12 km/h, a pacjenci 625 metrów z prędkością 16 km/h. Badani mogli również wykonywać pełne przysiady i wysoki obunóz.

Wnioski. 1. Sprawność fizyczną na poziomie SWOF osiągnęło 104 pacjentów podczas 12 tygodni rehabilitacji. 2. Wyznacznik optymalny (OWOF) uzyskało 81 pacjentów pomiędzy 13 a 21 tygodniem rehabilitacji. 3. Wyniki badań własnych wskazują na przydatność WOF do oceny efektów rehabilitacji u pacjentów mających zamiar podjąć przerwany wskutek urazu działalność sportowo-rekreacyjną.

Słowa kluczowe: rehabilitacja, więzadło krzyżowe przednie, wyznaczniki oceny funkcjonalnej

SUMMARY

Background. The aim of the study was to use selected functional benchmarks (FBs) to assess the level of physical fitness in patients undergoing rehabilitation following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction surgery.

Material and methods. The study involved 115 patients (51 women) after ACL reconstruction surgery. The patients (aged 18-43) were monitored by an orthopedist during their rehabilitation. In order to supplement the clinical examination results, we applied our own classification of functional benchmarks and examination methods which allowed objective assessment of the degree of restoration of locomotor function at individual stages of rehabilitation. The following FBs were established: minimum (MFB), standard (SFB), optimal (OFB) and sports (SPFB).

Results. A poor clinical outcome was noted in 6 patients (5.2%). 104 patients had a stable knee on physical examination, and a significant restoration of the range of motion and circumference of the operated knees was noted in this group in the 12th week compared with the healthy knees. The patients walked 4 km on a treadmill, with female patients covering an additional 1.13 km, and male patients 2.04 km at an inclination angle of 10°. They climbed 116 steps when going up and then down stairs (separate counts). Between rehabilitation weeks 20 and 21, 81 patients (including 33 women) achieved significant improvement in muscle torques, which now approximated those of the non-operated limbs. Female patients covered a distance of 600 metres on a treadmill at the speed of 12 kph, and male patients covered 625 metres at 16 kph. Patients were also able to perform full knee bends and jumps with both feet.

Conclusions. 1. SFB-level function was attained by 104 patients during 12 weeks of rehabilitation. 2. The optimal functional benchmark (OFB) was achieved by 81 patients between the 13th and 21st week of rehabilitation. 3. These results show the usefulness of functional benchmarking for assessing rehabilitation outcomes in patients planning to resume sports and recreational activity after an injury.

Key words: rehabilitation, anterior cruciate ligament, functional benchmarks

WSTĘP

Uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego (WKP), są często wynikiem urazów sportowych (narcieństwo, piłka nożna, sporty walki, itp.). Stąd są one domeną diagnostyki i leczenia prowadzonych przez ortopedów-traumatologów, będących często specjalistami medycyny sportowej lub pracujących na rzecz sportu [1]. Ortopeda na podstawie badania podmiotowego, przedmiotowego i badań dodatkowych ocenia czy uraz spowodował istotne z punktu widzenia klinicznego uszkodzenie więzadła lub też dodatkowo innych struktur stawu kolanowego [2]. Na tej podstawie podjęta zostaje decyzja o wyborze metody leczenia operacyjnego, czy też zachowawczego [3-5]. Po obrażeniach WKP stawu kolanowego leczonych operacyjnie lub zachowawczo, prowadzi się specjalistyczne postępowanie fizjoterapeutyczne w ramach kompleksowego postępowania leczniczego [6,7].

W chirurgicznym leczeniu obrażeń WKP stosuje się techniki operacyjne z użyciem najczęściej przeszczepów własnych pacjenta. W takim przypadku wykorzystuje się różne miejsca pobrania (więzadło rzepki, ścięgna mięśni: kulszowo-goleniowych, czworogłowego uda, czy też ścięgno Achillesa) i różne sposoby mocowania przeszczepu [2,8,9]. Starając się zwiększyć efektywność rekonstrukcji WKP z technik jednopęczkowych przechodzi się do technik dwupęczkowych [10]. Stosuje się też rekonstrukcje z użyciem sztucznych więzadeł [11]. Na tle tak zróżnicowanych technik operacyjnych, źródeł pobrania przeszczepu, a także sposobów jego mocowania, nie dziwi sytuacja, że brak jest jednolitych standardów postępowania fizjoterapeutycznego [12-20]. Dla oceny wyników leczenia obrażeń WKP wykorzystuje się poza typowymi klinicznymi badaniami (w tym testy kliniczne), także skale, które pozwalają na subiektywną ocenę efektów leczenia wyrażoną przez pacjentów [21]. Wymienione testy kliniczne i skale służą w połączeniu z badaniami czynnościowymi do oceny stabilności kolana, zakresów ruchu, parametrów chodu, innych rodzajów lokomocji u pacjentów, czy też przywracaniu siły mięśniowej i propriocepcji [22-27].

Celem oceny skuteczności wieloetapowego (opracowanie autorskie) procesu fizjoterapii po leczeniu operacyjnym WKP było wykorzystanie własnych wyznaczników do oceny poziomu sprawności funkcjonalnej kończyn dolnych (lokomocja, wejścia i zejścia po schodach, przysiady, skoki), niezależnie od standardowego badania klinicznego wykonanego przez lekarza ortopedę.

Powyższe wyznaczniki opracowano w oparciu o długoletnie doświadczenia w prowadzeniu fizjote-

BACKGROUND

Anterior cruciate ligament (ACL) injuries often result from sports traumas (skiing, football, combat sports, etc.). Therefore, their diagnosis and treatment are carried out by orthopaedic traumatologists, who are often specialists in sports medicine or work in sport [1]. On the basis of a physical examination, history, and accessory investigations, the orthopaedist determines whether the injury has caused clinically significant damage to the ligament or additional damage to other structures of the knee joint [2]. On this basis, the decision is made to rely on surgical or conservative treatment [3-5]. Following surgical or conservative treatment of the ACL injuries, specialised physiotherapy is provided as part of a comprehensive treatment plan [6,7].

ACL surgery includes operative techniques. Autografting is the most common choice, with various harvest sites (patellar ligament, hamstring muscle tendons, quadriceps muscle, or Achilles tendon) and methods of graft fixation used [2,8,9]. In an attempt to increase the efficacy of ACL reconstruction, double-bundle techniques have been increasingly used instead of single-bundle reconstructions [10]. Reconstructions with artificial ligaments are employed as well [11]. Since operative techniques, graft harvest sites, and graft anchoring methods are so varied, it is not surprising that there are no uniform standards regarding physiotherapy [12-20]. Apart from standard physical examinations (including clinical testing), the outcomes of ACL injury treatment can be evaluated by means of scoring systems which make possible subjective evaluation of the treatment effects by patients [21]. Such clinical tests and scores combined with function tests are used to assess knee stability, ranges of motion, parameters of gait and other types of locomotion in the patients, or the level of restoration of muscle strength and proprioception [22-27].

The aim of assessing the multi-stage rehabilitation process (designed by the author) after ACL surgery was to test our own benchmarks in order to evaluate lower extremity function (locomotion, going up and down stairs, knee bends, jumps) irrespective of the standard physical examination conducted by an orthopaedist.

The benchmarks have been developed as a result of long-standing experience in providing physiotherapy (rehabilitation) in the College of Physiotherapy in Wrocław, as well as on the basis of a study report [28,29]. The study was approved by the local Research Bioethics Committee of the University School of Physical Education in Wrocław on 18th May 2006.

rapii (rehabilitacji) w Centrum Rehabilitacji Wyższej Szkoły Fizjoterapii we Wrocławiu, a także w oparciu o raport z badań [28,29]. Zgodę na badania wydała lokalna Komisja Bioetyki Badań Naukowych AWF Wrocław z dnia 18.05.2006 roku.

MATERIAŁ I METODY

Do badań efektywności procesu rehabilitacji zakwalifikowano wstępnie 115 pacjentów (w tym 51 kobiet) po rekonstrukcji endoskopowej więzadła krzyżowego przedniego metodą Mitek, z pobraniem przeszczepów ze ścięgien mięśni półbłoniastego i smukłego operowanych kończyn. Wiek badanych wahał się od 18 do 43 lat. Badani po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego przystąpili do realizowania etapowego postępowania fizjoterapeutycznego (rehabilitacji) według autorskiego programu [16]. Po operacji lekarz prowadzący wykluczył z wczesnej rehabilitacji sześć osób – 5,2%, w tym dwie kobiety (K) i czterech mężczyzn (M). Powikłania pooperacyjne odnotowano u dwóch pacjentek (zapalenie żył głębokich, krwiak kolana). U kolejnych czterech osób (w tym 2 kobiety) podczas wstępnego etapu fizjoterapii utrzymywał się duży obrzęk i intensywny ból okolicy operowanego kolana. Lekarz prowadzący wdrożył dodatkowe leczenie i odroczył termin kontynuowania standardowego postępowania fizjoterapeutycznego. Pomiędzy trzecim a piątym tygodniem fizjoterapii pięciu pacjentów (w tym 2 kobiety) przerwało fizjoterapię z bliżej nieznanymi przyczynami, co stanowiło 4,4% całej badanej grupy. Ostatecznie kompleksowym badaniem postępów rehabilitacji objęto 104 osoby (45 K i 59 M), które zrealizowały minimum dwa z czterech zaplanowanych etapów rehabilitacji. Charakterystykę podstawowych cech antropometrycznych badanych pacjentów przedstawiono w Tabeli 1.

Wyniki postępów rehabilitacji oceniane były przez lekarza ortopeda, który wykonywał przed i po każdym etapie fizjoterapii badanie podmiotowe i przedmiotowe. Przeprowadzał ukierunkowane testy kliniczne jak: Lachmana, przemieszczenia przednio-tylnego, stabilności więzadeł pobocznych, testy łąkotkowe. Mierzył obwody stawów kolanowych, dokonywał oceny stawu rzepkowo-udowego, kąta Q, symetrii kończyn i posta-

MATERIAL AND METHODS

A total of 115 patients (including 51 women) after endoscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using the Mitek system with grafts harvested from the semimembranosus and gracilis muscle tendons of the operated extremities were initially qualified to take part in the study of rehabilitation efficacy. The age range was 18 to 43 years. Following anterior cruciate ligament reconstruction surgery, the patients entered a staged physiotherapy (rehabilitation) programme designed by the author [16]. After the surgery, the attending physician disqualified six persons (5.2%, 2 W, 4 M) from early rehabilitation. Post-operative complications were noted in two female patients (deep phlebitis, knee haematoma). Four patients (including 2 women) presented considerable swelling and reported intense pain in the region of the operated knee during the initial stage of the physiotherapy. The attending physician instituted additional treatment and postponed standard physiotherapy until later time. Between the third and fifth week of physiotherapy, five patients (including 2 women) dropped out of the rehabilitation for an unknown reason, constituting 4.4% of the study group. Ultimately, 104 patients (45 W and 59 M) who completed at least two out of the four planned rehabilitation stages were included in a comprehensive study of the effects of rehabilitation. The basic anthropometric data of the patients are presented in Table 1.

The effects of rehabilitation were evaluated by the orthopaedist, who conducted a physical examination and took history before and after each stage of physiotherapy. He conducted specialized clinical tests, such as the Lachman test, anteroposterior displacement test, collateral ligament stability test, and meniscal tests. He measured the circumference of the knee joints, evaluated the patellofemoral joint, the Q angle, and evaluated limb symmetry and posture. He also examined other knee joint structures versus the

Tab. 1. Charakterystyka podstawowych cech antropometrycznych w badanych grupach

Tab. 1. Basic anthropometric data of the study groups

Badane grupy Study groups	n=104	Wiek (lata) Age (years)		Wysokość ciała (cm) Height (cm)		Masa ciała (kg) Body weight (kg)	
		X	SD	X	SD	X	SD
GRUPA I Pacjentki GROUP I Females	n=45	29.6	10.4	170.1	8.4	63.1	9.0
GRUPA II Pacjenci GROUP II Males	n=59	28.3	8.2	181.0	7.7	79.4	10.6

wy ciała pacjenta. Badał także inne struktury stawu kolanowego w porównaniu do kolan bez obrażeń. Dodatkowo posłużono się badaniami oceniającymi powrót dynamicznej funkcji kolana i sprawności fizycznej pacjentów za pomocą tzw. wyznaczników oceny funkcjonalnej – WOF [29]. Wykonywano je jedynie po pozytywnym wyniku badania ortopedycznego, oceniając łącznie wyniki testów klinicznych i WOF [1,2,29]. Ideą przewodnią zastosowania WOF była ocena sprawności kończyn dolnych podczas lokomocji (możliwość przejścia określonego dystansu, wejścia i zejścia po schodach) u pacjentów podczas wykonywania czynności dnia codziennego. Oceniano też czynności ruchowe dla przyszłej działalności sportowo-rekreacyjnej (przysiad, bieg i wyskoki pionowe), a także przywracanie siły mięśniowej.

Ocena kliniczna leczenia przeprowadzona przez lekarza specjalistę była pozytywna w przypadku dobrego wyniku leczenia, w tym stabilnego stawu kolanowego, lub była negatywna, kiedy wynik badania lekarskiego wskazywał na niestabilne kolano i/ lub inne niepowodzenia, w tym także powikłania leczenia [2].

Pacjent, który podczas rehabilitacji stopniowo odzyskiwał powrót funkcji kolana mógł osiągnąć sprawność fizyczną na poziomie wyznacznika minimalnego (stabilny staw kolanowy, pełny wyprost lub czasowo możliwy deficyt 50 wyprostów i zakres zginania w operowanym stawie kolanowym przynajmniej 90°, samodzielny chód bez kul po płaskim podłożu). Badany spełniał kryteria wyznacznika standardowego, kiedy miał stabilny staw kolanowy, pełny wyprost i zakres zginania minimum 115° operowanego kolana, ponadto pokonywał dystans 4 km marszu na bieżni ruchomej z szybkością 5-6 kilometrów na godzinę (km/h) oraz mógł samodzielnie wchodzić i schodzić po schodach.

Natomiast poziom wyznacznika optymalnego osiągała osoba, która uzyskała poziom wyznacznika standardowego, dodatkowo miała minimum 90% zakresu zginania operowanego kolana i osiągnęła minimum 80 % wartości momentów sił mięśni prostowników i zginaczy operowanego kolana w odniesieniu do kolana bez obrażeń. Ponadto pacjent wykonywał bieg na bieżni ruchomej z prędkością od 10 km/h do 16 km/h, w zależności od wieku, płci oraz mógł wykonać minimum sześć wyskoków obunóż i co najmniej trzy pełne przysiady obunóż.

W pierwszej grupie – pacjentek i w drugiej grupie – pacjentów przeprowadzono dla operowanych i nieoperowanych kolan pomiary:

- obwodów stawów w drugim i w dwunastym tygodniu fizjoterapii w pozycji leżenie tyłem;
- zakresów czynnego zginania i prostowania pod-

healthy knees. Moreover, we used tests to evaluate the restoration of dynamic knee function and overall fitness of patients using functional benchmarks, or FBs [29]. These were conducted only after a positive result of the orthopaedic examination, and the results of clinical tests and functional benchmarks were assessed in combination. The idea behind the application of functional benchmarks was to evaluate lower extremity function during locomotion (the ability to walk a given distance, stair climbing) in the patients during daily activities. We also evaluated motor activities for future sports and recreational activity (knee bending, running, and vertical jumps) as well as the level of restoration of muscle strength.

The clinical evaluation of the treatment made by the specialist was positive in the case of a good outcome of the treatment, including a stable knee joint, or negative, when the medical examination indicated knee instability and/or other failures, including also treatment complications [2].

Patients who gradually regained knee function during the rehabilitation were able to attain the minimal benchmark of physical fitness (stable knee joint, full extension or a possible temporary deficit of 5° extension with the range of flexion in the operated knee joint of at least 90°, and being able to walk unassisted without forearm crutches on a flat surface). Patients met the criteria of the standard benchmark when they had a stable knee joint, demonstrated full extension and at least 115° flexion in the operated knee as well as were able to march for 4 kilometres (km) on a treadmill at the speed of 5-6 kilometres per hour (kph), and go up and down stairs without assistance.

The optimal benchmark was achieved by patients who reached the standard benchmark level, and additionally demonstrated at least 90% of the range of flexion in the operated knee, and at least 80% of extensor and flexor torques in the operated knee as opposed to the healthy knee. Moreover, the patients were also able to run on a treadmill at the speed of 10 kph to 16 kph, depending on age and gender, and take at least six jumps with both feet and at least three bilateral full knee bends.

In the first group of female patients and the second one, which consisted of male patients, the following measurements of the operated and non-operated knees were taken:

- joint circumferences were measured in the second and twelfth week of physiotherapy in the supine position;
- the range of active flexion and extension of the shank towards the thigh was measured in the second and twelfth week of physiotherapy in the prone position;

udzia względem uda w drugim i w dwunastym tygodniu fizjoterapii w pozycji leżenie przodem badanego;

- wartości maksymalnych momentów sił (MMS) mięśni prostowników (pozycja leżenie tyłem) i zginaczy kolan (pozycja – leżenie przodem) w 13 i pod koniec 21 tygodnia fizjoterapii w warunkach statyki. Przed pomiarami wykonywano dziesięciominutową rozgrzewką na cykloergometrze. Podczas pomiaru momentów sił wyrażonych w niutonometrach (Nm) podudzie badanego ustawione było w zgięciu 700 względem uda, a dla mięśni zginaczy podudzie ustawione było w zgięciu pod kątem 300 względem uda. Za każdym razem stabilizowano poszczególne części ciała badanego. Oś pomiaru momentomierza siły przebiegała przez oś badanych stawów. Ramię dźwigni było oddalone o 40 cm od osi obrotu stawu kolanowego. Przeprowadzono dwa pomiary dla każdej grupy mięśniowej osobno dla kolan operowanych i nieoperowanych. Do obliczeń wybierano wynik z najwyższą wartością momentu siły dla każdej grupy mięśniowej osobno dla obu badanych kończyn.

W obu badanych grupach przeprowadzono po standardowej rozgrzewce następujące testy:

- 1) – marsz na bieżni ruchomej w 12 tygodniu fizjoterapii z prędkością przesuwu taśmy 5 km/h dla kobiet i 6 km/h dla mężczyzn. Po przejściu dystansu 4 km, badanemu nie przerywając testu podnoszono kąt nachylenia bieżni do 10 stopni. Mierzono pokonany dodatkowo dystans w kilometrach (km). Test przerywano, kiedy pacjent nie mógł utrzymać prędkości marszu lub przekraczał poziom submaksymalnej wartości częstości skurczów serca (HR) dla danej grupy wiekowej, a także wtedy, kiedy zgłaszał zmęczenie lub ból;
 - 2) – wejście i zejście po schodach, mając do pokonania maksymalnie 116 stopni schodów w budynku Centrum Rehabilitacji (wysokość stopni schodów 15,5 cm, głębokości 30 cm). Po wykonaniu wejścia na ostatni stopień, pacjent miał jedną minutę przerwy wypoczynkowej. Następnie wykonywał w naturalnym rytmie zejścia po stopniach schodów. Mierzono osobno czas wejścia i zejścia w sekundach (s) i pokonaną liczbę stopni. Test przerywano, kiedy pacjent zgłaszał próg zmęczenia lub bólu. Test wykonano na przełomie 12/13 tygodnia po rekonstrukcji więzadeł. Powyższy test (próba wejścia na V piętro) wykonywano jedynie przy braku przeciwwskazań kardiologicznych;
 - 3) – przysiad obunóż wykonywano w 21 tygodniu po rekonstrukcji WKP. Pacjent miał z zadanie wykonać przynajmniej trzy przysiady w pełnym zakresie ruchu i z równym obciążeniem obu koń-
- maximum torques (MT) of knee extensor muscles (supine position) and knee flexor muscles (prone position) were measured in week 13 and at the end of week 21 of physiotherapy under static conditions. Prior to the measurements, patients performed a 10-minute warm-up on a cycle ergometer. During the measurement of torques, expressed in Newton metres (N m), the patient shank was flexed at 700 towards the thigh. For flexor testing, the shank was flexed at 300 towards the thigh. Each time, parts of the patient's body were stabilized. The axis of the torque-meter measurement ran across the axis of the joints examined. The lever arm was 40 cm away from the knee joint rotation axis. Two measurements were taken for each muscle group, separately for the operated and non-operated knees. The highest torque values for each muscle group, separately for each extremity, were selected for the subsequent calculations.
- In both groups, the following tests were conducted after a standard warm-up:
- 1) – marching on a treadmill at the speed of 5 kph for women and 6 kph for men in the 12th week of physiotherapy. When the patient had walked 4 km, the inclination of the treadmill was increased to 10 degrees without interrupting the test. The additional distance was measured in kilometres (km). The test was stopped when the patient was unable to maintain the pace of the march or exceeded the submaximal heart rate (HR) for his/her age group, or reported fatigue or pain;
 - 2) – going up and down stairs, i.e. climbing a maximum of 116 stairs in the Rehabilitation Centre (step height was 15.5 cm and step depth was 30 cm). On reaching the top of the stairs, the patient had a one-minute rest break, and then descended the stairs at normal pace. The times of ascending and descending the stairs were measured separately in seconds (sec) and the number of the stairs climbed was counted. The test was stopped when the patient reported fatigue or pain. The test was conducted at the turn of the 13th week after ligament reconstruction. This test (climbing the 5th floor) was performed only when there were no cardiac contraindications;
 - 3) – bilateral knee bends were performed in the 21st week after ACL reconstruction. The patient had to perform at least three full knee bends with loading distributed evenly on both extremities and feet remaining flat on the ground. The number of full knee bends was counted. The test was stopped when the patient reported fatigue or pain;

czyn, a stopy badanej osoby musiały przylegać do podłoża całą powierzchnią. Mierzono liczbę pełnych przysiadów. Test przerywano, kiedy badany zgłaszał zmęczenie lub ból;

4) – bieg na bieżni ruchomej wykonano w 20 tygodniu po rekonstrukcji ze stałą prędkością przesuwu taśmy 12 km/h dla kobiet i 16 km/h dla mężczyzn. Test przerywano, kiedy pacjent nie mógł utrzymać zadanej prędkości biegu, przekraczał poziom submaksymalnej wartości częstości skurczów serca (HR) dla danej grupy wiekowej, zgłaszał zmęczenie lub ból. Pokonany na bieżni ruchomej dystans mierzono w metrach (m).

5) – skoki obunóż wykonywano w 21 tygodniu po rekonstrukcji WKP. Pacjent wykonywał minimum sześć wyskoków pionowych obunóż. Każdy wyskok musiał być wykonywany równomiernie obunóż i bez przerw pomiędzy skokami. Liczono liczbę wykonanych skoków. Test przerywano, kiedy badany zgłaszał zmęczenie, ból lub tracił tempo wykonywanych podskoków.

Analiza statystyczna obejmowała: ocenę rozkładu, średnie (\bar{x}), odchylenia standardowe (SD), test t-Studenta dla grup zależnych dla oceny poziomu istotności różnic badanych cech wewnątrz badanych grup oraz dla grup niezależnych porównując wyniki pomiędzy badanymi grupami. Zastosowano pakiet Statistica 6 firmy Microsoft. Za istotne przyjęto wyniki na poziomie istotności $p < 0,05$.

WYNIKI

W grupie 115 pacjentów podczas badania lekarskiego stwierdzono u sześciu osób (5,2%), w tym u czterech kobiet powikłania, co dało wynik klinicznie negatywny (Tabela 2).

Grupa I – pacjentek w dwunastym tygodniu po rekonstrukcji osiągnęła istotną statystycznie poprawę zakresu zginania, a także uzyskała wyprost operowanych kolan w porównaniu do wyniku z drugiego tygodnia po rekonstrukcji ($p < 0,001$). Wartości zakresu ruchu zginania i prostowania operowanych kolan uzyskane w dwunastym tygodniu fizjoterapii by-

4) – running on a treadmill was performed in the 20th week after the surgery at a constant speed of 12 kph for women and 16 kph for men. The test was stopped when the patient could not maintain the set pace of the run, exceeded the submaximal heart rate (HR) for his or her age group, or reported fatigue or pain. The distance covered was measured in metres (m).

5) – jumps with both feet were made in the 21st week after ACL reconstruction. The patient did at least six vertical jumps with both feet. Each jump had to be made evenly on both feet and without breaks between the jumps. The jumps were counted. The test was stopped when the patient reported fatigue, pain, or could not maintain the pace of jumping.

The statistical analysis comprised an assessment of distribution of the results, means (\bar{x}), standard deviations (SD), Student's t-test for dependent groups for evaluation of the significance level of within-group differences between the characteristics, and for independent groups to compare between-group differences. Microsoft Statistica 6 software was used. The results were significant at $p < 0.05$.

RESULTS

In the group of 115 patients, complications were observed in six patients during the medical assessment, including four women (5.2%), resulting in a negative clinical outcome (Table 2).

Group I (female patients) achieved a significant improvement in the flexion range in the twelfth week after reconstruction, and attained extension of the operated knees in comparison with the result of the second week after reconstruction ($p < 0.001$). The ranges of flexion and extension of the operated knees in the twelfth week of physiotherapy were similar to

Tab. 2. Liczba wczesnych powikłań po rekonstrukcji WKP w badanych grupach

Tab. 2. Early complication rates after ACL reconstruction in the study groups

Powikłania w badanych grupach (n=115) Complications in the study groups (n=115)	Powikłanie po operacji Post-operative complication		Powikłania w I etapie fizjoterapii Complications in the 1st stage of physiotherapy		Łączna liczba powikłań Complications in total	
	n	%	n	%	N	%
Grupa I- pacjentki (n=51) Group I – females (n=51)	2	1.74	2	1.74	4	3.48
Grupa II- pacjenci (n=64) Group II - males (n=64)	0	0.00	2	1.74	2	1.74
Razem powikłania (I i II) Complications in total (I and II)	2	1.74	4	3.48	6	5.20

ły zbliżone do wyników kolan nieoperowanych (Tabela 3). Po rekonstrukcji WKP w grupie pacjentek odnotowano istotny wzrost obwodu operowanych kolan w odniesieniu do wyników kolan nieoperowanych ($p < 0,001$). W dwunastym tygodniu fizjoterapii istotnie zmniejszył się obwód operowanych kolan ($p < 0,001$), a uzyskane w tym czasie wyniki nie różniły się od wyników kolan nieoperowanych (tabela 3). Podobny kierunek zmian odnotowano w grupie II – pacjentów, którzy w drugim tygodniu po rekonstrukcji mieli istotne ograniczenie wyprostowania i zginania operowanych kolan w odniesieniu do wyników kolan bez obrażeń na poziomie $p < 0,001$. W 12 tygodniu po rekonstrukcji odnotowano istotną poprawę zakresów ruchu operowanych kolan, które były zbliżone do wyników kolan nieoperowanych (Tabela 3). W dwunastym tygodniu fizjoterapii u mężczyzn istotnie zmniejszyły się obwody operowanych kolan w odniesieniu do wyników z drugiego tygodnia po rekonstrukcji ($p < 0,01$), a uzyskane wyniki nie różniły się istotnie od wyników kolan bez obrażeń (Tabela 3).

Tabela 4 przedstawia wyniki grupy pacjentek, które wykonały marsz na dystansie 4 kilometrów z prędkością 5 km/h i grupy drugiej pacjentów, którzy szli z prędkością 6 km/h na bieżni ruchomej. Po przejściu dystansu 4 km w obu badanych grupach kontynuowano marsz z podniesionym kątem nachylenia bieżni do 10 stopni, co dało dodatkowy dystans w grupie kobiet $x = 1,13 \pm 0,66$ km, a w grupie mężczyzn $x = 2,04 \pm 1,35$ km. Grupa mężczyzn pokonała większy dystans marszu średnio o 0,92 km w porównaniu do wyniku grupy kobiet.

those of the non-operated knees (Table 3). After ACL reconstruction, the female patients demonstrated a significant increase in the operated knee circumferences compared with the non-operated knees ($p < 0.001$). In the twelfth week of physiotherapy, the circumference of the operated knees decreased significantly ($p < 0.001$), and the results achieved at that time did not differ from those for the non-operated knees (Table 3). A similar direction of changes was observed in Group II (male patients), where extension and flexion in the operated knees was significantly limited in the second week after reconstruction compared with the non-operated knees ($p < 0.001$). In the 12th week after reconstruction, there was a significant improvement in the ranges of motion in the operated knees, which now approximated the results for the non-operated knees (Table 3). The circumferences of the operated knees decreased significantly in men in the twelfth week of physiotherapy in comparison with the results recorded in the second week after reconstruction, and the results reported in the 12th week did not differ significantly from these of the healthy knees (Table 3).

Table 4 presents the results achieved in the female patient group, who marched a distance of 4 km at the speed of 5 kph vs. those achieved in the second group of males, who marched at 6 kph on a treadmill. After 4 km, patients from both groups continued marching at an inclination angle of 10 degrees, covering an additional distance of $x = 1.13 \pm 0.66$ km in the female group and $x = 2.04 \pm 1.35$ km in the male group. The male group walked 0.92 km more, on average, in comparison with the result achieved by women.

Tab. 3. Zmiany wartości zakresu ruchu, obwodów operowanych i nieoperowanych kolan w badanych grupach pomiędzy 2 a 12 tygodniem po rekonstrukcji WKP

Tab. 3. Changes in ranges of motion and circumferences of the operated and non-operated knees in the study groups between the 2th and 12th week after ACL reconstruction

N=104	Badany parametr Parameter	Kolano operowane 2 tydzień po rekonstrukcji WKP Operated knee at 2 weeks after ACL reconstruction		Kolano operowane 12 tydzień po rekonstrukcji WKP Operated knee at 12 weeks after ACL reconstruction		Poziom istotności (p) Significance level (p)	Kolano nieoperowane Non-operated knee		Poziom istotności (p) Significance level (p)
		X	SD	X	SD	P	X	SD	P
Grupa I Pacjentki (n = 45) Group I Females (n = 45)	Zginanie ⁽⁰⁾ Flexion ⁽⁰⁾	62.1	17.4	132.7	9.1	$p < 0.001$	136.4	4.5	ns
	Wyprost ⁽⁰⁾ Extension ⁽⁰⁾	13.3	8.2	0.0	0.0	$p < 0.001$	0.0	0.15	ns
	obwód stawu (cm) joint circumference (cm)	38.0	2.8	36.1	2.6	$p < 0.01$	35.7	2.6	ns
Grupa II Pacjenci (n= 59) Group II Males (n=59)	Zginanie ⁽⁰⁾ Flexion ⁽⁰⁾	55.9	13.8	127.4	6.4	$p < 0.001$	129.9	5.3	ns
	Wyprost ⁽⁰⁾ Extension ⁽⁰⁾	14.4	7.1	0.0	0.2	$p < 0.001$	0.0	0.0	ns
	obwód stawu (cm) joint circumference (cm)	39.8	2.7	37.6	2.1	$p < 0.01$	37.4	2.1	ns

W obu grupach badani pokonali 116 stopni schodów. Średnia wartość czasu mierzonego w sekundach (s) uzyskana podczas wejścia po schodach w obu badanych grupach była wyższa od wartości czasu zejścia po schodach, to jednak nie było to istotne statystycznie (Tabela 5). Stu pacjentów zgłaszało zmęczenie pod koniec wykonania testu. W 4 przypadkach pod koniec testu pojawił się ból. Badani w czasie od 3 do 5 minut przerwy wypoczynkowej zgłosili ustąpienie objawów bólowych. Czas wejścia i zejścia po schodach były w grupie mężczyzn istotnie krótsze od grupy kobiet ($p < 0,01$).

Wyniki podane w Tabelach 3-5 wskazują, że stu czterech pacjentów (w tym 45 pacjentek) pomiędzy 12 a 13 tygodniem po rekonstrukcji WKP osiągnęło poziom standardowego wyznacznika sprawności fizycznej (SWOF).

Należy zaznaczyć, że po uzyskaniu poziomu wyznacznika standardowego tylko 81 (w tym 33 pacjentki) badanych zrealizowało kolejny trzeci i początek czwartego etapu fizjoterapii (okres do 21 tygodnia po rekonstrukcji WKP).

W grupie pacjentek ($n=33$) wartości maksymalnych momentów sił mięśni prostowników operowanych kolan istotnie statystycznie wzrosły z poziomu $x=92,06 \pm 43,3$ Nm w 13 tygodniu fizjoterapii do $x=189 \pm 65,9$ Nm w 21 tygodniu po rekonstrukcji, istotność na poziomie $p < 0,001$. W 21 tygodniu fizjoterapii średnia wartość maksymalnych momentów sił mięśni prostowników operowanych kolan była zbliżona do wyników kolan bez obrażeń i nie odnotowa-

Patients from both groups climbed 116 stairs. The mean time in seconds (sec) of ascending the stairs was higher than the time of descending the stairs in both groups, but this difference was non-significant (Table 5). 100 patients reported fatigue at the end of the test. Pain was reported by four patients at the end of the test. This pain resolved after 3 to 5 minutes of rest. The times of ascending and descending the stairs were significantly shorter in the male group than in the female group ($p < 0.01$).

The results presented in Tables 3 to 5 show that 104 patients (including 45 female patients) achieved the standard benchmark of fitness (SBF) between the 12th and 13th week after ACL reconstruction.

It should be emphasized that having achieved the standard benchmark, only 81 patients (including 33 female patients) went on to complete the third and the beginning of the fourth stage of physiotherapy (the period until the 21st week after ACL reconstruction).

In the female group ($n=33$), the maximum flexor torques in the operated knees increased significantly from $x=92.06 \pm 43.3$ Nm in the 13th week of physiotherapy to $x=189 \pm 65.9$ Nm in the 21st week after reconstruction ($p < 0.001$). In the 21st week of physiotherapy, the mean value of maximal flexor torques in the operated knees was similar to the results for the healthy knees and no significant differences were observed (Table 6). Flexor torques of the operated knees in female patients were higher in the 21st week of physiotherapy ($x=84.5 \pm 22.9$) in comparison with

Tab. 4. Pokonany dystans marszu na bieżni ruchomej (km) w 12 tygodniu fizjoterapii w badanych grupach

Tab. 4. Distance covered during marching on a treadmill (km) in the 12th week of physiotherapy in the study groups

Marsz na bieżni ruchomej w 12 tygodniu po rekonstrukcji n=104 Marching on a treadmill in the 12th week after reconstruction n=104	Prędkość 5 km/h dla grupy I i 6 km/h dla grupy II Speed: 5kph in Group I and 6kph in Group II		Marsz z kątem nachylenia bieżni 10 stopni Marching on a treadmill at an inclination angle of 10 degrees	
	Pokonany dystans (km) Distance covered (km)		Dystans po przejściu 4 km (km) Distance over 4 km (km)	
	X	SD	X	SD
Grupa I – pacjentki (n=45) Group I – females (n=45)	4.0	0	1.13	0.66
Grupa II – pacjenci (n=59) Group II – males (n=59)	4.0	0	2.04	1.35

Tab. 5. Czas (s) uzyskany w teście wejścia i zejścia po 116 stopniach schodów na przełomie 12/13 tygodnia fizjoterapii w badanych grupach

Tab. 5. Time (sec) needed to walk up and down 116 stairs at the turn of the 13th week of physiotherapy in the study groups

Wejście i zejście po schodach 12/13 tydzień po rekonstrukcji WKP Walking up and down stairs 12/13 week after ACL reconstruction n=104	Czas wejścia (s) Ascending time (sec.)		Czas zejście (s) Descending time (sec.)	
	X	SD	X	SD
	Grupa I – pacjentki (n=45) Group I – females (n=45)	51.8	10.9	49.8
Grupa II – pacjenci (n=59) Group II – males (n=59)	44.5 $p < 0.01$	9.1	42.0 $p < 0.01$	9.4

Tab. 6. Porównanie wartości momentów sił (Nm) mięśni prostowników i zginaczy operowanych vs. nieoperowanych kolan mierzonych w 13 i w 21 tygodniu fizjoterapii dla obu badanych grup

Tab. 6. Comparison of extensor and flexor torques (Nm) in the operated vs. non-operated knees measured in the 13th and 21st week of physiotherapy in both study groups

N=81	Maksymalne momenty sił (Nm) mięśni Maximum muscle torques (Nm)							
	Grupa II – pacjenci (n=48) Group II – males (n=48)				Grupa I – pacjentki (n=33) Group I – females (n=33)			
	Prostowniki kolan Knee extensors		Zginacze kolan Knee flexors		Prostowniki kolan Knee extensors		Zginacze kolan Knee flexors	
	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
Kolano operowane 13 tydzień fizjoterapii Operated knee at 13th week of physiotherapy	141.5 p<0.001	48.7	88.9 p<0.001	23.0	92.06 p<0.001	43.3	62.8 p<0.001	21.0
Kolano operowane 21 tydzień fizjoterapii Operated knee at 21st week of physiotherapy	276.6	58.4	124.3	26.9	189.0	65.9	84.5	22.9
Kolano nieoperowane Non-operated knee	273.7	58.6	118.5	29.8	201.1	61.1	85.03	24.4

no istotnych statystycznie różnic (Tabela 6). Wartości momentów sił mięśni zginaczy operowanych kolan u pacjentek w 21 tygodniu fizjoterapii były wyższe i wyniosły $x=84,5\pm 22,9$ w porównaniu z wynikiem uzyskanym w 13 tygodniu fizjoterapii, gdzie średnia wyniosła $x=62,8\pm 21,0$ Nm, ($p<0,001$). W 21 tygodniu fizjoterapii wartości średnie momentów sił Nm mięśni zginaczy operowanych kolan były zbliżone do wyników osiągniętych dla mięśni zginaczy kolan nieoperowanych u pacjentek. Podobny kierunek zmian odnotowano w grupie drugiej – pacjentów ($n=48$), którzy jednak mieli wyższe wartości badanej cechy w odniesieniu do grupy pacjentek. Grupa pacjentów w 13 tygodniu fizjoterapii osiągnęła w pomiarze maksymalnych momentów sił mięśni prostowników wartość średnią $x=141,5\pm 48,7$ Nm, która była istotnie niższa ($p<0,001$) w porównaniu do wyników uzyskanych w 21 tygodniu fizjoterapii $x=276,6\pm 58,4$ Nm. Podobne różnice wystąpiły w porównaniu wyników badanych momentów sił operowanych kolan w 13 tygodniu do wyników uzyskanych w kończynach bez obrażeń, dla których wartości średnie wynosiły $x=273,7\pm 58,6$ Nm, co było istotne statystycznie na poziomie $p<0,001$. Średnie wartości momentów sił mięśni prostowników operowanych kolan w 21 tygodniu fizjoterapii w grupie II – mężczyzn były zbliżone do wyników kolan bez obrażeń i nie odnotowano różnic statystycznie istotnych. Średnie wartości momentów sił mięśni zginaczy operowanych kolan mierzonych w 13 tygodniu fizjoterapii u pacjentów wynosiły $x=88,9\pm 23,0$ Nm i były istotnie mniejsze ($p<0,001$) w porównaniu z wynikami uzyskanymi w kończynach nieoperowanych $x=118,5\pm 29,8$ Nm i w odniesieniu do uzyskanych własnych wyników w 21 tygodniu po rekonstrukcji, gdzie war-

the result achieved in the 13th week of physiotherapy, where the mean value was $x=62,8\pm 21,0$ Nm ($p<0,001$). In the 21st week of physiotherapy, the mean values of Nm flexor torques in the operated knees approximated the results for flexors in the non-operated knees in the female patients. A similar trend was noted in the second group (male patients) ($n=48$), who had higher values of this parameter than female patients. In the 13th week, mean maximum extensor torques in the male group were $x=141,5\pm 48,7$ Nm, a value significantly lower ($p<0,001$) than that achieved in the 21st week of physiotherapy, i.e. $x=276,6\pm 58,4$ Nm. Similar differences were noted when torques in the operated knees in the 13th week were compared with those of the healthy extremities, the mean values of the latter amounting to $x=273,7\pm 58,6$ Nm, which was significant at $p<0,001$. In the 21st week of physiotherapy, the mean flexor torques in the operated knees in the “male” Group II approximated those in the healthy knees and no significant differences were found. In the 13th week of physiotherapy, the mean flexor torques in the operated knees were $x=88,9\pm 23,0$ Nm and were significantly lower ($p<0,001$) in comparison with the results for the non-operated knees, i.e. $x=118,5\pm 29,8$ Nm, as well as when compared with the results measured in the 21st week after reconstruction, when the mean value was $x=124,3\pm 26,9$. In the sixth month of physiotherapy, the flexor torque Nm values in the operated knee joints did not differ significantly from those obtained in the flexors of the non-operated knees (Table 6).

During a treadmill run at the speed of 12 kph in the 20th week after ACL reconstruction surgery, the female group covered 600 m, and the male one 625.6 m at a higher speed of 16 kph (see Table 7).

tość średnia wyniosła $x=124,3\pm 26,9$. W szóstym miesiącu fizjoterapii u pacjentów wartości momentów sił Nm mięśni zginaczy operowanych stawów kolanowych nie różniły się istotnie statystycznie od wyników uzyskanych dla mięśni zginaczy nieoperowanych kolan (Tabela 6).

Podczas biegu na bieżni ruchomej w 20 tygodniu po rekonstrukcji WKP z prędkością 12 km/h, grupa pacjentek pokonała dystans 600 metrów, a grupa druga – pacjentów pokonała dystans 625,6 metrów z wyższą prędkością biegu 16 km/h, co ilustruje Tabela 7.

Przeprowadzony test przysiadów obunóż wykazał (Tabela 8), że grupa pacjentek wykonała średnio $6 \pm 2,0$ przysiadów obunóż. Grupa druga – pacjentów wykonała istotnie statystycznie więcej przysiadów, co dało średnią $x=9\pm 2,0$. Badani przerywali test zgłaszając zmęczenie mięśni w okolicy operowanego kolana.

Wyniki przeprowadzonego testu skoków obunóż wykazały w Tabeli 9, że grupa pacjentek w 21 tygodniu fizjoterapii wykonała średnio $7 \pm 2,0$ skoków. Grupa pacjentów wykonała większą liczbę skoków obunóż ($x=11\pm 3$) w porównaniu do grupy pacjentek, co było istotne statystycznie ($p<0,001$).

In the bilateral knee bend test (Table 8), the female group performed an average of 6 ± 2.0 bilateral knee bends. The second, male group made significantly more knee bends (a mean of $x=9\pm 2.0$). Patients stopped the test reporting muscle fatigue in the region of the operated knee.

The results of the test of jumping with both feet are given in Table 9. The female group performed an average of 7 ± 2.0 jumps in the 21st week of physiotherapy. The male group performed more jumps with both feet ($x=11\pm 3$) compared with the other group, the difference being statistically significant ($p<0.001$).

The results presented in Tables 6 to 9 show that 81 patients (70%) out of the initial cohort of 115 persons achieved the optimal benchmark (OFB) between the 13th and 21st week of physiotherapy after ACL reconstruction surgery.

Tab. 7. Dystans pokonany podczas biegu na bieżni ruchomej w badanych grupach po rekonstrukcji WKP

Tab. 7. Distance covered by running on a treadmill in the study groups after ACL reconstruction

(n=81)	Grupa I – pacjentki (n=33) Group I – females (n=33)		Grupa II – pacjenci (n=48) Group II – males (n=48)	
Bieg na bieżni (km/h) Running on a treadmill (kph)	Prędkość 12 km/h Speed: 12 kph		Prędkość 16 km/h Speed: 16 kph	
Średn.(x), odch. stan (SD) Mean (x), standard deviation (SD)	X	SD	X	SD
Pokonany dystans (m) Distance covered (km)	600	256.6	625.6	400.6

Tab. 8. Liczba wykonanych przysiadów obunóż w badanych grupach w 21 tygodniu po rekonstrukcji WKP

Tab. 8. Number of knee bends with both legs in the study groups in the 21st week after ACL reconstruction

(n=81)	Grupa I – pacjentki (n=33) Group I – females (n=33)		Grupa II – pacjenci (n=48) Group II – males (n=48)		
Wykonany przysiad Type of knee bend	Przysiad obunóż Bilateral knee bend		Przysiad obunóż Bilateral knee bend		
Śred.(x), odch. stand (sd) Mean (x), standard deviation (sd)	X	SD	X	SD	
Liczba skoków Number of jumps	6	$p<0.00$	2.0	9	2.0

Tab. 9. Liczba wykonanych podskoków obunóż w badanych w grupach w 21 tygodniu po rekonstrukcji WKP

Tab. 9. Number of jumps with both feet in the study groups in the 21st week after ACL reconstruction

(n=81)	Grupa I – pacjentki (n=33) Group I – females (n=33)		Grupa II – pacjenci (n=48) Group II – males (n=48)		
Test podskoków Jump test	Podskoki obunóż Jumps on both feet		Podskoki obunóż Jumps on both feet		
Śred (x) odch. stand (sd) Mean (x), standard deviation (sd)	X	SD	X	SD	
Liczba skoków Number of jumps	7.0	$p<0.001$	2.0	11.0	3.0

Wyniki przedstawione w Tabelach 6-9 wskazują, że 81 badanych (70%) z początkowej liczby 115 osób, uzyskało w okresie od 13 do 21 tygodnia fizjoterapii po rekonstrukcji WKP poziom wyznacznika optymalnego (OWOF) sprawności fizycznej.

DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonego badania ortopedycznego stwierdzono, że wyznacznik kliniczny negatywny uzyskało 6 pacjentów, co stanowiło 5,2%. Kolejne 5 osób przerwało fizjoterapię bez powodów klinicznych podczas pierwszych kilku tygodni po rekonstrukcji WKP. Natomiast 104 pacjentów (w tym 45 pacjentek) uzyskało po badaniu ortopedycznym sprawność fizyczną na poziomie wyznacznika standardowego. Na tym etapie pacjenci uzyskali stabilne kolano. Zakresy ruchu i obwody operowanych kolan były zbliżone do kończyn nieoperowanych. Badani mogli swobodnie wykonywać chód na bieżni ruchomej. Frańczuk i wsp. wykazali, że pomiędzy 4 a 6 tygodniem po rekonstrukcji WKP w wyniku usprawniania można przywrócić wyprost, następnie w 12 tygodniu zakresy zginania i obwód operowanych kolan, które zostały zbliżone do wyników sprzed operacji [30]. Inni autorzy potwierdzili, że w podobnym przedziale czasu można przywrócić w miarę normalny chód na bieżni ruchomej, a także kinematykę chodu na twardym podłożu [27,28,31]. W badaniach własnych, pomiędzy 12 a 13 tygodniem fizjoterapii pacjentki i pacjenci mogli samodzielnie wejść i zejść po schodach, pokonując dystans pięciu kondygnacji bez pomocy kul i barierek przy schodach. Przedstawione dane były zgodne z wynikami przeprowadzonych wcześniej własnych badaniach pilotażowych [28]. Natomiast Hart i wsp. wykazali, że pacjenci po rekonstrukcji więcej niż jednego więzadła kolana wrócili do codziennej aktywności życiowej [32]. Jednak dwa lata po operacji u tych pacjentów wystąpił deficyt parametrów biomechanicznych chodu w odniesieniu do kolan bez obrażeń, a także u części pacjentów stwierdzono stany zwyrodnieniowe stawu kolannowego. Lindström i wsp. wykazali, że pacjenci z przewlekłym uszkodzeniem WKP leczeni zachowawczo mieli zaburzenia aktywizacji mięśni w obrazie elektromiograficznym podczas chodu [33]. Wymienieni autorzy nie odnotowali jednak (w większości badanych parametrów kinetycznych i kinematycznych) istotnych różnic pomiędzy obiema kończynami w odniesieniu do wyników grupy kontrolnej. Gokeler i wsp. poszukiwali relacji pomiędzy siłą mięśnia czworogłowego, przemieszczeniem piszczeli a parametrami chodu u pacjentów w sześć miesięcy po rekonstrukcji WKP [34]. Odnotowano w operowanych

DISCUSSION

The orthopaedic examination found 6 patients (5.2%) achieved a negative clinical benchmark. Five other persons discontinued the physiotherapy in the absence of a clinical reason during the first few weeks after ACL reconstruction. At the same time, 104 patients (including 45 female patients) demonstrated the standard benchmark level of fitness in an orthopaedic examination. At this stage, the patients obtained knee stability. The ranges of motion and circumferences of the operated knees were close to respective values for the non-operated knees. The patients were able to walk easily on a treadmill. Frańczuk et al. demonstrated that it is possible to restore extension between the 4th and 6th week after ACL reconstruction, and later, in the 12th week, restore the ranges of flexion and the circumference of the operated knees, which approximate the pre-operative values [30]. Other authors have confirmed that it is possible to attain quite normal gait on a treadmill as well as gait kinematics on a hard surface over a similar period [27,28,31]. In our studies, female and male patients regained the ability to walk up and down stairs without assistance between the 12th and 13th week of physiotherapy, covering the distance of five storeys without forearm crutches or leaning on the railing. These data are consistent with the results of our earlier pilot study [28]. At the same time, Hart et al. demonstrated that patients after reconstruction of more than one knee ligament were able to resume daily activity [32]. However, two years after the surgery, these patients had decreased biomechanical gait parameters compared with the healthy knees, with some demonstrating degenerative changes in the knee joint. Lindström et al. found that conservatively treated patients with chronic ACL damage had abnormal muscle activation on EMG during gait [33]. However, these authors did not note (for most of the kinetic and kinematic parameters they assessed) any significant differences between both extremities compared with the results in the control group. Gokeler et al. sought to determine a relationship between quadriceps muscle strength, tibial displacement, and gait parameters in patients at six months after ACL reconstruction, finding a deficit between maximum knee flexion and extension and a reduction in pressure forces in the stance phase during walking as compared with the results for the healthy knee [34].

kolanach deficyt pomiędzy maksymalnym zgięciem a wyprostem kolana oraz zmniejszenie sił nacisku w fazie podporu podczas chodu w odniesieniu do wyników kolana bez obrażeń.

Analizując wyniki badań własnych, stwierdzono, że poziom wyznacznika optymalnego osiągnęło 81 pacjentów (w tym 33 kobiety), co stanowiło 70% z początkowej liczby osób przystępujących do badań. Pacjentki i pacjenci mieli w badaniu klinicznym stabilne kolano i wrócili do poziomu rekreacyjnej aktywności fizycznej po zrealizowaniu od 13 do 21 tygodni fizjoterapii po rekonstrukcji WKP. Odnosząc się do uzyskanych wartości momentów sił badanych grup mięśniowych trzeba zaznaczyć, że w 13 tygodniu po rekonstrukcji w obu badanych grupach odnotowano istotnie niższe wartości momentów sił w operowanych kończynach. Także badania innych autorów wykazały, że w podobnym czasie po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego, pacjenci mieli zbliżone deficyty siły mięśni po stronie operowanej w warunkach statyki i izokinytyki [35-38]. Ciekawe obserwacje poczynili Eitzen i wsp. którzy oceniali wpływ siły mięśnia czworogłowego uda przed rekonstrukcją WKP na funkcję kolana dwa lata po przeprowadzonej operacji, stwierdzając duże zróżnicowanie indywidualne [25]. Sugeruje to na istotne znaczenie poprawnie przeprowadzonego procesu rehabilitacji [16,27,28]. Badania własne pokazują, że 81 pacjentów realizujących kolejne etapy rehabilitacji, osiągnęło w 21 tygodniu po rekonstrukcji zbliżone wartości maksymalnych momentów sił mięśni prostowników i zginaczy operowanych kolan do wyników kolan bez obrażeń. Ponadto pacjentki i pacjenci mogli także samodzielnie pokonać dystans biegu z różną prędkością na bieżni ruchomej. Obydwie badane grupy były zdolne także wykonać pełne przysiady obunóż, skoki obunóż przy zachowaniu stabilności kolana. Pacjenci podczas przeprowadzonych testów nie zgłaszali bólu, nie wystąpił też obrzęk kolan. Osiągnięty wynik kliniczny wraz z przywróceniem sprawności fizycznej na poziomie wyznacznika optymalnego, pozwolił siedemdziesięciu procentom pacjentów (ze 115 pacjentów po operacji rekonstrukcji WKP) na rozpoczęcie aktywności fizycznej na poziomie rekreacyjnym.

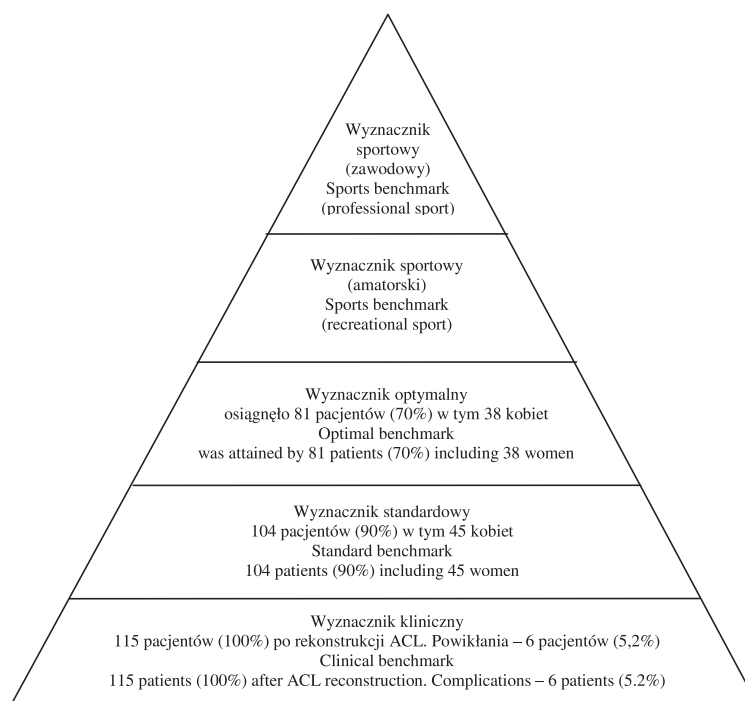
Graficzny obraz uzyskanych wyników badań przez pacjentów za pomocą WOF przedstawiono w postaci piramidy, co ilustruje Rycina 1.

W pracy nie przedstawiono indywidualnych pomiarów kinematyki, sił reakcji podłoża podczas skoków, biegu, biegu ze zmianami kierunku ruchu u badanych. Przywrócenie ilościowych i jakościowych wartości wyżej podanych parametrów biomechanicznych pomiędzy kończynami jest dość trudne i najczęściej

In our study, the optimal benchmark was achieved by 81 patients (including 33 women), or 70% of the initial number of participants. The females and males had stable knees on physical examination and resumed recreational physical activity after 13 to 21 weeks of post-ACL reconstruction physiotherapy. With regard to the torque values achieved by the study groups, it has to be emphasized that significantly lower torque values in the operated extremities were noted in the 13th week following the reconstruction. Other authors have also shown similar deficits in muscular strength on the operated side under static and isokinetic conditions in patients after a similar period of time following anterior cruciate ligament reconstruction [35-38]. Interesting observations were made by Eitzen et al., who evaluated the impact of quadriceps muscle strength before ACL reconstruction on knee function two years after surgery and found marked individual variation [25]. This suggests a significant role of proper rehabilitation [16,27,28]. Our study shows that in the 21st week after reconstruction, 81 patients who entered successive stages of rehabilitation had achieved maximal extensor and flexor torques in the operated knees that were similar to those in the healthy knees. Moreover, the female and male patients were also able to run on a treadmill at different speed. Both groups were able to perform full bilateral knee bends and jumps with both feet, without an adverse effect on knee stability. The patients did not report pain during the tests, nor was knee oedema observed. The clinical result along with functional restoration at the level of the optimal benchmark enabled 70% of the patients (out of the 115 patients after ACL reconstruction surgery) to undertake recreational physical activity.

The study results obtained with the use of FBs are presented graphically in the form of a pyramid in Figure 1.

We do not present individual measurements of kinematics, ground reaction forces during jumps, running, running with changes of direction in our patients. It is quite difficult to restore quantitative and qualitative values of these biomechanical parameters between the extremities and it most often requires specialised training as well as adequate time for the tissues to heal and the reconstructed ligaments to attain greater mechanical endurance [27,29,39,40, 41]. However, the special tests (FB assessment) proposed above should be conducted in the last stage of sports rehabilitation, so that patients can achieve the desired level, or the so-called sports benchmark. Obviously, the above claim concerns professional athletes who wish to resume their professional career. Therefore, the next stage of restoring physical ability should



Ryc. 1. Podsumowanie wyników badań własnych w odniesieniu do wyznaczników oceny funkcjonalnej (WOF) u pacjentów po rekonstrukcji WKP

Fig. 1. Summary of study results versus functional benchmarks (FBs) in patients after ACL reconstruction

wymaga specjalistycznego treningu, a także odpowiedniego czasu związanego z procesami gojenia się tkanek i nabywania większej wytrzymałości mechanicznej zrekonstruowanych więzadeł [27,29,39,40, 41]. Jednak zaproponowane powyżej specjalistyczne badania (ocena WOF) należy wykonywać w przypadku prowadzenia ostatniego etapu rehabilitacji sportowej, celem uzyskania przez pacjentów pożądanego poziomu tzw. wyznacznika sportowego. Oczywiście dotyczy to sportowców wyczynowych, którzy chcą powrócić do przerwanej kariery zawodniczej. Stąd kolejnym etapem przywracania sprawności sportowej, powinno być obiektywne monitorowanie powrotu badanego do treningu, a następnie stopniowego powrotu pełnej aktywności sportowej.

WNIOSKI

1. Wynik klinicznie negatywny odnotowano u 5,2% leczonych chirurgicznie pacjentów, z powodu wystąpienia wczesnych powikłań pooperacyjnych.
2. Standardowy wyznacznik oceny funkcjonalnej, pozwalający na powrót do codziennej aktywności życiowej, uzyskało 90% usprawnianych pacjentów.
3. Poziom optymalnego wyznacznika oceny funkcjonalnej osiągnęło 70% pacjentów. Między 20 a 21 tygodniem niepowikłanego procesu etapowej

consist in objective monitoring of the patient's return to training, and then a gradual restoration of full sporting activity.

CONCLUSIONS

1. A negative clinical outcome was noted in 5.2% of the ACL reconstruction patients and was due to early postoperative complications.
2. The standard functional benchmark, which allows a patient to return to daily activity, was attained by 90% of the patients undergoing rehabilitation.
3. The optimal functional benchmark level was attained by 70% of the patients. Patients returned to recreational physical activity between the 20th and 21st week of uncomplicated staged rehabilitation.

- rehabilitacji następował powrót do uprawiania rekreacyjnych form aktywności fizycznej.
4. Wyznaczniki oceny funkcjonalnej narządu ruchu uzupełniają w istotnym stopniu badanie kliniczne i mogą być wykorzystane do oceny efektów rehabilitacji u pacjentów po rekonstrukcji WKP, zwłaszcza mających zamiar podjąć przerwana skutek urazu działalność sportowo-rekreacyjną.
 4. Functional benchmarks of the locomotor system are a significant adjunct to the physical examination and can be used for the evaluation of patients undergoing rehabilitation after ACL reconstruction, especially those planning to resume sports and recreational activity after the injury.

PIŚMIENICTWO / REFERENCES

1. Widuchowski W, Łukasik P, Faltus R, Kwiatkowski G, Zakrzewski T, Widuchowski J. Diagnostyka i leczenie uszkodzeń więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego. *Chirurgia Kolana, Artroskopia, Traumatologia Sportowa* 2007; (4) 2: 27-39.
2. Prodromos ChC, Brown Ch H, Fu FH, Georgoulis A, Gobi A, Howell S M, Johnson D, Paulos L, Shelbourne K D. *The Anterior Cruciate Ligament: Reconstruction and Basic Science*. Saunders, an Imprint of Elsevier 2008.
3. Segawa H, Omori G, Koga Y. Long-term results of non-operative treatment of anterior cruciate ligament injury. *The Knee* 2001; 8:5-11.
4. Moksnes H, Risberg MA. Performance-based functional evaluation of non-operative and operative treatment after anterior cruciate ligament injury. *Scand J Sci Sports* 2009; 19: 345-355.
5. Fibriger W, Kukielka R, Jasiak-Tyrkalska B, Frańczuk B. Postępowanie rehabilitacyjne po uszkodzeniu więzadła krzyżowego przedniego. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2004; (6)4: 461-466.
6. Brozman SB, Wilk K E; red. wyd. I pol. Dziak A. *Rehabilitacja Ortopedyczna*. Elsevier Urban & Partner, Wrocław, 2008, 399-445.
7. Misfer AR, Tayara S. Zasady zachowawczego leczenia uszkodzeń więzadła krzyżowego przedniego kolana. *Rehabilitacja Medyczna* 2000; 4 (2): 97-99.
8. Conner CS, Perez BA, Morris RP, Buckner JW, Buford WL, Ivey FM. Three femoral fixation devices for anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of fixation on the lateral cortex versus the anterior cortex. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopy & Related Surgery* 2010; 26 (6): 796-807.
9. Wójcicki P, Kaczmarczyk J, Balcerkiewicz K. Rekonstrukcja więzadła krzyżowego przedniego z użyciem przeszczepów ST i kotwiczeniem Rigidfix i Interafix. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.* 2005; 70 (1): 9-12.
10. Aglietti P, Giron F, Losco M, Cuomo P, Ciardullo A, Mondanelli N. Comparison between single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, single-blinded clinical trial. *The American Journal Of Sports Medicine* 2010; 38 (1): 25-34.
11. Legnani C, Ventura A, Terzaghi C, Borgo E, Albisetti W. Anterior cruciate ligament reconstruction with synthetic grafts. A review of literature. *International Orthopaedics* 2010; 34 (4): 465-471.
12. Brewster CE, Seto JL. Summary of the rehabilitation program following anterior cruciate ligament reconstruction, from the Kerlan-Jobe. *Orthopaedic Clinic, Department of Physical Therapy* 2000.
13. De Carlo MS, Shelbourne KD, Mc Carroll JR, Retting AC. Traditional versus accelerated rehabilitation following ACL reconstruction: A one year follow up. *J Orthop Sports Physical Therapy* 1992; 15: 309-316.
14. Howell SM, Hull ML. Aggressive rehabilitation using hamstring tendons. *Am. J. Knee Surg* 1998; 11: 120-127.
15. Siwek W, Kwiatkowski K. Usprawnianie po ostrym uszkodzeniu więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego. *Postępy Rehabilitacji* 1994; 8(4): 23-27.
16. Czamara A. *Ocena postępowania fizjoterapeutycznego po rekonstrukcji endoskopowej więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego*. Praca doktorska. AWF Warszawa 2006.
17. Wright RW, Preston E, Fleming BC, Amendola A, Andrich JT, Bergfeld JA, Dunn WR, Kaeding C, Kuhn JE, Marx RG, McCarty EC, Parker RC, Spindler KP, Wolcott M, Wolf BR, Williams GN. A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation. Part I. *Journal Of Knee Surgery* 2008; 21: 217-224.
18. Wright RW, Preston E, Fleming BC, Amendola A, Andrich JT, Bergfeld JA, Dunn WR, Kaeding C, Kuhn JE, Marx RG, McCarty EC, Parker RC, Spindler KP, Wolcott M, Wolf BR, Williams GN. A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation. Part II. *Journal of Knee Surgery* 2008; 21: 225-234.
19. Thomee P, Wahrborg P, Borjesson M, Thomee R, Eriksson BI, Karlsson J. A randomized, controlled study of a rehabilitation model to improve knee-function self-efficacy with ACL injury. *Journal of Sport Rehabilitation* 2010; 19 (2): 200-213.
20. Heijne A, Axelsson K, Worner S, Biguet G. Rehabilitation and recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: patients' experiences. *Scand J Med Sci Sports* 2007.
21. Paradowski PT, Roos EM. Skale oceny stawu kolanowego. Podstawowe pojęcia. Przegląd metod badawczych. Adaptacja językowa i kulturowa. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2004; (6)4: 393- 405.
22. Papandreou MG, Billis EV, Antonogiannakis EM, Papaioannou NA. Effect of cross exercise on quadriceps acceleration reaction time and subjective scores (Lysholm questionnaire) following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2009; 4: 1-9.
23. Risberg MA, Moksnes H, Storevold A, Holm I, Synder- Mackler L. Rehabilitation after anterior cruciate ligament injury influences joint loading during walking but not hopping. *Br J Sports Med* 2009; 43: 423-428.

24. Heijne A, Ang BO, Werner S. Predictive factors for 12-month outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand J Med. Sci Sports* 2009; 19: 842-849.
25. Eitzen I, Holm I, Risberg MA. Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med* 2009; 43: 371-376.
26. Wrzosek Z, Pełkowska B, Szczepański R. Funkcja stawu kolanowego w przewlekłym uszkodzeniu więzadła krzyżowego przedniego pacjentów leczonych zachowawczo. *Fizjoterapia* 1997; 5 (1): 19-27.
27. Czamara A. Evaluation of physiotherapeutic procedures after ACL reconstruction in males. *Archives of Budo* 2010; 6 (2): 1-9.
28. Czamara A. Analiza wyników dwóch pierwszych etapów programu fizjoterapii pacjentów po rekonstrukcji więzadeł krzyżowych przednich stawów kolanowych; *Med. Sportiva* 6; (Suppl.2: S39-S50), 2002.
29. Czamara A. Wyznaczniki oceny funkcjonalnej narządu ruchu u pacjentów po rekonstrukcji ACL. Raport z Badań Naukowych WSF, nr 1/2009, Wrocław.
30. Frańczuk B, Fibriger W, Kukielka R, Jasiak- Tyrkalska B, Trąba R. Wczesna rehabilitacja po artroskopowej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2004; (6)4: 416-422.
31. Minning SJ, Myer GD, Mangine RE, Seifert-Mangine M, Colosimo AJ. Serial assessments to determine normalization of gait following anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand J Med. Sci Sports* 2009; 19: 569 – 575.
32. Hart JM, Blanchard BF, Hart JA, Montgomery SC, Schoderbek R, Miller MD. Multiple ligament knee reconstruction clinical follow-up and gait analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009, 17(3): 277-85.
33. Lindström M, Felländer-Tsai L, Wredmark T, Henriksson M. Adaptations of gait and muscle activation in chronic ACL deficiency. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18: 106-114.
34. Gokeler A, Schmalz T, Knopf E, Freiwald J, Blumentritt S. The relationship between isokinetic quadriceps strength and laxity on gait analysis parameters in anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003; 11: 372-378.
35. Mouraux D, Dugailly PM, Brassinne E, Vancabeke M. Randomized comparison of isokinetic dynamometry and electromyographic activity (sEMG) after anterior cruciate ligament reconstruction between semitendinosus and gracilis or patellar tendon autograft. *Isokinetics and Exercise Science* 2005; 13: 18-19.
36. Czamara A. Zmiany wartości momentów sił mięśni w programie fizjoterapii po rekonstrukcji więzadeł krzyżowych przednich stawów kolanowych. *Fizjoterapia Polska* 2002; (2) 4: 263-272.
37. Urabe Y, Ochi M, Onari K. Changes in Isokinetic Muscle Strength of the Lower Extremity in Recreational Athletes with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Sport Rehabil* 2002; 11: 252 – 267.
38. Stefańska M, Rafalska M, Skrzek A. Ocena funkcjonalna mięśni działających na staw kolanowy u pacjentów w 13 tygodniu po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego - doniesienie wstępne. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2009; (11)2: 145-155.
39. Kurz MJ, Stergiou N, Georgoulis AD. The effect of anterior cruciate ligament reconstruction on lower extremity relative phase dynamics during walking and running. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005; 13: 107-115.
40. Waite JC, Beard DJ, Dodd CAF, Murray DW, Gill HS. In vivo kinematics of the ACL-deficient limb during running and cutting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005; 13: 337-384.
41. Czamara A, Tomaszewski W, Bober T, Lubarski B. The effect of physiotherapy on knee joint extensor and flexor muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction, using hamstring tendon. *Med Sci Monit* 2011; 17(1):CR35-41.

Liczba słów/Word count: 9052

Tabele/Tables: 9

Ryciny/Figures: 1

Piśmiennictwo/References: 41

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Andrzej Czamara

Wyższa Szkoła Fizjoterapii z siedzibą we Wrocławiu

50-038 Wrocław, ul. Tadeusza Kościuszki 4, Tel.: 606-24-6746, e-mail: a.czamara@wsf.wroc.pl

Otrzymano / Received

22.04.2010 r.

Zaakceptowano / Accepted

16.09.2010 r.