

Paweł PROCHWICZ<sup>1</sup>  
Arkadiusz BERWECKI<sup>1</sup>  
Joanna GOLEC<sup>2</sup>  
Krzysztof KLIMEK<sup>3</sup>  
Lukasz HAPEK<sup>4</sup>  
Edward GOLEC<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zakład Kinezyterapii, Katedra Fizjoterapii, Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha, Al. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków.  
Kierownik Zakładu:  
dr hab. prof. nadzw. Marek Pieniążek.

<sup>2</sup>Zakład Rehabilitacji w Ortopedii, Katedra Rehabilitacji Klinicznej, Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha, Al. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków.  
Kierownik Zakładu:  
dr hab. n. med. prof. nadzw. Edward Golec.

<sup>3</sup>Zakład Medycyny Fizycznej i Odnowy Biologicznej, Katedra Fizjoterapii, Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha, Al. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków.  
Kierownik Zakładu:  
dr n. med. Jacek Głodzik

<sup>4</sup>Klinika Chirurgii Urazowej i Ortopedii, 5. Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką SPZOZ, ul. Wrocławska 1-3, 30-901 Kraków.  
Kierownik Kliniki:  
dr hab. n. med. prof. nadzw. Edward Golec

**Słowa kluczowe:**

więzadło krzyżowe przednie, priopriociepca  
**Key words:**  
anterior cruciate ligament, prioprioeption

**Adres do korespondencji:**

Edward Golec,  
Zakład Rehabilitacji w Ortopedii,  
Katedra Rehabilitacji Klinicznej, Wydział  
Rehabilitacji Ruchowej, Akademia Wychowania  
Fizycznego im. Bronisława Czecha,  
Al. Jana Pawła II 78,  
31-571 Kraków,  
e-mail: bgolec@poczta.onet.pl

## Ocena wyników odległych rehabilitacji chorych po rekonstrukcji operacyjnej więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego w oparciu o wybrane wskaźniki priopriociepne

Distant outcomes evaluation of rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction basing on the proprioceptive indicating instruments of choice

Celem pracy była ocena odległa wyników rehabilitacji chorych po rekonstrukcji operacyjnej więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego (ACL) w oparciu o wybrane wskaźniki priopriociepne. Analizę przeprowadzono na grupie 37 badanych. Grupę Badaną (GB) stanowiło 16 chorych po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego. Grupa Kontrolna (GK) składała się z 19 zdrowych osób. Jako narzędzie badawcze posłużyła platforma balansowa "Alfa" o stabilnym podłożu, na której badani wykonali trzy testy: dynamiczny, Romberga oraz dystrybucji obciążeń. Dodatkowo w pracy wykorzystano własnego autorstwa ankietę. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że leczenie operacyjne uszkodzeń urazowych ACL wsparte programem rehabilitacji ruchowej przywraca mechanizmy priopriociepne operowanego stawu kolanowego, a także prowadzi do korzystnych zmian w dystrybucji obciążeń obu kończyn dolnych mających wpływ na jego stabilność czynnościową.

### Wstęp

Obok wielu korzyści jakie niesie ze sobą realizowanie wybranych form aktywności fizycznej, związana jest ona także z ryzykiem odnośnienia różnego rodzaju i stopnia uszkodzeń urazowych narządu ruchu, mogących skutkować utratą zdrowia lub trwałym kalectwem. Jednym z najbardziej narażonych na uszkodzenia urazowe stawów naszego organizmu jest z pewnością staw kolanowy, a w jego obrębie więzadło krzyżowe przednie (ACL). Jego zerwania stanowią około 50% wszystkich uszkodzeń tego stawu [1], a prawie 70% z nich ma miejsce w czasie realizacji różnych form aktywności sportowej [2]. Większość chorych z uszkodzeniami urazowymi więzadła krzyżowego przedniego kwalifikowanych jest do leczenia operacyjnego. Z pewnością sprzyja mu dynamiczny rozwój nowych technik operacyjnych i wykorzystywanych w czasie jego rekonstrukcji materiałów biolo-

The object of work was distant outcomes evaluation of rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction basing on the proprioceptive indicating instruments of choice. The group of 37 patients was analyzed. It consist of 16 patients after anterior cruciate ligament reconstruction – study group (SG) and of 19 healthy persons – control group (CG). The research instrument was balancing platform "Alfa" with stable substratum, on which subjects executed three tests: dynamic, Romberg and weight distribution. In addition the own authorship questionnaire was used. The outcomes of performed research indicating that, operative treatment of anterior cruciate ligament injures backing with kinesthetic rehabilitation program recover proprioceptive mechanisms of operated the knee joints and leads to profitable changes both low extremity weight distribution which have impact on functional stability these joints.

gicznych, co powoduje że operacyjna rekonstrukcja tego więzadła stała się z biegiem czasu niemal rutynowym zabiegiem wykonywanym w większości oddziałów urazowo-ortopedycznych. Niezależnie jednak od przyjętego sposobu rekonstrukcji uszkodzonego więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego, ważnym uzupełnieniem i warunkiem powrotu operowanych do zdrowia i aktywności zawodowej, jest profesjonalnie przygotowany i konsekwentnie realizowany program ich rehabilitacji. W dostępnej literaturze prezentowanych jest wiele różnorodnych programów rehabilitacji chorych po omawianych zabiegach operacyjnych, w których działalność fizjoterapeutów jest także wspomagana nowoczesnym sprzętem specjalistycznym [3,4]. Pomimo stałego doskonalenia techniki operacyjnej oraz powszechnie stosowanych rozwiniętych programów usprawniania operowanych po reko-

nstrukcji więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego, część z nich w obserwacji wczesnej i odległej cierpi z powodu różnego rodzaju i ekspresji klinicznej dolegliwości bólowych. Zdecydowanie utrudniają one powrót operowanych chorych do aktywności zawodowej, uprawiania przez nich rekreacyjnie lub wyczynowo określonych dyscyplin sportowych, a nawet wykonywania podstawowych czynności życiowych. Część z tych chorych zgłasza nie tylko dolegliwości bólowe operowanego stawu kolanowego ale także uczucie jego „uciekania” i niestabilności, czy też trudności prioprioceptywnego różnicowania podłoża. Większość doniesień naukowych poruszających problematykę diagnozowania i leczenia uszkodzeń urazowych więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego, skupia swoją uwagę na ocenie stopnia redukcji jego niestabilności mechanicznej po zabiegu rekonstrukcyjnym [5,6,7,8]. W tym między innymi upatrywane są źródła sukcesu postępowania operacyjnego i rehabilitacyjnego. Wydaje się jednak, że obok redukcji stopnia niestabilności złożonej stawu kolanowego po zabiegu rekonstrukcyjnym ACL, istotne znacznie dla jego funkcjonowania ma również, a być może przede wszystkim odzyskanie zdolności prioprioceptywnych. Na drodze między innymi identyfikacji podłoża i przestrzennego ułożenia operowanej kończyny chronią one operowanego przed uszkodzeniami dodatkowymi lub ponownymi tego stawu oraz innych odcinków narządu ruchu. Wydają się być także ważnym czynnikiem przywracającym jego dynamiczną wydolność.

### Cel pracy

Celem pracy była ocena odległa wyników rehabilitacji chorych po operacyjnej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego w oparciu o wybrane wskaźniki prioprioceptywne, a przede wszystkim udzielenie odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy rekonstrukcja operacyjna uszkodzonego więzadła krzyżowego przedniego przywraca mechanizmy prioprioceptywne operowanego stawu kolanowego?
2. Czy rekonstrukcja operacyjna uszkodzonego więzadła krzyżowego przedniego skutkuje zmianami w dystrybucji obciążeń obu kończyn dolnych oraz stabilizacji czynnościowej opero-

wanego stawu kolanowego?

3. Jakimi wynikami odległymi skutkuje leczenie rehabilitacyjne chorych po rekonstrukcji operacyjnej uszkodzonego więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego w oparciu o odtwarzanie mechanizmów prioprioceptywnych?

### Materiał badań

Cel pracy zrealizowano w oparciu o materiał pochodzący z Carolina Medical Center w Warszawie, a obejmujący lata od 2009 do 2011. Tworzą go dwie grupy włączonych do badania. Grupę Badaną (GB) stanowi 16 chorych, w tym 8 mężczyzn, co daje 50% oraz 8 kobiet, czyli 50%. Chorzy ci byli operowani z powodu uszkodzeń urazowych ACL metodą artroskopową z użyciem przeszczepu autogenego pobranego ze ścięgna mięśnia półścięgnistego. U wszystkich operowanych tej grupy rozpoznano także uszkodzenia łąkotek przyśrodkowych. Wiek chorych w GB wynosił od 18 do 27 lat, dając średnią 23,5 lat z odchyleniem standardowym 2,2 lat. Wysokość ciała włączonych do GB wynosił od 160 do 186 cm – średnio 172 cm z odchyleniem standardowym wynoszącym 9,0 cm. Średnia masa ciała chorych włączonych do GB wynosiła 72,3 kg z odchyleniem standardowym 13,4 kg. Czas obserwacji chorych włączonych do GB wahał się w granicach od 6 do 36 miesięcy – średnio 18 miesięcy. Grupę Kontrolną natomiast, (GK) stanowiło 19 zdrowych osób, w tym 10 mężczyzn, co stanowi 52,63% oraz 9 kobiet, czyli 47,37%, w wieku od 22 do 27 lat, dając średnią 23,11 lat z odchyleniem standardowym 1,56 lat. Wysokość ciała włączonych do GK zamykała się w przedziale od 163 do 195 cm ze średnią 177 cm i odchyleniem standardowym 9,57 cm. Ich masa ciała wynosiła od 51,3 do 121,7 kg dając średnią 70,77 kg i odchylenie standardowe 17,85 kg.

### Metody badań

Metodykę badań oparto na własnym pomysłu badaniu ankietowym oraz na platformie stabilometrycznej „Alfa”. Badanie ankietowe z podaniem danych personalnych zawierały pytania o charakterze otwartym, a dotyczyły między innymi okoliczności przebytych uszkodzeń urazowych stawu kolanowego, czy też czasu jaki upłynął od chwili wykonania zabiegu operacyjnego.

Rycina 1.

Platforma stabilometryczna „Alfa”:

- 1 – platforma balansowa,
- 2 - kamera,
- 3,4 – zestaw komputerowy,
- 5 – stojak zestawu komputerowego [9].



Podstawowym natomiast, narzędziem badawczym była platforma stabilometryczna składająca się z platformy balansowej, kamery oraz zestawu komputerowego.

Pozwala ona na wykonanie tzw. testu dynamicznego i dystrybucji obciążeń obu kończyn dolnych z pomiarem między innymi długości i czasu pokonywanej ścieżki oraz wartości obciążeń generowanych przez kończynę dolną operowaną i nie operowaną. Dodatkowo wykonano także próbę Romberga jako ważny element oceny koordynacji nerwowo-mięśniowej i mechanizmów prioprioceptywnych. Wszyscy operowani włączeni do badania poddani zostali jednolitemu programowi rehabilitacji wg Pasierbńskiego i Jarząbka [3]. Analizę statystyczną wykonano w oparciu o program STATISTICA 10.0. Do oceny statystycznej uzyskanych wyników pomiarowych z powodu braku normalności większości rozkładów badanych zmiennych zastosowano testy nieparametryczne. Normalność poddano weryfikacji testem (W) Shapiro-Wilka. Użyto także test kolejności par Wilcoxon, korelacji rang Spermana, średnia arytmetyczna ( $\bar{x}$ ), odchylenie standardowe (s) oraz współczynnik zmienności (V).

### Wyniki

#### Wyniki uzyskane w Grupie Badanej w oparciu o test dynamiczny

W teście dynamicznym dokonano analizy ośmiu wskaźników. Oceniając długości pokonanej ścieżki, długości minimalnej ścieżki, ścieżki przebytej/minimalnej oraz czasu odnotowano naj-

istotniejsze różnice pomiędzy grupą kobiet i mężczyzn. W analizie długości pokonanej ścieżki średnia uzyskanych wyników wyniosła 376,97. Najwyższa wartość badanego wskaźnika wśród mężczyzn wynosiła 461,53. Taki wynik uzyskało 3 badanych, co stanowi 37,5% grupy mężczyzn. Najniższa wartość wyniosła natomiast 298,75. Wynik ten odnotowano u 1 badanego, co stanowi 12,5%. U kobiet wartości te przedstawiały się następująco: najwyższa - 498,2, co stwierdzono u 2 kobiet, czyli u 25%; najniższa - 202,75, co odnotowano również u 2 kobiet, czyli u 25% z nich. W ocenie długości minimalnej ścieżki średnia wyników wyniosła 116,39. Najwyższa wartość u mężczyzn wyniosła 130,34. Taki wynik odnotowano u 3 badanych, co stanowi 37,3%. Najniższa wartość wyniosła 122,73. Wynik ten odnotowano u 2 badanych, co stanowi 25%. U kobiet wartości te przedstawiały się następująco: najwyższa-130,4, co odnotowano u 6 z nich, czyli u 75% GB. Najniższą wartość - 43,63, co stwierdzono u 2 badanych, czyli u 25%. Kolejnym analizowanym wskaźnikiem była ścieżka przebyta/minimalna, gdzie średnia wyników wyniosła 338,00. Najwyższa wartość u mężczyzn wyniosła 370,2. Wynik ten uzyskało 2 z nich, co stanowiło 25%. Najniższa wartość to 229, co odnotowano u 1 z nich, czyli u 12,5%. Dwie kobiety uzyskały najwyższe wartości 538, co stanowi 25%. Najniższy wynik wyniósł 226, który odnotowano u 2 badanych, czyli u 25%. Średnia wartość czasu wykonywania testu w obu grupach wyniosła 35,31. U mężczyzn najwyższy odnotowany wynik wyniósł 43,208. Uzyskało go 3 z nich, co stanowiło 37,5% GB. Najniższa wartość analizowanego wyniku u mężczyzn to 30,38. Stwierdzono go 3 z nich, czyli u 37,5%. W grupie kobiet najwyższa wartość to 37,75. Odnotowano go u 4 z nich, co stanowiło 50%. U 2 badanych kobiet, czyli u 25% odnotowano najniższą wartość badanego wskaźnika, który wyniósł 21,69.

### Wyniki uzyskane w Grupie Kontrolnej w oparciu o test dynamiczny

W Grupie Kontrolnej podobnie jak i w Grupie Badanej najistotniejsze różnice pomiędzy kobietami i mężczyznami wystąpiły w ocenie długości pokonanej

ścieżki, długości minimalnej ścieżki, ścieżki przebytej/minimalnej oraz czasu. Średnia wartość dla długości pokonanej ścieżki wyniosła 403,08. Najwyższa wartość tego wskaźnika u mężczyzn wyniosła 585,71. Taki wynik uzyskało 2 z nich, co stanowi 20%. Najniższy wynik to 338,09. Zano- towano go u 3 badanych, co stanowi 30%. U kobiet najwyższy wynik to 600,27. Uzyskała go 1 badana kobieta, czyli 11,11% GB. Najniższy rezultat natomiast, uzyskały 3 kobiety (194,850), co daje 33,33%. W ocenie długości minimalnej ścieżki średnia wartość dla obu grup wyniosła 109,51. Najwyższa wartość badanego wskaźnika u mężczyzn to 130,38, co miało miejsce u 2 z nich, czyli u 20%.

Najniższa wartość to 121,75. Wynik taki uzyskał 1 badany mężczyzna, czyli 10%. U kobiet najwyższa wartość wyniosła 129,35. Taki wynik odnotowano u 4 z nich, czyli u 44,44%. Najniższy rezultat to 44,24. Odnotowano go u 4 kobiet, czyli u 44,44% GB. Dla ścieżki przebytej minimalnej średnia arytmetyczna wyniosła 380,79. U mężczyzn najwyższy wynik to 465, który uzyskało 2 z nich, czyli 20% GB. Najniższą wartość tego wskaźnika o wartości 273 stwierdzono u 3 badanych, co daje 33,33%. U 3 kobiet, czyli u 33,33% odnotowano wartości analizowanego wskaźnika 524. U 3 z nich, co stanowi 33,33%, odnotowano najniższe wartości - 297. Średni czas wykonywania testu w obu grupach wyniósł 37,84 sekund (s). Najwyższy wynik u mężczyzn wyniósł 48,15 s. i odnotowano go u 2 z nich, co stanowi 25%. U 4 badanych odnotowano najniższy czas o wartości 35,08 s., co stanowi 51%.

U 2 kobiet, czyli u 25%, odnotowano najwyższy czas 53,59 s. U 3 kobiet, co stanowi 37,5% odnotowano najniższy czas 20,00 s. Dokonując oceny statystycznej porównano wartości ośmiu wskaźników pomiędzy GB i GK. Oznaczono wartości średnie, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności. Analizy dokonano testem U Manna-Whitneya porównującym grupy między sobą. Za poziom istotności statystycznej przyjęto  $p < 0,05$ . Zatem wartości współczynnika  $p$  niższe od 0,05 świadczyłyby o różnicy w wynikach między grupami. Wszystkie natomiast, wartości wyższe od 0,05 świadczyły o braku istotnych statystycznie różnic między grupami. Wartości średnie testów różnią się pomiędzy grupami. Grupa Badana wyższe wartości średnie uzyskała w pomiarze: długości minimalnej ścieżki, czasu dotarcia do celu L-P oraz czasu dotarcia do celu P-T. Grupa Kontrolna natomiast, wyższe wartości pomiarów uzyskała w odniesieniu do długości ścieżki pokonanej, ścieżki przebytej/minimalnej, czasu, czasu dotarcia do celu P-P oraz czasu dotarcia do celu L-T. Analiza testem U Manna-Whitneya potwierdziła jednak brak istotnych statystycznie różnic między grupami. Wartość współczynnika  $p$  w każdym analizowanym wskaźniku była wyższa od przyjętego poziomu istotności statystycznej  $p < 0,05$ . Zatem różnice jakie obserwowano w pomiarach kolejnych wskaźników były zbyt niewielkie aby można było uznać je za istotne statystycznie. Stwierdzono także, że im większe było odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności, tym większa była różnorodność wyników pomiarów.

Tabela I.  
Wyniki analizy statystycznej testu dynamicznego dla obu grup.

TEST DYNAMICZNY	GRUPA BADANA			GRUPA KONTROLNA			Z	p
	$\bar{x}$	s	V	$\bar{x}$	s	V		
DŁUGOŚĆ POKONANEJ ŚCIEŻKI	376,79	97,57	25,90	403,08	131,20	32,55	-0,71	0,4765
DŁUGOŚĆ MINIMALNEJ ŚCIEŻKI	116,39	28,18	24,21	109,51	34,25	31,27	0,18	0,8555
ŚCIEŻKA PRZEBYTA/MINIMALNA	338,00	88,42	26,16	380,79	78,36	20,58	-1,44	0,1497
CZAS	35,31	7,62	21,57	37,84	9,01	23,82	-1,47	0,1406
CZAS DOTARCIA DO CELU P-P	2,71	0,72	26,76	2,82	1,31	46,42	0,41	0,6789
CZAS DOTARCIA DO CELU L-P	2,49	0,82	32,86	1,98	0,78	39,44	1,59	0,1119
CZAS DOTARCIA DO CELU L-T	2,73	2,00	73,44	3,39	3,05	89,90	-0,61	0,5401
CZAS DOTARCIA DO CELU P-T	3,08	2,52	81,66	2,92	1,30	44,65	-0,25	0,8039

Im odchylenia standardowe oraz współczynnik zmienności był niższy tym wyniki uzyskane w danym pomiarze były bardziej jednorodne. W odniesieniu do długości minimalnej ścieżki nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano u osób z Grupy Kontrolnej. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. W odniesieniu do ścieżki przebytej/minimalną nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GB. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. W ocenie czasu dotarcia do celu nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki stwierdzono w GB. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. W ocenie czasu dotarcia do celu P-P nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki stwierdzono w GB. Różnice pomiędzy grupami nie były jednak na tyle duże aby można było uznać je za istotne statystycznie. Z powyższego wynika, że większość wyników w poszczególnych grupach znajduje się na tym samym poziomie. Wyniki dla GK są bardziej niejednorodne – natomiast w GB są one bardziej skupione wokół średniej. W ocenie czasu dotarcia do celu L-P nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GK. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. W ocenie czasu dotarcia do celu L-T nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki stwierdzono w GB. Różnice nie były istotne statystycznie. W ocenie czasu dotarcia do celu P-T nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki stwierdzono w GK. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. Widać jednak, że większość wyników w poszczególnych grupach znajduje się na tym samym poziomie. Wyniki dla GB są bardziej niejednorodne, natomiast w GK są one bardziej skupione wokół średniej.

#### Wyniki uzyskane w grupie badanej w oparciu o pomiar dystrybucji nacisków

W teście dystrybucji nacisków analizowano wartości sześciu wskaźników. Zdecydowanie najistotniejszymi były wskaźniki czasu dominującego obciążenia kończyny dolnej operowanej, jak i nie operowanej. W ocenie czasu dominującego obciążenia kończyny dolnej operowanej średni procentowy wynik wyniósł 22,44%. U 2 mężczyzn odnotowano najwyższą wartość wskaźnika wynoszącą 68%, co stanowi 25%. U 6 badanych odnotowano najniższą wartość wskaźnika o wartości 2%, co stanowi 75%.

Tabela II.

Wyniki analizy statystycznej dystrybucji obciążeń

DYSTRYBUCJA OBCIĄŻENIA	GRUPA BADANA			Z	p
	$\bar{x}$	s	V		
ŚREDNIE OBCIĄŻENIE KOŃCZYNY DOLNEJ OPEROWANEJ W %	49,44	1,63	3,30	1,22	0,2213
ŚREDNIE OBCIĄŻENIE KOŃCZYNY DOLNEJ NIEOPEROWANEJ W %	50,56	1,63	3,23		
CZAS DOMINUJĄCEGO OBCIĄŻENIA KOŃCZYNY DOLNEJ OPEROWANEJ W %	22,44	24,55	109,42	2,99	0,0027
CZAS DOMINUJĄCEGO OBCIĄŻENIA KOŃCZYNY DOLNEJ NIEOPEROWANEJ W %	77,56	24,55	31,65		
SYMETRIA OBCIĄŻENIA KOŃCZYNY (WARTOŚĆ BEZWZGLĘDNA) W %	2,38	2,45	102,99		
RÓŻNICA CZASU OBCIĄŻANIA KOŃCZYNY (WARTOŚĆ BEZWZGLĘDNA) W %	61,13	40,83	66,80		

U kobiet wartości te przedstawiały się następująco: najwyższa wartość wyniosła 47%. Uzyskały ją 4 z nich, czyli 50%. Najniższa odnotowana wartość to 3%, którą uzyskało 50% badanych kobiet. W ocenie czasu dominującego obciążenia kończyny nie operowanej odnotowano średnią wartość dla obu płci wynoszącą 77,56%. U 6 mężczyzn odnotowano najwyższe wartości wskaźnika wynoszące 98%, co stanowi 75% GB. U 2 mężczyzn, co stanowiło 25%, odnotowano najniższe wyniki o wartości 32%. U 3 kobiet, czyli u 37,5% GB odnotowano najwyższe wyniki o wartości 97%. U 3 kobiet, co stanowiło 37,5% GB odnotowano najniższe wyniki o wartości 53%. W ocenie dystrybucji nacisków badano ponadto średnie obciążenie kończyny dolnej operowanej, średnie obciążenie kończyny dolnej nie operowanej. Do analizy statystycznej wykorzystano test kolejności par Wilcoxona. Test ten analizuje czy istnieją różnice między wynikiem testu obciążenia dla kończyny operowanej i nie operowanej u tej samej osoby. Zatem jeśli u większości badanych odnotowano wartości obciążenia kończyn różne, wtedy wartość testu Wilcoxona była istotna statystycznie. Za poziom istotności statystycznej przyjęto  $p < 0,05$ . Wykonano także statystyki opisowe dla symetrii obciążenia – czyli różnicy jaka zachodziła pomiędzy średnim obciążeniem kończyny operowanej i nie operowanej. Wyliczono także różnicę czasu obciążenia poszczególnych kończyn u tej samej osoby. Obie wartości przedstawiono w formie wartości bezwzględnej nie biorąc pod uwagę kierunku obciążenia (w stronę kończyny operowanej bądź nie operowanej). Jak widać wartości średnie pomiarów różnią się pomiędzy kończy-

nami. Chorzy z GB średnio mocniej obciążali kończynę nie operowaną w odniesieniu do kończyny operowanej - aczkolwiek różnica ta była niewielka i wynosiła około 2,38%, co świadczyło o prawidłowym obciążeniu. Badani zdecydowanie dłużej obciążali jednak kończynę dolną nie operowaną - czas jej dominującego obciążenia wynosił bowiem aż 77,56%. Różnica jaka widoczna była między czasem obciążenia kończyny operowanej i nie operowanej wyniosła 61,13%. Analiza testem kolejności par Wilcoxona potwierdziła brak istotnych statystycznie różnic między wartością obciążenia kończyny dolnej operowanej i nie operowanej. Wartość współczynnika p w analizowanym wskaźniku była wyższa od przyjętego poziomu istotności statystycznej  $p < 0,05$  i wyniosła  $p = 0,2213$ . Istotny statystycznie na poziomie  $p < 0,05$  okazał się czas dominującego obciążenia kończyn w GB. Zdecydowana przewaga czasu obciążenia kończyny dolnej nie operowanej potwierdzona została w teście kolejności par Wilcoxona z wartością współczynnika  $p = 0,0027$ . Stwierdzono także, że im większe było odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności tym samym większa była różnorodność wyników pomiarów. Im odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności był niższy tym wyniki uzyskane w danym pomiarze były bardziej jednorodne. Analiza symetrii obciążenia oraz różnicy czasu obciążenia badała natomiast, wartości bezwzględne różnic. Dzięki temu nieco lepiej zobrazować można było faktyczne zaburzenie w aspekcie obciążenia jednej z kończyn. Różnica zatem w obciążeniu obu kończyn wynosiła dla GB 2,38%, natomiast w odniesieniu do

czasu obciążenia różnica pomiędzy kończynami wynosiła 61,13%. W GB średnie obciążenie kończyny operowanej wyniosło 49,44%, natomiast nie operowanej 50,56%. W ocenie średniego obciążenia kończyn, nieznacznie mocniej obciążana była kończyna nie operowana. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. W GB dłuższy czas obciążenia jednej ze stron dominował w kończynach nie operowanych i wyniósł 77,56%. Dla kończyn operowanych natomiast, był zdecydowanie krótszy i wyniósł 22,44%. W ocenie czasu dominującego obciążenia zdecydowanie był dłuższy w kończynach nie operowanych.

### Wyniki uzyskane w Grupie Badanej w oparciu o próbę Romberga.

W próbie Romberga poddano analizie dziesięć wskaźników. Przyjęto analizę najważniejszych z nich tzn. pole powierzchni, długość pokonanej ścieżki, prędkość średnia X oraz prędkość średnia Y, aby zaprezentować różnice jakie wystąpiły u badanych w próbie z zamkniętymi i z otwartymi oczami. Średnia wartość wyników dla pola powierzchni z oczami otwartymi dla grupy badanej wyniosła 2,39, natomiast z oczami zamkniętymi 1,86. U 6 kobiet, co stanowi 75%, odnotowano wyższe wartości przy próbie z oczami zamkniętymi. U 2 kobiet, co stanowi 25%, nie odnotowano zmian w próbie z oczami zamkniętymi i otwartymi. W grupie mężczyzn u 2 badanych, co stanowi 25%, odnotowano wyższe wartości w próbie z zamkniętymi oczami. U 2 badanych, co stanowi 25% odnotowano niższe wartości z oczami zamkniętymi, a u 4, co stanowi 50% nie odnotowano istotnych różnic. Średnia wartość wyników dla długości ścieżki przy oczach otwartych wyniosła 22,72, natomiast przy oczach zamkniętych 33,97. U 7 kobiet, co stanowi 87,5% odnotowano wyższe wartości analizowanego wskaźnika przy oczach zamkniętych. U 1 badanej, co stanowi 12,5% nie odnotowano różnic. W grupie mężczyzn u 5 z nich, co stanowi 62,5% stwierdzono wyższe jego wartości w próbie z zamkniętymi oczami. U 3 badanych, co stanowi 37,5% nie odnotowano istotnych różnic. Średnia wartość wyników, dla prędkości średniej Y w próbie z oczami otwartymi wyniosła 0,55, a w próbie z oczami zamkniętymi 0,86. U 6 kobiet, co stanowi 75%, odnotowano wyższe

**Tabela III.**  
Wyniki analizy statystycznej próby Romberga w obu grupach (oczy otwarte).

PRÓBA ROMBERGA – OCZY OTWARTE	GRUPA BADANA			GRUPA KONTROLNA			Z	p
	$\bar{x}$	s	V	$\bar{x}$	s	V		
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W LEWO	0,61	0,49	79,98	0,61	0,48	78,38	-0,02	0,9868
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W PRAWO	0,78	0,90	114,26	0,58	0,44	75,75	0,31	0,7531
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W TYŁ	1,22	0,85	69,88	1,15	0,85	74,41	0,41	0,6789
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W PRZÓD	0,93	0,85	91,30	0,86	0,70	81,12	-0,22	0,8296
ODCHYLENIE ŚREDNIE X	0,51	0,35	68,60	0,44	0,35	80,31	0,81	0,4172
ODCHYLENIE ŚREDNIE Y	0,82	0,51	62,03	0,67	0,39	58,93	0,65	0,5185
PRĘDKOŚĆ ŚREDNIA X	0,49	0,22	45,93	0,51	0,18	34,58	-0,71	0,4765
PRĘDKOŚĆ ŚREDNIA Y	0,55	0,26	48,21	0,58	0,23	40,11	-0,75	0,4562
DŁUGOŚĆ ŚCIEŻKI	22,72	10,93	48,10	24,02	9,32	38,82	-0,75	0,4562
POLE POWIERZCHNI	2,39	3,69	154,52	1,73	1,01	58,40	-0,25	0,8039

wartości parametru przy próbie z oczami zamkniętymi. U 1 kobiety, co stanowi 12,5%, nie odnotowano zmian w próbie z zamkniętymi i otwartymi oczami, natomiast u 1 z nich, co stanowi 12,5% wynik był niższy w próbie z oczami zamkniętymi. W grupie mężczyzn, u 7 z nich, co stanowi 87,5% stwierdzono wyższe wartości w próbie z zamkniętymi oczami. U 1 badanego, co stanowi 12,5% wartość była niższa w próbie z oczami zamkniętymi. Średnia wartość wyników dla prędkości średniej X w próbie z oczami otwartymi wyniosła 0,49, a w próbie z oczami zamkniętymi 0,62. U 6 kobiet, co stanowi 75% odnotowano wyższe wartości przy próbie z oczami zamkniętymi. U 1 kobiety, co stanowi 12,5% nie odnotowano zmian w próbie z zamkniętymi i otwartymi oczami, natomiast u 1 badanej, co stanowi 12,5% wynik analizowanego wskaźnika

był niższy w próbie z oczami zamkniętymi. W grupie mężczyzn, u 4 badanych, co stanowi 50% stwierdzono wyższe wartości wskaźnika w próbie z zamkniętymi oczami, u 2 badanych, czyli u 25% nie odnotowano istotnych różnic w dwóch próbach, natomiast u 1 z nich, co daje 12,5% wartość ta była niższa w próbie z oczami zamkniętymi.

### Wyniki uzyskane w Grupie Kontrolnej w oparciu o próbę Romberga.

W analizie Grupy Kontrolnej przedstawiono różnice w wynikach pomiędzy próbami z oczami otwartymi i zamkniętymi na podstawie czterech wskaźników: pole powierzchni, długość pokonanej ścieżki, prędkość średnia X oraz prędkość średnia Y. Średnia wartość wyników dla pola powierzchni w próbie

**Tabela IV.**  
Wyniki analizy statystycznej próby Romberga w obu grupach (oczy zamknięte)

PRÓBA ROMBERGA – OCZY ZAMKNIĘTE	GRUPA BADANA			GRUPA KONTROLNA			Z	p
	$\bar{x}$	s	V	$\bar{x}$	s	V		
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W LEWO	0,69	0,53	77,46	0,76	0,61	80,40	-0,35	0,7281
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W PRAWO	0,62	0,42	67,72	0,78	0,65	83,22	-0,55	0,5848
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W TYŁ	1,03	0,63	61,07	0,90	0,96	105,90	1,31	0,1909
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W PRZÓD	1,43	0,92	64,04	1,46	1,06	72,85	-0,08	0,9340
ODCHYLENIE ŚREDNIE X	0,48	0,42	87,85	0,52	0,45	85,17	-0,41	0,6789
ODCHYLENIE ŚREDNIE Y	0,79	0,62	78,35	0,88	0,60	67,97	-0,55	0,5848
PRĘDKOŚĆ ŚREDNIA X	0,62	0,33	53,00	0,77	0,31	39,92	-1,71	0,0881
PRĘDKOŚĆ ŚREDNIA Y	0,86	0,68	79,18	0,96	0,54	56,34	-1,21	0,2268
DŁUGOŚĆ ŚCIEŻKI	33,97	24,46	71,98	39,42	20,09	50,97	-1,41	0,1593
POLE POWIERZCHNI	1,86	1,06	56,91	2,71	1,37	50,58	-1,74	0,0821

z oczami otwartymi wyniosła 1,73, a w próbie z oczami zamkniętymi 2,71. U 9 kobiet, co stanowi 100% odnotowano wyższe wartości w próbie z oczami zamkniętymi. W grupie mężczyzn u 8 badanych, co stanowi 80% odnotowano wyższe wartości w próbie z oczami zamkniętymi. U 2 badanych, co stanowi 20% wartość wskaźnika była niższa w próbie z oczami zamkniętymi. Wartość średniej arytmetycznej dla długości ścieżki w próbie z oczami otwartymi wyniosła 24,02, w próbie z oczami zamkniętymi 39,42. U 9 kobiet, co stanowi 100% odnotowano wyższe wartości w próbie z oczami zamkniętymi. W grupie mężczyzn u 8 badanych, co stanowi 80% odnotowano wyższe wartości wskaźnika w próbie z oczami zamkniętymi. U 2 badanych nie odnotowano zmian. Wartość średniej arytmetycznej dla prędkości średniej Y w próbie z oczami otwartymi wyniosła 0,58, a w próbie z oczami zamkniętymi 0,96. U 9 kobiet, co stanowi 100% odnotowano wyższe wartości w próbie z oczami zamkniętymi. W grupie mężczyzn u 8 z nich, co stanowi 80% odnotowano wyższe wartości w próbie z oczami zamkniętymi. U 2 badanych nie odnotowano zmian. Wartość średniej arytmetycznej dla prędkości średniej X w próbie z oczami otwartymi wyniosła 0,51, a w próbie z oczami zamkniętymi 0,31. U 9 kobiet, co stanowi 100% odnotowano wyższe wartości w próbie z oczami zamkniętymi. W grupie mężczyzn u 7 z nich, co stanowi 70% odnotowano wyższe wartości w próbie z oczami zamkniętymi. U 2 badanych nie odnotowano zmian, natomiast u jednego z nich, co stanowi 10%, wartość badanego wskaźnika była niższa w próbie z oczami zamkniętymi. Kolejna analiza dotyczyła próby Romberga wykonanej z oczami otwartymi. Porównano wyniki poszczególnych wartości z próby na platformie stabilometrycznej w obu grupach. Do analizy statystycznej posłużono się testem U Manna-Whitneya. Za poziom istotności statystycznej przyjęto  $p < 0,05$ . Wartości średnie testów różnią się pomiędzy grupami. U chorych w GB odnotowano wyższe wartości średnie w pomiarze maksymalnego odchylenia w prawo, maksymalnego odchylenia w tył, maksymalnego odchylenia w przód, odchylenia średniego X, odchylenia średniego Y oraz pola powierzchni. W GK wyższe wartości pomiarów odnotowano w zakresie prędkości średniej X, prędkości średniej Y

**Tabela V.**  
Porównanie wyników analizy statystycznej próby Romberga z oczami otwartymi i zamkniętymi w GB.

PRÓBA ROMBERGA – GRUPA BADANA	OCZY OTWARTE			OCZY ZAMKNIĘTE			Z	p
	$\bar{x}$	s	V	$\bar{x}$	s	V		
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W LEWO	0,61	0,49	79,98	0,69	0,53	77,46	2,19	0,0282
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W PRAWO	0,78	0,90	114,26	0,62	0,42	67,72	1,61	0,1085
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W TYŁ	1,22	0,85	69,88	1,03	0,63	61,07	1,92	0,0553
MAKSYMALNE ODCHYLENIE W PRZÓD	0,93	0,85	91,30	1,43	0,92	64,04	4,01	0,0001
ODCHYLENIE ŚREDNIE X	0,51	0,35	68,60	0,48	0,42	87,85	0,98	0,3257
ODCHYLENIE ŚREDNIE Y	0,82	0,51	62,03	0,79	0,62	78,35	0,98	0,3257
PRĘDKOŚĆ ŚREDNIA X	0,49	0,22	45,93	0,62	0,33	53,00	4,11	0,0000
PRĘDKOŚĆ ŚREDNIA Y	0,55	0,26	48,21	0,86	0,68	79,18	4,46	0,0000
DŁUGOŚĆ ŚCIEŻKI	22,72	10,93	48,10	33,97	24,46	71,98	4,47	0,0000
POLE POWIERZCHNI	2,39	3,69	154,52	1,86	1,06	56,91	2,74	0,0062

oraz długości ścieżki. Analiza testem U Manna-Whitneya potwierdziła jednak brak istotnych statystycznie różnic między grupami. Wartość współczynnika p w każdym analizowanym parametrze była wyższa od przyjętego poziomu istotności statystycznej  $p < 0,05$ . Zatem różnice jakie obserwowano w pomiarach kolejnych parametrów były zbyt niewielkie aby można było uznać je za istotne statystycznie. Zbadano także odchylenia standardowe oraz współczynnik zmienności V. W ocenie maksymalnego odchylenia w lewo średnie wartości pomiarów w grupach pozostawały na tym samym poziomie, z tą jednak różnicą, że w GB odnotowano wyniki mniej jednorodne bardziej rozproszone wokół średniej. Różnice pomiędzy grupami nie były jednak na tyle duże, aby można było uznać je za istotne statystycznie. W ocenie maksymalnego odchylenia w prawo nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GK. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. W ocenie długości ścieżki nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GB. Różnice nie były jednak istotne statystycznie.

W ocenie maksymalnego odchylenia w tył nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GK. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. W ocenie maksymalnego odchylenia w przód nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki stwierdzono w GK. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. W ocenie odchylenia średniego X nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GK. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. W ocenie odchylenia średniego Y nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki stwierdzono w GK. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. W ocenie prędkości średniej X nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki stwierdzono w GB. Różnice pomiędzy grupami nie były jednak istotne statystycznie. W ocenie prędkości średniej Y nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki stwierdzono w GB. Różnice pomiędzy grupami nie były jednak istotne statystycznie. W ocenie długości ścieżki nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GB. Różnice pomiędzy grupami nie

**Tabela VI.**  
Próba Romberga, zależność pomiędzy średnim odchyleniem, a średnią prędkością w płaszczyźnie X i Y z oczami otwartymi i zamkniętymi

WYBRANE KORELACJE	R Spearmana	p
OCZY OTWARTE		
Odchylenie średnie X & Prędkość średnia X	- 0,02	0,8996
Odchylenie średnie Y & Prędkość średnia Y	0,21	0,2214
OCZY ZAMKNIĘTE		
Odchylenie średnie X & Prędkość średnia X	- 0,02	0,9097
Odchylenie średnie Y & Prędkość średnia Y	0,02	0,9211

były istotne statystycznie. W ocenie pola powierzchni nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GK. Różnice pomiędzy grupami nie były istotne statystycznie. W analizie statystycznej wyników próby Romberga w warunkach oczu zamkniętych wykorzystano test U Manna-Whitneya. Za poziom istotności statystycznej przyjęto  $p < 0,05$ .

Wartości średnie testów różnią się pomiędzy grupami. W GB odnotowano wyższe wartości średnie w pomiarze maksymalnego odchylenia w tył. W GK natomiast, wyższe wartości pomiarów odnotowano w zakresie maksymalnego odchylenia w lewo, maksymalnego odchylenia w prawo, maksymalnego odchylenia w przód, odchylenia średniego X, odchylenia średniego Y, prędkości średniej X, prędkości średniej Y, długości ścieżki oraz pola powierzchni. Analiza testem U Manna-Whitneya potwierdziła jednak brak istotnych statystycznie różnic między grupami. Wartość współczynnika  $p$  w każdym analizowanym wskaźniku była wyższa od przyjętego poziomu istotności statystycznej  $p < 0,05$ . Zatem różnice jakie obserwowano w pomiarach kolejnych wskaźników były zbyt niewielkie aby można było uznać je za istotne statystycznie. Badano także odchylenia standardowe oraz współczynnik zmienności  $V$ . W ocenie maksymalnego odchylenia w lewo nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GB. W ocenie maksymalnego odchylenia w prawo nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GB. W ocenie maksymalnego odchylenia w tył nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki stwierdzono w GK. W ocenie maksymalnego odchylenia w przód nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GB. W ocenie odchylenia średniego X nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GB. W ocenie odchylenia średniego Y nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GB. W ocenie prędkości średniej X nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki stwierdzono w GB. W ocenie prędkości średniej Y nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GB. W ocenie długości ścieżki nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki stwierdzono w GB. W ocenie pola powierzchni nieco lepsze (niższe) - średnie wyniki odnotowano w GB.

Kolejna analiza przeprowadzana na wynikach z próby Romberga polegała na porównaniu wartości poszcze-

gólnych parametrów odczytanych na platformie w zależności od warunków badania - oczy otwarte i zamknięte. Do analizy statystycznej wykorzystano test kolejności par Wilcoxon. Test ten nie porównuje średnich uzyskanych przez grupę w I pomiarze i II pomiarze (z oczami zamkniętymi i otwartymi). Test ten sprawdza czy istnieją różnice między wynikiem testu z oczami otwartymi i zamkniętymi u tej samej osoby. Zatem jeśli u większości badanych stwierdzono wynik testu z oczami otwartymi różny od wyniku testu z oczami zamkniętymi, wtedy wartość testu Wilcoxon była istotna statystycznie. Za poziom istotności statystycznej przyjęto  $p < 0,05$ .

Analiza testem kolejności par Wilcoxon wykazała istnienie różnic w pomiarze z oczami otwartymi i zamkniętymi u większości badanych w pomiarze maksymalnego odchylenia w lewo i w przód, a także prędkości średniej X i Y oraz długości ścieżki i pola powierzchni. Wartość współczynnika  $p$  w teście Wilcoxon wyniosła dla tych wskaźników wartości niższe od przyjętego poziomu istotności statystycznej  $p < 0,05$ . W ocenie pozostałych wskaźników tj. maksymalnego odchylenia w prawo i w tył, odchylenia średniego X i Y nie odnotowano istotnych statystycznie różnic między pomiarami w odmiennych warunkach. W ocenie maksymalnego odchylenia w lewo zmiana wyniku wartość wskaźnika świadczyła o pogorszeniu równowagi w warunkach oczu zamkniętych. W ocenie maksymalnego odchylenia w prawo zmiana w wyniku wartości wskaźnika świadczyła o pogorszeniu równowagi w warunkach oczu zamkniętych. W ocenie maksymalnego odchylenia w tył zmiana w wyniku wartości wskaźnika świadczyła o poprawie równowagi w warunkach oczu zamkniętych. W ocenie maksymalnego odchylenia w przód zmiana w wyniku wartości wskaźnika świadczyła o pogorszeniu równowagi w warunkach oczu zamkniętych. W ocenie odchylenia średniego X zmiana w wyniku wartości wskaźnika świadczyła o pogorszeniu równowagi przy zamkniętych oczach. W ocenie prędkości średniej X zmiana w wyniku wartości wskaźnika świadczyła o pogorszeniu równowagi przy zamkniętych oczach. W ocenie prędkości średniej Y zmiana w wyniku wartości

wskaźnika świadczyła o pogorszeniu równowagi przy zamkniętych oczach. W ocenie długości ścieżki zmiana w wyniku wartości wskaźnika świadczyła o pogorszeniu równowagi przy zamkniętych oczach. W ocenie pola powierzchni zmiana w wyniku wartości wskaźnika świadczyła o pogorszeniu równowagi przy oczach zamkniętych. Następną analizą miała na celu sprawdzenie czy istnieją zależności między średnim odchyleniem, a średnią prędkością w płaszczyźnie X i Y z oczami otwartymi i zamkniętymi. Do analizy korelacji między dwiema zmiennymi liczbowymi posłużono się testem korelacji rang Spearmana. Korelacja ta przyjmuje wartości od -1 do 1 (R). Im bliżej liczby 1 lub -1 tym korelacja jest silniejsza. Wartości zbliżone do 0 oznaczają mniejszą zależność. Znak przed liczbą R - dodatni lub ujemny świadczy o orientacji korelacji. Dodatnia wartość R przemawia za wzrostem jednej cechy wraz ze wzrostem drugiej. Ujemne R natomiast, świadczy o wzroście jednej cechy wraz ze spadkiem wartości drugiej zmiennej.

Zarówno w ocenie korelacji w płaszczyźnie X jak i Y, a także w warunkach oczu otwartych jak i zamkniętych nie udowodniono istnienia zależności między średnią prędkością, a średnim odchyleniem w wynikach wskaźników na platformie. Uzyskane wartości współczynnika  $p$  były wyższe od przyjętego poziomu istotności statystycznej  $p < 0,05$  a wartości korelacji R odbiegały znacznie od wartości  $R=1,0$ . Wartość współczynnika R wyniosła dla badanej zależności  $R=-0,02$  i świadczyła o braku korelacji między danymi zmiennymi. Wartość współczynnika R wyniosła dla badanej zależności  $R=0,21$  i świadczyła o braku korelacji między danymi zmiennymi. Widać nieznaczny zarys mówiący o kierunku korelacji w górę (o czym także świadczy dodatnie R), co oznacza wzrost jednej cechy wraz ze wzrostem wartości drugiej cechy - zatem im większe odchylenie Y tym większa prędkość Y. Wartość współczynnika R wyniosła dla badanej zależności  $R=-0,02$  i świadczyła o braku korelacji między danymi zmiennymi. Punkty oznaczające poszczególne wartości liczbowe przyjmują kształt nieregularnej chmury i znacznie odbiegają poza zakres 95% istotności korelacji. Wartość współczynnika R wyniosła dla badanej zależności  $R=-0,02$  i świadczyła o braku korelacji między danymi zmiennymi.

## Dyskusja

Niestabilność stawu kolanowego po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego, pomimo licznych badań i doświadczeń, ciągle pozostaje zagadnieniem nurtującym wielu autorów. Zainteresowanie tematem bierze się prawdopodobnie ze skali zjawiska i problemów z jakimi są związane uszkodzenia urazowe ACL, które stanowią od 15% do 30% wszystkich uszkodzeń urazowych narządu ruchu [10]. Wielu autorów wykazało, że podjęcie leczenia operacyjnego prowadzi do poprawy jakości życia chorych, umożliwia im powrót do normalnej aktywności nie tylko w ramach czynności dnia codziennego ale również do czynnego uprawiania sportu [7,8,11,12,13,14]. Nasuwa się zatem pytanie - czy chorzy po rekonstrukcji ACL odzyskują stabilność operowanego stawu kolanowego w oparciu między innymi o aktywność prioprioceptywną? W kontekście dalszych rozważań warto przeanalizować ogólne wyniki leczenia operacyjnego uszkodzeń urazowych ACL. Między innymi Chmielewski i wsp. [15] podkreślają istotny wpływ programu rehabilitacyjnego na poprawę subiektywnych odczuć operowanych oraz obiektywnych wyników funkcji operowanego stawu. Podobne wyniki uzyskała Morawik [16] wskazując, że nawet po wielu latach od uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego podjęcie leczenia operacyjnego z zastosowaniem technik artroskopowych połączonego z rehabilitacją przynosi dobre wyniki końcowe. Zdecydowane stanowisko w kontekście tych badań prezentują także Tokarczuk i wsp. [17]. Autorzy ci podkreślają, że jedynie leczenie operacyjne stwarza możliwość przywrócenia właściwej funkcji więzadła krzyżowego przedniego i stawu kolanowego. Zwracają również uwagę, że sportowcy poddani operacyjnej rekonstrukcji ACL lepiej współpracując z lekarzami i fizjoterapeutami uzyskują korzystniejsze wyniki końcowe leczenia. Ważnym problemem poruszonym także przez tych autorów jest uraz psychiczny towarzyszący uszkodzeniu ACL, co ma szczególne odniesienie do późniejszych wyników leczenia. Porównując priopriocepcję stawu kolanowego przed i po zabiegu rekonstrukcyjnym ACL Reider i wsp. [18] udokumentowali dwustronne zaburzenia priopriocepcji przy uszkodzeniach

jednostronnych. Zauważyli także znaczącą poprawę w obu stawach kolanowych po okresie sześciomiesięcznej rehabilitacji. Piontek i wsp. [19] natomiast, w badaniach na grupie piłkarzy nożnych stwierdzili że, ich sześciomiesięczna rehabilitacja po chirurgicznej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego jest niedostateczna dla osiągnięcia wymaganej kontroli wzrokowo-prioprioceptywnej.

Deficyty prioprioceptywne u chorych po rekonstrukcji ACL podkreślają także w swoich badaniach Lephart i wsp. [20]. Odmienne zdanie prezentują natomiast, Risberg i wsp. [21] wskazując na brak znaczących różnic w priopriocepcji pomiędzy kolaniem z zrekonstruowanym ACL, a stawem kończyny przeciwnej w obserwacji przekraczającej 12 miesięcy. Identyczne stanowisko przyjmują Harter i wsp. [22], którzy sugerują, że jeśli propriocepcja kolana została zaburzona na skutek uszkodzeń urazowych i zabiegu chirurgicznego, to powiązane mechanizmy czuciowe rekompensują tę stratę przez minimum dwa lata po jego wykonaniu. W badaniach własnych nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w teście dynamicznym oraz teście Romberga pomiędzy obu grupami włączonymi do badania. Wyniki te dowodzą, że wśród chorych po rekonstrukcji ACL funkcje kolana były porównywalne z funkcją kolana u badanych z GK. Brak różnicy w teście dynamicznym, świadczy o dobrej kontroli dynamicznej kolana (na stabilnym podłożu) oraz niezawodności systemu sensorycznego. Brak różnic w teście Romberga dowodzi także, że rekonstrukcja ACL nie wpłynęła negatywnie na priopriocepcję stawu kolanowego. Istotna statystycznie różnica wystąpiła w porównaniu wyników tych samych parametrów (test Romberga) z zamkniętymi i otwartymi oczami w GB. Świadczy to o dużym znaczeniu systemu kontroli wzrokowej dla utrzymania równowagi posturalnej. Isberg i wsp. [7] badając cztery grupy chorych z izolowanym zerwaniem ACL porównywał różne parametry uzyskiwane przez badanych przed operacją, osiem tygodni po zabiegu operacyjnym oraz dwa lata po jego wykonaniu. Jako główne narzędzie badawcze użyli artrometru KT-1000. Stwierdzili oni, że osiem tygodni po zabiegu kinematyka operowanego kolana była porównywalna do kolana nie operowanego, a w dwa lata po rekonstrukcji ACL kinematyka kolana utrzymywała się w normie.

Tagesson [8] natomiast, w badaniach przy użyciu elektrogoniometru stwierdziła, że już po pięciu tygodniach od rekonstrukcji ACL statyczna i dynamiczna translacja piszczeli w operowanym kolanie nie różniła się od translacji w kończynie nie operowanej. Podobne spostrzeżenia są wynikiem badań Mattacola i wsp. [13], którzy wykorzystując w ocenie stabilności stawu kolanowego po rekonstrukcji ACL platformę Biodex Stability System, nie stwierdzili istotnych różnic w indeksie stabilności. Henriksson i wsp. [23] oceniając równowagę posturalną w warunkach oczu zamkniętych i otwartych u operowanych z powodu uszkodzeń urazowych ACL, potwierdzili istotne znaczenie systemu kontroli wzrokowej dla utrzymania stabilnej postawy, szczególnie podczas poruszania się na niestabilnym podłożu. W ocenie reakcji posturalnej na wychylenia w płaszczyźnie strzałkowej odnotowali dłuższy czas reakcji grupy badanej w porównaniu z kontrolną, zarówno w kierunku przednim, jak i tylnym. W badaniach własnych nie odnotowano istotnych różnic w zakresie tych wskaźników. Niemniej jednak w statycznym teście Romberga z otwartymi oczami tendencja zmian była taka sama – w GK odnotowano wyniki lepsze w ocenie maksymalne odchylenie ciała w tył i w przód. W ocenie posturalnych reakcji na wychylenia w płaszczyźnie czołowej nie zauważono także różnic pomiędzy grupami włączonych do badania. Zdaniem między innymi Sechrist i wsp. [24] bardzo dobrym zabezpieczeniem kontroli postawy w płaszczyźnie czołowej są ruchy w stawie skokowo-goleniowym, a w znacznych zaburzeń posturalnych także synergistyczne działanie mięśni obręczy biodrowej. Wydaje się więc, że istotny element w procesie rehabilitacji chorych po rekonstrukcji ACL powinien stanowić trening priopriocepcji stawu skokowo-goleniowego i biodrowego. Georgoulis [6] analizując wyniki rekonstrukcji ACL przeszczepem z więzadła rzepki stwierdził, że zabieg ten nie przywraca stabilności stawu kolanowego w zakresie zewnętrznej i wewnętrznej rotacji piszczeli, a jedynie jej ruch translacji przedniej zostaje przywrócony. Biorąc po uwagę wynik kończyny nieoperowanej u chorych z badanych, nie stwierdził on istotnych różnic w odniesieniu do chorych z grupy kontrolnej. Nadmierną rotację piszczeli zanotował natomiast, u chorych opero-



wanych zarówno w warunkach obciążeń małych jak i znacznych. Na tej podstawie postawił tezę, że operacyjna rekonstrukcja ACL z wykorzystaniem przeszczepu więzadła rzepki nie jest wstanie przywrócić jego biomechanicznej funkcji. W przeciwieństwie do więzadła rzepki, które ma bardziej jednolitą strukturę, ACL składa się z dwóch głównych wiązek, które wykazują różne ułożenie podczas ruchów kolana. Podobne spostrzeżenia są udziałem Andriacchia i wsp. [25], którzy nie odnotowali istotnych różnic podczas czynności mało angażujących staw kolanowy, w przeciwieństwie do sytuacji wymagających tempa i kierunku biegu. Bush-Joseph i wsp. [26] wykorzystując system analizy ruchu u operowanych z powodu uszkodzeń urazowych ACL stwierdził, że pomimo prawidłowo funkcjonującego operowanego stawu kolanowego w warunkach znacznych jego obciążeń, dla zachowania jego stabilności i czynnościowej wydolności uruchamiane są określone mechanizmy obronne i adaptacyjne. Zwracają także uwagę, że stanowisko to wymaga dalszych badań i analiz. Wyniki powyższych badań wskazują na pewne zaburzenia będące powikłaniem chirurgicznej rekonstrukcji ACL. Warto zwrócić uwagę że zaburzenia te są wywoływane w czasie znacznych obciążeń badanego stawu. Chmielewski i wsp. [15,27] oceniając zmiany obciążeń kończyn w obserwacji wczesnej pooperacyjnej rekonstrukcji ACL stwierdzili, że dotyczą one obu kończyn oraz odnotowali silną korelację asymetrii obciążenia z siłą mięśnia czworogłowego uda. Zwracają również uwagę na istotny wpływ asymetrii obciążenia kończyn po rekonstrukcji ACL z dominacją kończyny operowanej nad nie operowaną. Paterno i wsp. [28] oceniając u sportowców wybrane parametry biomechaniczne kończyn po operacyjnej rekonstrukcji ACL stwierdził, że asymetria ich obciążania ma miejsce przede wszystkim w czasie startu do biegu i skoku, a charakterystyka ta utrzymuje się nawet do 2 lat wykonania zabiegu operacyjnego. Doniesienia te potwierdzają wyniki badań własnych. W zdecydowanej przewadze (78%) u osób po rekonstrukcji ACL czas dominującego obciążenia spoczywał na kończynie nie operowanej, a jedynie około 22% na kończynie operowanej. Analizując ten wynik, warto zwrócić uwagę na korelację, o której wspomi-

-nała Chmielewski [15]. Wyniki badań Urbacha i wsp. [29] potwierdzają spadek siły mięśnia czworogłowego uda u chorych po rekonstrukcji ACL, który może być przyczyną asymetrii obciążania kończyn. Autorzy ci porównując dobrowolną aktywność mięśnia czworogłowego uda u chorych z grup badanych i kontrolnych stwierdzili, że aktywność ta u chorych operowanych ulega poprawie dopiero po 2 latach od wykonania zabiegu rekonstrukcyjnego, ale deficyt siły mięśniowej nie miał wpływu na kliniczną stabilność rekonstruowanego więzadła. Eitzen i wsp. [30] badając przyczyny długoterminowego spadku siły mięśniowej po rekonstrukcji ACL wykazali, że przedoperacyjne deficyty mięśnia czworogłowego uda w tym zakresie mogą mieć znaczące negatywne skutki na późniejsze funkcje operowanego stawu kolanowego. Sugerują oni także, że zabiegi rekonstrukcyjne nie powinny być wykonywane u chorych, u których stwierdzono deficyt siły mięśnia czworogłowego uda kończyny uszkodzonej o wartości 20% w odniesieniu do kończyny nie operowanej. Wyniki badań własnych dowodzą natomiast, że pomimo dobrej funkcji stawu kolanowego zaledwie 50% badanych powróciło do regularnych treningów, pozostali ograniczyli uprawianie sportu bądź całkowicie z niego zrezygnowali. Badania Arden i wsp. [12] potwierdzają tę tendencję. Wynika z nich bowiem, że 82% operowanych ponownie rozpoczęło uprawianie jakiegokolwiek dyscypliny sportowej, 63% wróciło do poziomu z przed operacji, a 44% powróciło do aktywności wyczynowej. W tym miejscu należy zaznaczyć, że u około 90% badanych stwierdzono prawidłowe funkcjonowanie operowanego stawu kolanowego. Stosunkowo niski procent chorych, którzy powrócili do wyczynowego uprawiania sportu sugeruje, że przyczyną takiego stanu rzeczy mogą być między innymi czynniki natury psychologicznej. Taką tezę potwierdzają między innymi obserwacje McCullough'a i wsp. [14], którzy w obawach przed ponownym uszkodzeniem ACL upatrują zasadniczej przyczyny rezygnacji z powrotu do wyczynowego uprawiania różnych dyscyplin sportowych. Arden i wsp. [11] natomiast uważają, że czynnikiem decydującym o powrocie do aktywności sportowej poprzedzającej uszkodzenie ACL jest przede wszystkim czas określając go zdecydowanie przekraczającym 12 miesięcy.

Podsumowując prezentowane rozważania można stwierdzić, że stabilność stawu kolanowego po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego jest porównywalna do stabilności stawów kolanowych, u których takie uszkodzenia nie były rejestrowane. Ważnym z pewnością elementem rehabilitacji chorych z omawianymi uszkodzeniami są ćwiczenia przywracające zdolności proprioceptywne, koordynacji nerwowo-mięśniowej, równowagi posturalnej oraz wzrokowej kontroli ruchu.

## Wnioski

1. Rekonstrukcja operacyjna uszkodzonego więzadła krzyżowego przedniego przywraca u większości chorych w zróżnicowanym zakresie mechanizmy proprioceptywne operowanego stawu kolanowego.
2. U chorych po rekonstrukcji operacyjnej uszkodzonego więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego w obserwacji odległej obserwowane są korzystne zmiany w dystrybucji obciążeń obu kończyn dolnych, a także mające wpływ na jego stabilność czynnościową.
3. Rehabilitacja chorych po rekonstrukcji uszkodzonego więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego oparta między innymi na odtwarzaniu mechanizmów proprioceptywnych prowadzi w obserwacji odległej u większości z nich do dobrych wyników czynnościowych.

## Piśmiennictwo

1. **Miyasaka KC, Daniel DM, Stone ML, Hirshman P.** The incidence of knee ligament injuries in the general population. *J Knee Surg* 1991;4:3-8.
2. **Smith BA, Livesay GA, Woo SL.** Biology and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Clin Sport Med* 1993;12:637-670.
3. **Pasierbiński A, Jarząbek A.** Rehabilitacja po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego. *Carolina Medical Center. Warszawa* 2002:86-100.
4. **Czechowska D, Saniternik A, Sorysz T, Bac A, Sosin P, Golec E.** Ocena wyników rehabilitacji chorych po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego w okresie powrotu funkcji. *Kwart Ortop* 2010;3:361-371.
5. **Co HF, Cannon WD.** Effect of reconstruction of the anterior cruciate ligament on proprioception of the knee and the heel strike transient. *J Orthop Res* 1993;11:696-704.
6. **Georgoulis A.** Rotational instability of the ACL injured and reconstructed knee in low and high demanding activities. *Am J Sports Med* 2003;31:75-79.

7. **Isberg J.** Kinematics and laxity in the knee, before and after anterior cruciate ligament reconstruction. Department of Orthopaedics Institute of Clinical Sciences Sahlgrenska; Academy at University of Göteborg. Sweden. 2008:77-85.
8. **Tagesson S.** Dynamic knee stability after anterior cruciate ligament injury. Division of Physiotherapy; Department of Medical and Health Sciences; Linköping University. Sweden. 2008:45-57.
9. AC International East sp.z o.o.- instrukcja obsługi.
10. **Adamczyk G.** Kolano bez więzadła krzyżowego przedniego. *Acta Clin* 2002;2:11-16.
11. **Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE.** Return-to-sport outcomes at 2 to 7 years after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *J Sports Med* 2012;40:41-48.
12. **Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE.** Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *J Sports Med.* 2011;45:596-606.
13. **Mattacola CG.** Functional outcome and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train* 2002;3:262-268.
14. **McCullough KA, Phelps KD, Spindler KP, Matava MJ, Dunn WR, Parker RD, Reinke EK.** Return to high school- and college- level foot-ball after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sports Med* 2012;40:2523-2529.
15. **Chmielewski TL, Wilk KE, Snyder-Mackler L.** Changes in weight-bearing following injury or surgical reconstruction of the ACL: relationship to quadriceps strength and function. *Gait Post* 2002;16:87-95.
16. **Morawik A.** Ocena wyników postępowania usprawniającego stawu kolanowego po leczeniu artroskopowym. *Med Sport* 2008;24:258-264.
- 17.
17. **Tokarczuk K, Wodzisławski W, Puźniak A.** Ocena wydolności stawu kolanowego po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego u sportowców. *Med Sport* 1996;63:19-20.
18. **Reider B, Arcand MA, Diehl LH., Mroczek K, Abulencia A, Stroud CC, Palm M, Gilbertson J, Staszak P.** Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthros* 2003;19:2-11.
19. **Piontek T, Dudziński W, Podwika M.** Ocena propriocepcji po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego u piłkarzy. XXVI Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Medycyny Sportowej. *Med Sport* 2005:114-115.
20. **Lephart SM, Kocher MS, Fu FH.** Proprioception following ACL reconstruction. *J Sport Rehab* 1992;3:188-19
21. **Risberg MA, Beynon BD, Peura GD, Uh BS.** Proprioception after anterior cruciate ligament reconstruction with and without bracing. *Knee Surg Sports Traumatol Arthros* 1999;7:303-309.
22. **Harter RA, Ostering LR, Singer KM.** Knee joint proprioception following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Rehab* 1992;1:103-110.
23. **Henriksson M, Ledin T, Good L.** Postural control after anterior cruciate ligament reconstruction and functional rehabilitation. *J Sports Med.* 2001;29:359-366.
24. **Sechriest F, Silver S.** Return to Play After Musculoskeletal Injury. *Sports Med* 2009;3:97-116.
25. **Andriacchia T.** Dynamic function after anterior cruciate ligament reconstruction with autologous patellar tendon. *J Sports Med* 2001;29:36-44.
26. **Bush-Joseph CA, Hurwitz DE, Patel RR, Bahrani Y, Garretson R, Bach BR Jr, Andriacchi TP.** Dynamic function after anterior cruciate ligament reconstruction with autologous patellar tendon. *Am J Sports Med* 2001;29:36-41.
27. **Chmielewski T.** Asymmetrical lower extremity loading after ACL reconstruction: more than meets the eye. *J Orthop Sports Phys Ther* 2011;41:374-376.
28. **Paterno MV, Ford KR, Myer GD, Heyl R, Hewett TE.** Limb asymmetries in landing and jumping 2 years following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin J Sport Med* 2007;17:258-262.
29. **Urbach D, Nebelung W, Becker R, Awiszus F.** Effects of reconstruction of the anterior cruciate ligament on voluntary activation of quadriceps femoris. *J Bone Jt Surg* 2001;83-B:1104-1110.
30. **Eitzen I, Holm M, Risberg A.** Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Med* 2009;43:371-376.