

Zaangażowanie Autorów

- A – Przygotowanie projektu badawczego
B – Zbieranie danych
C – Analiza statystyczna
D – Interpretacja danych
E – Przygotowanie manuskryptu
F – Opracowanie piśmiennictwa
G – Pozyskanie funduszy

Author's Contribution

- A – Study Design
B – Data Collection
C – Statistical Analysis
D – Data Interpretation
E – Manuscript Preparation
F – Literature Search
G – Funds Collection

Jarosław Fabiś

Oddział Kliniczny Artroskopii Chirurgii Małoinwazyjnej i Traumatologii Sportowej UM, Łódź
Hospital Department of Arthroscopy, Minimally-Invasive Surgery and Sports Traumatology, Medical University, Łódź

Wpływ treningu izokinetycznego na moment siły mięśni prostowników i zginaczy kolana u chorych po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego za pomocą ścięgien zginaczy

The impact of isokinetic training program on the peak torque of the quadriceps and knee flexors after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings

Słowo kluczowe: więzadło, staw kolanowy, rehabilitacja, trening izokinetyczny
Key words: ligament, knee joint, rehabilitation, isokinetic training

STRESZCZENIE

Wstęp. W pracy dokonano oceny momentu siły zginaczy (ZK) i mięśnia czworogłowego uda (QM) po 12 i 24 tygodniach od rekonstrukcji izolowanego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego (WKP) zginaczami kolana.

Materiał i metody. Badaniu poddano 20 chorych (8 kobiet i 12 mężczyzn) ze średnim wiekiem 31,5. Badanie wykonano na aparacie Biodex System 3 przy prędkości 180 stopni/s. U wszystkich chorych po 12 tygodniach od zabiegu wdrożono ćwiczenia izokinetyczne przez 12 tygodni przy prędkości 240 stopni (6 tygodni) i 180 stopni (6 tygodni) przez 20 minut dziennie pięć razy w tygodniu.

Wyniki. Różnica momentu siły mięśnia QM operowanej kończyny w stosunku do zdrowej wynosiła w 12 i 24 tygodniu od zabiegu średnio 38% i 14%, a dla ZK odpowiednio 25% i 4,3%. Odnotowana redukcja różnicy momentu siły QM i ZK prostowników operowanej kończyny były statystycznie (p=0,05). Spadek momentu siły QM był statystycznie wyższy od momentu siły ZK 12 i 24 tygodnie po operacji (p=0,05).

Wnioski. Badania własne pokazują, że 12 tygodniowy trening izokinetyczny może przynieść wzrost momentu siły zginaczy i prostowników kolana o średnio 20 i 24%. Badanie izokinetyczne momentów siły ZK i QM kolana powinno być standardem w obiektywizacji procesu rehabilitacji chorych po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego.

SUMMARY

Background. The purpose of this study was to evaluate the peak torque of the knee flexors (H) and the quadriceps muscle (Q) at 12 and 24 weeks after isolated anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus and gracilis autografts.

Material and methods. There were 20 patients (8 females, 12 males), with the mean age of 31.5 years. An isokinetic examination of the muscles was performed with a Biodex System 3 isokinetic dynamometer at a speed of 180 degrees/sec. All patients underwent 12 weeks of isokinetic training for 20 minutes 5 times a week (240 degrees/sec for 6 weeks and 180 degrees/sec for 6 weeks) beginning 12 weeks after surgery.

Results. The average peak torque difference between the healthy and operated limb at 12 and 24 weeks postoperatively was 38% and 14% for Q and 25% and 4.3% for H respectively. The decrease in peak torque differences was statistically significant for both H and Q (p=0.05). The decrease in Q peak torque was significantly higher than that of H peak torque 12 and 24 weeks after surgery.

Conclusions. These results indicate that 12-week isokinetic training can increase the peak torque of H and Q by 20% and 24% respectively. An isokinetic examination of Q and H peak torques should become a standard procedure for evidence-based monitoring of the rehabilitation process after anterior cruciate ligament reconstruction.

Liczba słów/Word count: 2486

Tabele/Tables: 1

Ryciny/Figures: 0

Piśmiennictwo/References: 11

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Prof. UM dr hab. n. med. Jarosław Fabiś

USK nr 2 im WAM

90-549 Łódź, ul. Żeromskiego 113, Tel/fax: (0-42) 639-35-39, e.mail: j.fabis@poczta.bluenet.pl

Otrzymano / Received

02.08.2007 r.

Zaakceptowano / Accepted

26.10.2007 r.

WSTĘP

Koncepcja izokinetycznych ćwiczeń opiera się na założeniu stałej prędkości kątowej poruszanej kończyny dzięki właściwemu automatycznemu dopasowaniu oporu w stosunku do siły testowanego mięśnia lub grupy mięśniowej [1]. Pozwala to nie tylko dokonać obiektywnego pomiaru siły testowanych mięśni, ale równocześnie wdrożyć specjalistyczny izokinetyczny trening [1]. Siła generowana przez mięsień nie jest stała w określonym zakresie ruchu i zależy od kąta ustawienia kończyny w danym stawie, ramienia dźwigni, długości i napięcia włókien mięśniowych [1]. Zastosowanie idei izokinetycznych ćwiczeń pozwala na wyeliminowanie słabości treningu izotonicznego, w którym należy tak dobrać opór, aby mięsień lub mięśnie mogły go pokonać w najslabszym punkcie zakresu ruchu [1]. Od dawna trening izokinetyczny jest traktowany jako ważne uzupełnienie programu rehabilitacji po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego [1,2,3] oraz sposób obiektywizacji siły mięśniowej [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]. Celem pracy jest ocena momentu siły prostowników (QM) i zginaczy kolana (ZK) po wdrożeniu 12 tygodniowego treningu izokinetycznego u chorych po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego (WKP) wykonanej przy pomocy zginaczy.

MATERIAŁ I METODY

Materiał kliniczny obejmuje 20 chorych (7 kobiet i 12 mężczyzn) w wieku od 16 do 47 lat (średni wiek 31,5 lat). Wszyscy chorzy operowani byli przez autora pracy tą samą techniką (zginacze – ścięgno mięśnia smukłego i półścięgnistego, stabilizacja przeszczepu pinami i śrubą bioabsorbującą) z powodu izolowanego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego. Klinicznym kryterium zakwalifikowania chorych do badań był pełny wyprost oraz zgięcie $> 100^\circ$ w 12 tygodniu od rekonstrukcji. Do 12 tygodnia od zabiegu stosowano standardowy program rehabilitacji z uwzględnieniem ćwiczeń w zamkniętych łańcuchach kinematycznych, trening propriocepcji na platformie MTD [11] i Balans System oraz Gait Trainer 3. Obciążanie operowanej kończyny rozpoczynano zaraz po zabiegu dochodząc do pełnego obciążania w 6 tygodniu od zabiegu [3] pod kontrolą platformy MTD. Po 6 tygodniach wprowadzano ćwiczenia na rowerze i stepperze. Po 12 tygodniach od zabiegu wykonano pomiar momentu siły mięśnia czworogłowego uda i zginaczy kolana na dynamometrze Biodex 3 przy prędkości 180 stopni/s [1]. Przez ko-

BACKGROUND

The concept of isokinetic training is based on the assumption that a constant angular velocity of the moved limb can be achieved through optimal automatic matching of resistance to the strength of the muscle or muscle group being tested [1]. In this way, muscle strength can be measured in an objective manner, and specialised isokinetic exercises can be implemented at the same time [1]. The strength generated by a muscle in a specific range of movement is not constant, depending on the angle of the limb in the joint, on the lever arm and the length and tension of muscle fibres [1]. The application of the idea of isokinetic training eliminates the shortcomings of isotonic exercises, where resistance is selected so that the muscle or muscles can overcome it at the weakest point of the movement range [1]. For many years now, isokinetic training has been regarded as an important adjunct to rehabilitation programmes after anterior cruciate ligament reconstruction [1,2,3] and a method enabling objective measurement of muscle strength [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]. The purpose of this study was to evaluate the peak torque of the quadriceps muscle (Q) and the knee flexors (H) on completion of a 12-week isokinetic training programme in patients who had undergone anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings 12 weeks earlier.

MATERIAL AND METHODS

The study group included 20 patients (7 females and 12 males) aged from 16 to 47 (mean age 31.5 years). All patients were operated by the author using the same technique (the flexors – the gracilis and semitendinosus muscle tendons followed by graft stabilization using pins and a bioabsorbable screw) for isolated anterior cruciate ligament injury. The presence of a full extension and $> 100^\circ$ flexion in the 12th week after the surgery was the clinical enrolment criterion for the study. The patients were subjected to a standard rehabilitation program until the 12th week after surgery, including exercises in closed kinematic chains, proprioceptive training on an MTD platform [11], exercises with the Balance System and Gait Trainer 3. Weight-bearing of the operated limb began immediately after surgery, with full weight-bearing in the 6th week after surgery monitored with the MTD platform [3]. Exercises on a static exercise bike and a stepper were introduced after 6 weeks. The peak torques of the quadriceps (Q) and the knee flexors (H) were measured using a Biodex 3 dynamometer at a speed of 180 degrees/sec 12 weeks after

lejne 12 tygodni chorzy mieli wdrożony trening izokinetyczny przez 20 minut przy prędkości 240 stopni/s (6 tygodni) i następnie 180 stopni/s (kolejne 6 tygodni). Po tym okresie wykonano ponownie pomiar przy prędkości 180 stopni/s. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej – testem U-Manna Whitneya przy $p = 0.05$.

WYNIKI

W Tabeli 1 zestawiono dane dotyczące badanych chorych oraz wyniki pomiarów. Średni deficyt momentu siły mięśnia czworogłowego uda wynosił 38%, a zginaczy 25,2% w stosunku do strony zdro-

surgery [1]. During the next 12 weeks the patients underwent an isokinetic training program for 20 minutes at a speed of 240 degrees/sec (6 weeks) and then at 180 degrees/sec (next 6 weeks). After this period another measurement was performed at 180 degrees/sec. The results were subjected to a statistical analysis (U-Mann-Whitney test, $p=0.05$).

RESULTS

Patient data and the results of the measurements are presented in Table 1. The mean deficit of the Q peak torque was 38%, and of the H peak torque 25.2% of the torque in the healthy (control) limb.

Tab. 1. Podstawowe dane dotyczące badanych chorych oraz wyniki pomiarów momentu siły mięśnia czworogłowego i zginaczy (- oznacza przyrost momentu siły operowanej kończyny powyżej wartości kończyny zdrowej)

Tab. 1. Basic patient characteristic and measurement results of the Q and H peak torques (- denotes an increase in the peak torque of the operated limb above the value for the healthy limb)

Płeć Sex	QM 12 Q 12	QM 24 Q 24	ZK 12 H 12	ZK 24 H 24	Okres obserwacji Duration of follow-up	Wiek w latach Age in years	K L
M/M	54.2	27.7	31.6	13.6	15	24	1
M/M	27.7	0.4	46.5	-5	12	23	0
M/M	28.9	29	1.8	-17.8	14	45	0
M/M	36.7	4.4	44	31.9	16	23	0
M/M	30.1	-11	46.1	1	12	34	0
M/M	39.1	23.4	23.2	1.2	12	47	0
M/M	31.1	17.4	21.5	-2.4	12	29	0
M/M	53.1	23.4	26.5	4.6	12	25	1
K/F	25.6	3.6	18.9	2.4	12	45	0
M/M	37.8	-2.1	23.1	2.7	12	23	0
M/M	36.4	5.7	19.4	-2.3	12	31	1
M/M	33.8	10.5	23.1	7.9	12	29	0
M/M	37.3	18.2	16.7	-2.1	12	42	0
K/F	56.8	38.6	10.8	1.8	11	38	0
K/F	50.2	24.3	49.9	17.2	12	47	1
K/F	29.2	20.8	28.5	20.5	12	33	0
K/F	60.2	17.5	24.7	8.8	12	33	0
K/F	39.5	17.8	16.3	-3.2	12	21	0
K/F	24.7	9.4	9.3	4.2	16	16	0
K/F	32.1	9.3	21.1	1.2	12	23	0
Średnia/ Mean	38.2	14.4	25.1	4.3	12.6	31.5	
Od. stand. Standard deviation	10.9	12.1	12.9	10.5		1.4	9.6

QM12 – moment siły mięśnia czworogłowego uda 12 tygodni po zabiegu

QM24 – moment siły mięśnia czworogłowego uda 24 tygodnie po zabiegu

ZK12 – moment siły zginaczy kolana 12 tygodni po zabiegu

ZK24 – moment siły zginaczy kolana 24 tygodnie po zabiegu

K – kończyna; prawa – 0, lewa – 1

Q 12 – peak torque of quadriceps 12 weeks after surgery

Q 24 – peak torque of quadriceps 24 weeks after surgery

H 12 – peak torque of knee flexors 12 weeks after surgery

H 24 – peak torque of knee flexors 24 weeks after surgery

L- limb; right – 0, left – 1

wej – kontrolnej. Po zastosowanym treningu różnice momentów siły zmniejszyły się średnio dla QM o 23,8% i 20,7% dla ZK. Odnotowane zmiany były znamienne statystycznie ($p=0,05$). Przeprowadzona analiza wykazała również, że różnica momentu siły QM była znamienne statystycznie wyższa od różnicy momentu siły ZK operowanej kończyny dla pomiaru wyjściowego i po 12 tygodniach rehabilitacji.

DYSKUSJA

Własne badania potwierdzają opinię innych autorów odnośnie przydatności badania i treningu izokinetycznego w rehabilitacji chorych po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego [1,3,4,5,6,7,8,9,10]. System Biodex 3 umożliwia indywidualny dobór oporu treningowego na dwóch płaszczyznach – wybór odpowiedniej prędkości (30-500 stopni/s) oraz automatyczny dobór oporu przez urządzenie, tak aby chory był w stanie utrzymać żądaną prędkość w zależności od fazy rehabilitacji i stanu miejscowego [1]. Jak wykazał Keays i wsp. uszkodzenie WKP powoduje zmniejszenie momentu siły QM, a sam zabieg jego rekonstrukcji dodatkowo pogłębia to zjawisko [8]. W prezentowanym materiale nie udało się wykonać wyjściowego pomiaru momentu sił ZK i MQ. Tym niemniej zastosowany trening izokinetyczny w połączeniu z dodatkowymi ćwiczeniami pozwolił na zmniejszenie deficytu momentów siły ZK i MQ o odpowiednio średnio 24% i 20%. Uzyskane wyniki były znamienne statystycznie. W dostępnym piśmiennictwie nie znaleziono prac analizujących wpływ 12 tygodniowego treningu izokinetycznego u chorych po rekonstrukcji WKP przy pomocy zginaczy na wartość momentu siły QM i ZK. Szereg autorów wykazało obecność deficytu momentu siły QM i ZK u chorych po rekonstrukcji WKP w stosunku do drugiej zdrowej kończyny [4,9,10]. Co więcej, zmniejszenie momentu siły QM i ZK utrzymuje się nawet po 2 latach od zabiegu [6,9]. Własne badania oraz wyniki innych autorów jednoznacznie wskazują na potrzebę monitorowania momentów siły QM i ZK po rekonstrukcji WKP celem obiektywizacji procesu rehabilitacji.

WNIOSKI

1. Dwunastotygodniowy trening izokinetyczny u chorych po rekonstrukcji izolowanego uszkodzenia

Following the exercise program the peak torque differences decreased on average by 23.8% for Q and 20.7% for H. The changes were statistically significant ($p=0.05$). The analysis also revealed that the Q peak torque difference of the operated limb between the initial measurement and after 12 weeks of rehabilitation was significantly higher than the H peak torque difference.

DISCUSSION

The present study confirms the opinions of other author's concerning the usefulness of isokinetic examinations and training in the rehabilitation of patients after anterior cruciate ligament reconstruction [1,3,4,5,6,7,8,9,10]. The Biodex 3 System allows for a customized selection of training resistance in two planes: the choice of appropriate velocity (30-500 degrees/sec) and an automatic selection of resistance by the System so that the patient can maintain the required velocity depending on the stage of rehabilitation and local lesions [1]. Keays et. al. demonstrated that an injury to the anterior cruciate ligament results in a decrease of the Q peak torque, with reconstruction surgery additionally aggravating this abnormality [8]. The present author did not manage to obtain baseline quadriceps and knee flexor peak torque data. Nevertheless, the isokinetic training in combination with additional exercises resulted in a decrease of the deficit of the Q and H peak torques by an average of 24% and 20% respectively. The results were statistically significant. The available literature lacks papers analyzing the impact of a 12-week isokinetic training program on the peak torque values of the quadriceps and the knee flexors in patients after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. Many authors have demonstrated a deficit of the quadriceps and knee flexor peak torques in patients after anterior cruciate ligament reconstruction in relation to the healthy limb [4,9,10]. Moreover, the decrease in the peak torques of the quadriceps and the knee flexors was present as long as 2 years after surgery [6,9]. The results of this as well as other studies clearly underline the need to monitor the peak torques of the quadriceps and the knee flexors after anterior cruciate ligament reconstruction in order to provide an objective assessment of the process of rehabilitation.

CONCLUSIONS

1. A 12-week isokinetic training program in patients after hamstring reconstruction of an isolated ante-

więzadła krzyżowego przedniego za pomocą ścięgien zginaczy pozwala na zwiększenie momentu siły mięśni zginaczy kolana i mięśnia czworogłowego uda średnio o 20% i 24%.

2. Badanie izokinetyczne momentów siły mięśni zginaczy i prostowników kolana powinno być standardem w objektywizacji procesu rehabilitacji chorych po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego.

rior cruciate ligament injury increases the peak torque of the quadriceps and knee flexors by an average of 20% and 24%.

2. Isokinetic measurement of H and Q peak torques should become a standard procedure for evidence-based monitoring of the rehabilitation process in patients after anterior cruciate ligament reconstruction.

PIŚMIENNICTWO / REFERENCE

1. Davies G.A Compendium of Isokinetics in Clinical Usage. 4th ed. Lacrosse, S and S Publishers, 1984.
2. Coury HJ, Brasileiro JS, Salvini TF, Poletto PR, Carnaz L, Hansson GA. Change in knee kinematics during gait after eccentric isokinetic training for quadriceps in subjects submitted to anterior cruciate ligament reconstruction. *Gait Posture*. 2006 ;24:370-4.
3. Weber MD, Woodall W.R. Knee rehabilitation. W Andrews J.R. Harrelson G.L, Wilk K.E editors. *Physical Rehabilitation of the Injured Athlete*, 3rd edition, Saunders. 2004;377-428.
4. Dauty M, Tortellier L, Rochcongar P. Isokinetic and anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings or patella tendon graft: analysis of literature. *Int J Sports Med*. 2005;26:599-606.
5. de Jong SN, van Caspel DR, van Haeff MJ, Saris DB. Functional assessment and muscle strength before and after reconstruction of chronic anterior cruciate ligament lesions. *Arthroscopy*. 2007; 23:21-8.
6. Elmlinger BS, Nyland JA, Tillett ED. Knee flexor function 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus-gracilis autografts. *Arthroscopy*. 2006 ;22:650-5.
7. Fabiś J, Grygorowicz M. Wartość badania izokinetycznego mięśnia czworogłowego i zginaczy kolana po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego. *Doniesienie wstępne. Kwart Ortop*. 2005;4: 270-2.
8. Keays SL, Bullock-Saxton J, Keays AC. Strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*. 2000 ;373:174-83.
9. Natri A, Järvinen M, Latvala K, Kannus P. Isokinetic muscle performance after anterior cruciate ligament surgery. Long-term results and outcome predicting factors after primary surgery and late-phase reconstruction. *Int J Sports Med*. 1996;17:223-8.
10. Parisaux J,M, Boileau J,M, Desnuelle C. Isokinetic evaluation of the knee flexor muscles after anterior cruciate ligament reconstruction using gracilis and semitendinous tendon grafts. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2004; 90:33-9.
11. Fabiś J, Zwierzchowski T. Ocena propriocepcji po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego przy pomocy platformy tensometrycznej. *Kwart Ortop*. 2005;4:273-4.