

Isokinetische Trainingstherapie in der postoperativen Weiterbehandlung nach Eingriffen am Kniegelenk

Thomas M¹, Kubaile C², Busse M²

Orthopädische Klinik und Poliklinik der Universität Leipzig¹ (Direktor: Prof. Dr. med. G. von Salis-Soglio)
Institut für Sportmedizin/Sportmedizinische Ambulanz und Rehabilitationszentrum der Universität Leipzig²
(Direktor: Prof. Dr. med. M. W. Busse)

Zusammenfassung

Fragestellung: Die stadienhafte Rehabilitation ist in der Weiterbehandlung nach Eingriffen am Kniegelenk weitgehend einheitlich definiert. Unterschiedliche Angaben bestehen dagegen zur Durchführung der medizinischen Trainingstherapie. Keine Untersuchungen liegen bislang zur Effektivität isokinetischer Seilzugverfahren für lineare Belastungen in der geschlossenen Kette vor. Ziel der vorliegenden Studie war die Überprüfung eines Trainings- und Meßverfahrens, das als quantitativ definierte Komponente in das bestehende Konzept der Rehabilitation nach Knie-Operationen eingebunden werden kann. Hierbei ging es vor allem um 2 Schwerpunkte: 1. Eignung eines isokinetischen Seilzugerätes („Moflex[®]“, Recotec/Bernina, Schweiz), das in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt und vom klinischen Befund des Kniegelenks passiv als Knieschiene, aktiv-assistiv und aktiv genutzt werden kann; 2. Bedeutung der täglichen Datenerfassung zur Therapiesteuerung (präzise Vorgabe von Belastungsintensität und -dauer)

Material und Methode: Im Rahmen einer prospektiven Studie nahmen insgesamt 36 Patienten (23 Männer, 13 Frauen, Alter von 19 bis 58 Jahre) mit verschiedenen operativ behandelten Knieerkrankungen an einem standardisierten Rehabilitationsprogramm teil. Trainingstechnischer Schwerpunkt war das o.g. isokinetische Seilzugerät.

Ergebnisse:

1. Die schmerzfrei mögliche Kraft nahm bis zum 16. Rehabilitationstag im Mittel um ca. 80% zu.
2. Das zu Rehabilitationsbeginn nachgewiesene Kraftdefizit gegenüber der gesunden Seite war nach 16 Rehabilitationstagen nahezu ausgeglichen.
3. Es existierten nach dieser Zeit im Mittel keine relevanten Bewegungseinschränkungen und Störungen des Gangbildes.

Fazit: Die Ergebnisse zeigen eine hohe Effektivität der Seilzugisokinetik in der Rehabilitation nach Operationen am Kniegelenk. Es werden erste Referenzwerte zu Steigerungsraten eines linearen isokinetischen Systems im Rahmen der Rehabilitation nach Eingriffen am Kniegelenk vorgestellt.

Schlüsselwörter: Kniegelenk, Rehabilitation, Isokinetik, Kraftmessung

Einleitung

Allgemein:

Während die grundsätzlichen Vorteile der forcierten Rehabilitation unbestritten sind, unterscheiden sich die Durchführungsrichtlinien mehr oder minder deutlich in Abhängigkeit vom jeweiligen Autor. Einheitliche, *quantitativ* definierte Trainingsprotokolle sind dabei nicht die Regel. Weitgehende Einigkeit besteht darin, daß Quadrizepsbelastungen in der offenen Kette (Kniestreckung ohne Einbeziehung von Fuß und oberem Sprunggelenk, Abb.1) vermieden werden sollten [5,16]. Hierbei treten bei Winkeln <45° erhebliche Scherkräfte mit Wirkung auf Gelenk und vorderes Kreuzband auf [1,2,3,10]. Bei Belastungen in der geschlossenen Kette scheint dies Problem durch gleichzeitige Aktivierung von Kniestreckern und Antagonisten keine oder allenfalls eine geringe Rolle zu spielen [5,8].



Abbildung 1 Kniebelastung in einer einfachen offenen Bewegungskette am Seilzuggerät. Die variable funktionelle Gelenkachse bleibt erhalten. Scherkräfte entstehen bei Streckung von 45° bis 0° ausschließlich durch vermehrte Unterschenkeltranslation.



Abbildung 2 Kniebelastung in der offenen Bewegungskette am rotatorischen isokinetischen System (Cybex-Norm®). Zusätzliche Scherkräfte entstehen durch die Inkongruenz der funktionellen Gelenkachse und der starren Achse des rotatorischen Systems in Kombination mit einer Fixierung des Unterschenkels.

Isokinetik in der Rehabilitation

Für isokinetische Belastungen gelten die genannten Überlegungen entsprechend. Die bei den üblichen rotatorischen Systemen (z.B. Cybex®) angewandte Belastung in der offenen Kette (Abb. 2) beinhaltet erhebliche Risiken [13], die durch eine Gerätemodifikation (Abb. 3) oder durch ein lineares isokinetisches Seilzugsystem (Abb. 4, Moflex®-Knieschiene) vermieden werden können. Dabei bleibt die besondere Charakteristik der Isokinetik, nämlich beliebige Übergänge von passiver zu aktiv-assistiver bzw. aktiver Belastung erhalten. Dies wird dem Hauptziel der früh-postoperativen Rehabilitation, der regenerativen Reizsetzung gerecht. Im Gegensatz zu einer größeren Zahl von Untersuchungen an rotatorischen Systemen (Cybex®) sind uns keine Therapiestudien mit isokinetischen Seilzugsystemen am Knie bekannt.



Abbildung 3 Kniebelastung in der geschlossenen Bewegungskette am Cybex-Norm®. Die rotatorische Bewegung wird in eine pseudo-lineare umgesetzt. Die variable funktionelle Gelenkachse bleibt erhalten. Durch Aktivierung von Agonisten und Antagonisten erfolgt eine muskuläre Zuggurtung des Kniegelenks. Eine gefährliche Translation des Unterschenkels tritt nicht auf.



Abbildung 4 Kniebelastung in der geschlossenen Bewegungskette mit einer linearen Knieführungsschiene in Kombination mit einem isokinetischen Seilzugsystem (Moflex®). Kritische Scherkräfte treten nicht auf, da die funktionelle Gelenkachse erhalten bleibt und eine Koaktivierung der Kniebeuger das Gelenk stabilisiert.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Effekte der Seilzugsisokinetik nach Operationen am Kniegelenk in Hinsicht auf Kraft- und Schmerzentwicklung untersucht.

Methodik:

An der Studie nahmen 36 Patienten (23 Männer, 13 Frauen, mittleres Alter 31,2 Jahre) teil. Schwerpunkt der Medizinischen Trainingstherapie waren die Übungen am Seilzug-Isokinetikgerät „Moflex®“ (Recotec/Bernina, Steckborn/Schweiz). Bei der Seilzugisokinetik handelt es sich um ein lineares System mit einer speziellen Knieführungsschiene (Abb. 4). Es kamen therapeutische Geschwindigkeiten von 0,2 und 0,3 m/s zur Anwendung.

Folgende Knieerkrankungen wurden behandelt: Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes (VKB) n=20, Meniskusläsion n=11, Komplexverletzungen n=3 (kombiniert Innenband-, Innenmeniskus- und vordere Kreuzbandruptur; Tibiakopffraktur, vordere und hintere Kreuzbandruptur; Patellafraktur und vordere Kreuzbandruptur); Patellaluxation n=2. Im Mittel begann das ambulante Rehabilitationsprogramm 34 (\pm 24) Tage postoperativ. Das Programm wurde durch eine angemessene Physiotherapie ergänzt.

Die initiale Belastungsintensität wurde nach den Vorgaben des Operators festgelegt. Die tägliche Anpassung der Kraft erfolgte in Abhängigkeit vom Schmerz und von der Reaktionslage des Gelenkes. Im Rahmen der isokinetischen Belastung wurden jeweils 4 Serien à 40 Wiederholungen mit jeweils 30 sec Pause durchgeführt. Die Kraftwerte wurden täglich gespeichert, grafisch dargestellt und als Grundlage für das Training des Folgetages genutzt. Begrenzende Richtgröße für die Belastung war die auf einer visuellen Analogskala (VAS) täglich vor und nach dem Training erfaßte Schmerzstärke. Zusätzlich erfolgte zu Beginn und Abschluß des Reha-Programms eine klinische Untersuchung mit Erfassung von Kniebeweglichkeit und Umfangsmessung.

Statistik:

Es wurden Mittelwert (MW) und Standardfehler des Mittelwerts (SEM) berechnet. Differenzen wurden auf Signifikanz mit dem t-Test für verbundene Stichproben überprüft, da im intraindividuellen Vergleich grundsätzlich Normalverteilung angenommen werden kann. Für Signifikanzangaben gilt hierbei: $p < 0.001$ **** (extrem signifikant); $p < 0.005$ *** (sehr signifikant); $p < 0.01$ ** (signifikant); $p < 0.05$ * (schwach signifikant); $p > 0,05$ n.s. (nicht signifikant).

Ergebnisse

Kraft:

Die Entwicklung der isokinetischen Trainingsbelastung ist in Abbildung 5 dargestellt. 10 Tage nach Rehabilitationsbeginn war eine Steigerung der mittleren konzentrischen bzw. exzentrischen Trainingskraft um 96% bzw. 129%, bei Abschluß der Maßnahme nach im Mittel 16 Tagen um 162% bzw. 188% nachweisbar.

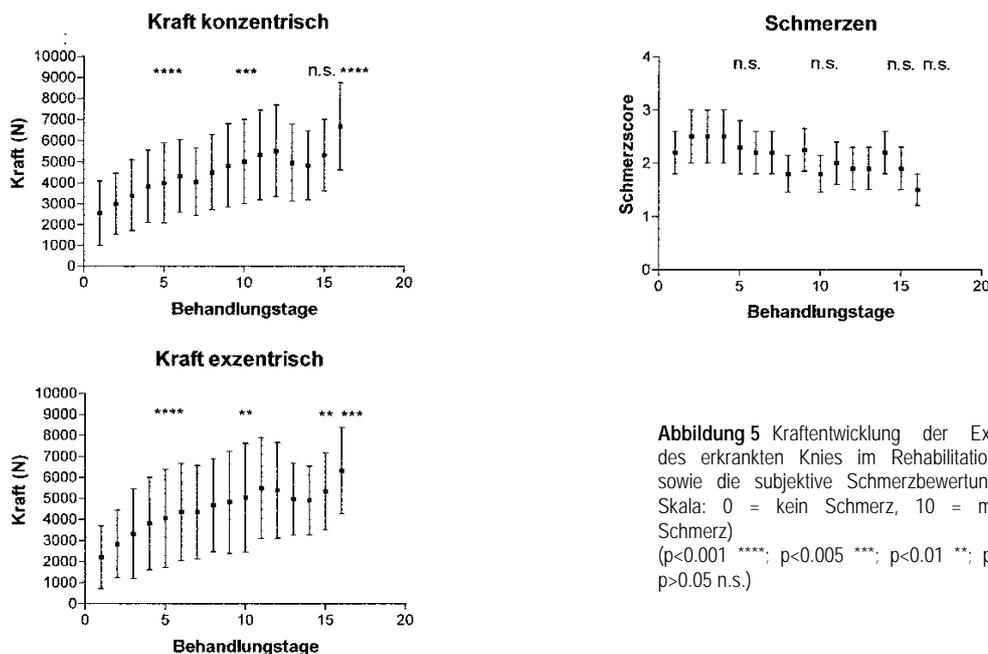


Abbildung 5 Kraftentwicklung der Extensoren des erkrankten Knies im Rehabilitationsverlauf sowie die subjektive Schmerzbewertung (VAS-Skala: 0 = kein Schmerz, 10 = maximaler Schmerz) ($p < 0.001$ ****; $p < 0.005$ ***; $p < 0.01$ **; $p < 0.05$ *; $p > 0.05$ n.s.)

Beweglichkeit: Im Vergleich zum Rehabilitationsbeginn konnte eine signifikante Verbesserung der Kniegelenksbeweglichkeit erreicht werden. Insgesamt waren bei Rehabilitationsende die Unterschiede in der Beweglichkeit zwar signifikant, die absoluten Unterschiede allerdings gering (Tabelle 1).

| | Reha-Beginn | Reha-Abschluß | Differenz Beginn/Abschluß |
|--------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Streckung (krank) | 0 | 1 | 1 (0.23) ** |
| Differenz (krank/gesund) | 2 (0.6) *** | 1 (0.6) ** | |
| Beugung (krank) | 109 | 133 | 24 (3.3) **** |
| Differenz (krank/gesund) | 33 (3.7) **** | 9 (1.5) **** | |

Tabelle 1 Kniegelenksbeweglichkeit (Mittelwerte) bei Beginn und Abschluß der Rehabilitation (Angaben in Grad; SEM in Klammern)

Schwellung: Die entsprechenden Daten sind in Tabelle 2 angegeben. Weder zu Therapiebeginn noch im Rehabilitationsverlauf bestand eine relevante Schwellung im Vergleich zur gesunden Extremität.

| | krank | gesund | Differenz krank/gesund |
|--------------------------------|-------|--------|------------------------|
| 20 cm über Gelenkspalt | | | |
| A) | 48 | 51 | 3 (0,29) |
| B) | 50 | | 1 (0,13) |
| 10 cm über Gelenkspalt | | | |
| A) | 41 | 41 | 0 (0,38) |
| B) | 41 | | 0 (0,39) |
| Gelenkspalt | | | |
| A) | 38 | 37 | 1 (0,18) |
| B) | 38 | | 1 (0,18) |
| 10 cm unter Gelenkspalt | | | |
| A) | 37 | 37 | 0 (0,16) |
| B) | 37 | | 0 (0,16) |

Tabelle 2 Umfangsmessung (Mittelwerte) bei Beginn (A) und Abschluß (B) der Rehabilitation (Angaben in cm; SEM in Klammern)

Diskussion

Isokinetische Test- und Trainingsverfahren gehören bei der Rehabilitation von Knieerkrankungen zum Behandlungsstandard. Schwer verständlich ist in diesem Zusammenhang die routinemäßige Anwendung rotatorischer isokinetischer Systeme in der offenen Kette, da hierbei eine erhebliche Belastung des vorderen Kreuzbandes nachgewiesen wurde [1,2,5,10,16]. Unter diesen Bedingungen kann bereits ein einziger, frühzeitiger Maximaltest zu einer irreversiblen Strukturschädigung führen.

Kernpunkte der Medizinischen Trainingstherapie nach Kreuzbandoperationen sind die Vermeidung von Transplantatdegeneration [6,7,9,12] und eine beschleunigte Bänderheilung [4,11,12,14,15]. Der erforderliche Trainingsreiz sollte aus o.g. Gründen nicht in der offenen, sondern geschlossenen Kette erfolgen [1,2,10]. Durch gleichzeitige Aktivierung von Streckern und Beugern bei Übungen in der geschlossenen Kette tritt aufgrund der muskulären Koaktivierung und damit verbundenen Zuggurtung eine deutlich geringere Belastung des vorderen Kreuzbandes auf [5,8]. Die Seilzugisokinetik in Kombination mit der vorgestellten Führungsschiene erlaubt eine streng lineare Belastung in der geschlossenen Kette. Somit bleiben die typischen Vorteile der Isokinetik unter Ausschluß der Problematik rotatorischer Systeme erhalten.

In der vorliegenden Studie kam es hinsichtlich der Kraft nach im Mittel 16 Tagen zu einer Verringerung der initialen Seitendifferenz auf 6%. Die Kraftzunahme repräsentiert neben den klinischen Untersuchungsparametern letztendlich die Effektivität der gesamt-rehabilitativen Maßnahme. In der vorliegenden Studie fand sich bei Rehabilitationsende eine deutlich verbesserte, nahezu seitengleiche Kraft bei Schmerzfreiheit und nahezu freier Beweglichkeit. Die geringe Patientenzahl und daher fehlende Differenzierung in Indikationsgruppen schränken das Ergebnis allerdings deutlich ein. Unabhängig davon

werden erstmalig Angaben zu Steigerungsraten bei isokinetischem Seilzugtraining im Rahmen eines Rehabilitationsprogrammes nach Knieoperationen gemacht.

Literatur

1. Arms SW, Pope MH, Johnson RJ, Fischer RA, Arvidsson I, Eriksson E (1984) The biomechanics of anterior cruciate ligament rehabilitation and reconstruction. *Am J Sports Med* 12: 8-18
2. Beynon BD, Howe JG, Pope MH, Johnson RJ, Fleming BC (1992) The measurement of anterior cruciate ligament strain in vivo. *Intern Orthop (SICOT)* 16: 1-12
3. Beynon BD, Fleming BC, Pope MH, Nichols CE, Johnson RJ, Renström PA, Stankewich CJ (1993) The measurement of anterior cruciate ligament strain during rehabilitation in-vivo. *Trans Orthop Res* 39: 308
4. Bosch U, Kasperczyk W, Marx M, Reinert C, Oestern H, Tscherne H (1989) Healing of graft fixation site under functional conditions in posterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg* 108: 154-158
5. Brotzman SB, Head P (1996) The knee. In: Brotzman SB (ed) *Clinical orthopedic rehabilitation*. Mosby, St. Louis: 183-243
6. Dahners LE, Torke MD, Gilbert JA, Lester GE (1989) The effect of motion on collagen synthesis, DNA synthesis and fiber orientation during ligament healing. *Trans Orthop Res Soc* 14: 299
7. Dahners LE, Padett I (1990) The effect of joint motion on collagen-organization in healing ligaments. *Trans Orthop Res Soc* 14:299
8. Fleming BC, Beynon BD, Renström PA, Johnson RJ, Nichols CE, Peura GD, Uh BS (1999) The strain behaviour of the anterior cruciate ligament during stair climbing: an in vivo study. *Arthroscopy* 15: 185-191
9. Gamble JG, Edwards CC, Max SR (1984) Enzymatic adaptation in ligaments during immobilization. *Am J Sports Med* 12: 221-228
10. Henning CE, Lynch MA, Glick KR (1985) An in vivo strain gage study of elongation of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 13: 22-26
11. Kasperczyk WJ, Bosch U, Oestern H-J, Tscherne H (1991) Influence of immobilization on autograft healing in the knee joint. *Arch Orthop Trauma Surg* 110: 158-161
12. Laros GS, Tipton CM, Cooper RR (1971) Influence of physical activity on ligament insertions in the knees of dogs. *J Bone Joint Surg* 53-A: 275-286
13. Mangine RE, Eifert-Mangine M (1992) Isokinetik approach to selected knee pathologies. In: Davies GJ (ed) *A compendium of isokinetics in clinical usage*. S&S Publishers, Onalaska, 285-305
14. Muneta T, Yamamoto H, Takakuda K, Sakai H, Furya K (1993) Effects of postoperative immobilization on the reconstructed anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 21: 305-313
15. Pässler HH, Deneke J, Dahners IE (1992) Augmentated repair and early mobilization of acute anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 20: 6
16. Pässler HH, Shelbourne KD (1993) Biologische, biomechanische und klinische Konzepte zur Nachbehandlung nach Bandeingriffen am Knie. *Orthopäde* 22: 421-435

Korrespondenzadresse: Dr. med. Michael Thomas
Orthopädische Klinik und Poliklinik der Universität Leipzig
Simmelweisstraße 10, D-04103 Leipzig
e-mail: <http://www.Drmtho@aol.com>; Fax: -49341-9723109; Tel.: -49341-9723103