

ORIGINAL ARTICLE

Konservative VKB-Rehabilitation mit spontanem Zusammenwachsen des Kreuzbandes: Eine Fallstudie

EXERCISE IS MEDICINE

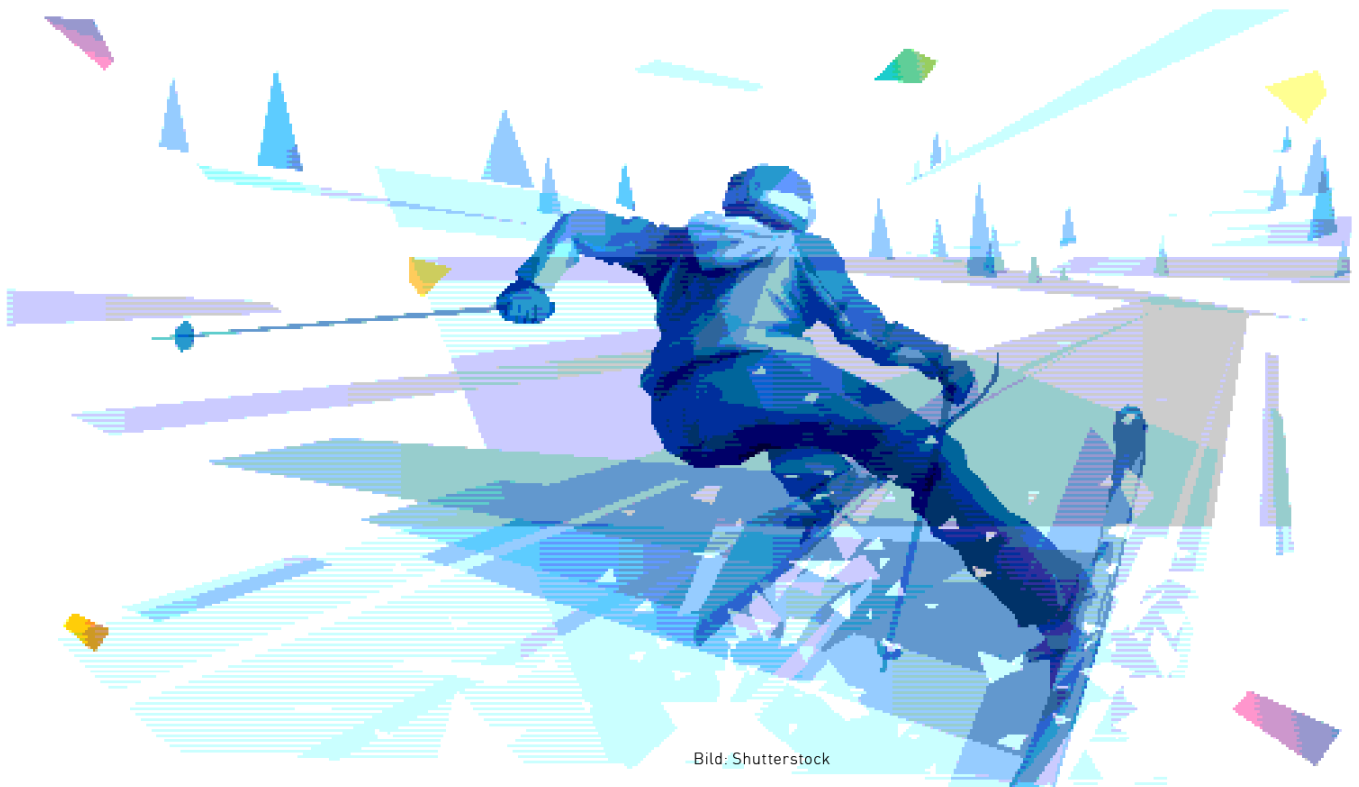


Bild: Shutterstock

Steiner Melissa¹ Luomajoki Hannu²

¹ SRO AG Spital Langenthal, Physiotherapie

² Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Departement Gesundheit, Institut für Physiotherapie

Abstract

Background: Anterior cruciate ligament (ACL) ruptures are common injuries in stop-and-go sports. The successful conservative rehabilitation after a rupture of the ACL is described in the literature. There is a paucity of literature on spontaneous healing of the ruptured ACL, which can be demonstrated using

magnetic resonance imaging (MRI).

Aim: This case study evaluates the spontaneous healing of an ACL in everyday clinical practice with structure- and function-oriented conservative rehabilitation.

Method: The physiotherapeutic conservative rehabilitation is described in a 53-year-old patient. Here, hypothesis-driven manual techniques and structure- and function-oriented advanced training were applied.

Results: After a good six months of intensive rehabilitation, a continuous cruciate ligament could be shown on the MRI. The physiotherapeutic assessments carried out showed symmetrical results.

Conclusion: In everyday clinical practice, spontaneous healing after ACL rupture by conservative physiotherapy could be demonstrated.

Zusammenfassung

Hintergrund: Rupturen des vorderen Kreuzbandes (VKB) sind häufige Verletzungen bei Stop-and-Go-Sportarten. Die konservative Rehabilitation nach einer Ruptur des VKB's wird in der Literatur erfolgreich beschrieben. Zu einer mittels Magnetresonanztomographie (MRI) nachweislichen Spontanheilung des rupturierten VKB's gibt es nur wenig Literatur.

Ziel: Diese Fallstudie evaluiert die spontane Heilung eines VKB's im klinischen Alltag mit struktur- und funktionsorientierter konservativer Rehabilitation.

Methode: Die physiotherapeutische konservative Rehabilitation wird bei einer 53-jährigen Patientin beschrieben. Dabei wurden hypothesengesteuerte manuelle Techniken und ein struktur- und funktionsorientiertes Aufbautraining angewandt.

Ergebnisse: Nach einem guten halben Jahr intensiver Rehabilitation liess sich auf dem MRI ein kontinuierliches Kreuzband darstellen. Die durchgeführten physiotherapeutischen Assessments zeigten symmetrische Resultate.

Schlussfolgerung: Im klinischen Alltag konnte eine Spontanheilung nach VKB-Ruptur durch konservative Physiotherapie aufgezeigt werden.

Introduction

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB) ist eine der häufigsten Verletzungen im Sport. Häufig reisst das VKB in Stop-and-Go-Sportarten wie Fussball, Skifahren oder Basketball. In 70% der Fälle kommt die Verletzung ohne gegnerisches Einwirken durch eine hohe Valgusbelastung des Kniegelenkes zustande [1].

Die Funktion des VKB ist die Stabilisierung des Kniegelenkes, indem es die anteriore Translation der Tibia gegenüber dem Femur bei statischen und dynamischen Bewegungen verhindert. Ebenso wird einer übermässigen Rotation der Tibia vorgebeugt. Nach einer Ruptur können Schmerzen, Schwellung und Instabilitätsgefühl auftreten, ein sogenanntes Giving way. Dieses Instabilitätsgefühl kann zu einer Einschränkung in Sport und Alltag führen.

Aus diesem Grund wird häufig zu einer Operation geraten. Eine konservative Rehabilitation nach VKB-Ruptur kann jedoch ebenso gute Resultate erreichen [2–4]. In mehreren Studien wird gar eine spontane Heilung des VKB's beschrieben [5–8].

Lässt sich eine spontane Heilung des VKB's mit konservativer Therapie im klinischen Alltag mittels MRI nachweisen?

Methods

Patientenbeschreibung

Eine sportliche 53-jährige Patientin erlitt am 8.1.2021 beim Skifahren im Tiefschnee ein Trauma ohne Kollision im linken Kniegelenk (KG). Nach 10 Tagen präsentierte sich die Patientin in der Physiotherapie mit der Diagnosestellung: VKB-Ruptur & Avulsions-Fraktur des posterolateralen Bandkomplexes der lateralen Tibia, Kontusionsödem der Articulatio femorotibialis lateralis, jeweils Zerrung der meniskokapsulären Anheftung vom Aussenmeniskus, der Quadricepsmuskulatur und der Unterschenkelextensoren, einem Gelenkserguss im KG links.

Zum Zeitpunkt der Erstvorstellung trug die Patientin eine Knieorthese von Bauerfeind (SecuTec Genu) mit freier Beweglichkeit.

Symptome

Als Hauptbeschwerde und Hauptproblem aus Patientensicht wurde der brennende, konstant-intermittierende (2-4/10 NRS) Schmerz im lateralen Bereich des Kniegelenkes bis mittig Unterschenkel beschrieben. Verstärkt wurde dieser durch unkontrollierte Bewegungen im linken KG und das gestreckte Abheben des linken Beines. Im Bereich des linken Oberschenkels wurde ein Zerrungsschmerz beschrieben, welcher v.a. auf Druck ausgelöst werden konnte (0-1/10 NRS). Als weiteres Hauptproblem wurde das Instabilitätsgefühl im linken KG beschrieben.

Klinische Befunde

Inspektorisch zeigte sich ein Hämatom im tibialen Bereich links und eine globale Schwellung im Unterschenkel links. Palpatorisch liess sich ein Gelenkserguss Grad 1+ im modifizierten Stroke-Test nachweisen. Die aktive Kniegelenksbeweglichkeit links war bei F/E 90/5/0 und passiv bei F/E 90/0/5 schmerzlimitiert eingeschränkt. Die Patella war frei beweglich. Auffällig war die stark reduzierte Aktivierung des M. quadriceps links im Seitenvergleich. Der Dial-Test in 30° KG Flexion zeigte sich negativ mit 5° Seitendifferenz zum rechten Bein. Der Lachman-Test präsentierte sich positiv mit einem Grad 2 (6–10 mm) [9].

Assessments

Es wurden verschiedene Assessments zum Erfassen von Struktur und Funktion eingesetzt. Die Schmerzen wurden mittels NRS-Skala (numeric rating scale) von 0–10 erfragt.

Die aktive und passive Bewegungsmessung des Kniegelenkes wurde mittels Neutral-Null-Methode anhand des Goniometers in Rückenlage durchgeführt.

Mittels KOOS-Kniefragebogen konnte ein weiteres Hilfsmittel genutzt werden, um die Einschränkung posttraumatisch über die fünf Dimensionen Schmerz, Symptome, Tätigkeiten im Alltag, Funktionsfähigkeit in Sport und Freizeit sowie die Lebensqualität im Zusammenhang mit dem betroffenen Kniegelenk zu erfassen. Der KOOS-Kniefragebogen wird als valides, zuverlässiges und reaktionsfähiges selbstverwaltetes Messinstrument bei verschiedenen Arten von Knieverletzungen beschrieben [10].

Da der Lachman-Test eine hohe Sensitivität und eine hohe Spezifität bietet, wurde dieser Test zur Überprüfung der anterioren Verschieblichkeit gemessen [9].

Für die posterolaterale rotatorische Instabilität wurde der Dial Test in 30° Kniegelenksflexion in Bauchlage durchgeführt. Dieses Assessments zeigt bei einer Differenz von >15° Aussenrotation eine gute Korrelation mit der posterolateralen rotatorischen Instabilität [11].

Die Kraft wurde isometrisch in 90° KG Flexion zu den Zeitpunkten 12 und 24 Wochen posttraumatisch gemessen [12].

Um die funktionelle Stabilität des Kniegelenkes zu beurteilen, wurde der Y-Balance Test [13] 12 und 24 Wochen posttraumatisch durchgeführt. Ebenfalls wurde 24 Wochen posttraumatisch der Front Hop for Distance (FHD) und der Side Hop (SH) Test evaluiert. Diese Tests wurden aufgrund der Durchführbarkeit und der hohen Spezifität ausgewählt. Mittels dieser Tests lässt sich auch eine klare objektive Aussage bezüglich Rückkehr zum Alltag und Sport erlauben [14].

Für einen weiteren globalen Eindruck zur Aktivität wurde zusätzlich zu den oben erwähnten Zeitpunkten der Tegner Activity Scale erfragt. Da die Tegner Aktivitätsskala in der Zuverlässigkeit lediglich als akzeptabel bewertet wird, wurde dieses subjektive Assessment ergänzend benutzt [15].

	10 Tage posttraumatisch	12 Tage posttraumatisch	24 Tage posttraumatisch
NRS	2-4/10	0-2/10	0/10
Aktive Beweglichkeit	90/5/0	130/0/5	130/0/5
Passive Beweglichkeit	90/0/10	140/0/10	145/0/10
KOOS-Fragebogen (Pkt)	65/168 (39%)	/	154/168 (92%)
Lachman	Grad II	/	Grad I
Dial	Negativ (+ 5°)	/	Negativ (+ 5°)
Isometrische Kraft (LSI)	/	98%	100%
Y-Balance Test gesamthaft in cm	/	2,9 cm	-1,3 cm
Front Hop for Distance (LSI)	/	/	97%
Side Hop Test (LSI)	/	/	107%
Tegner Activity Scale	/	3/10	5/10

Tab. 1: Übersicht der Resultate aller benutzten physiotherapeutischen Assessments

Intervention

Zu Beginn der konservativen Rehabilitation wurde die Therapie zweimal wöchentlich durchgeführt. Die Patientin wurde mit manuellen, passiven Massnahmen zur Schwellungsreduktion und Beweglichkeitsverbesserung behandelt. Ebenfalls wurde die Aktivierung des M. quadriceps mittels dosierungsangepasster aktiver Übungen und durch die Heimanwendung eines Compex-Geräts (Elektrostimulation) gefördert. Die Knieorthese konnte abgebaut werden und das Fortfahren der konservativen Rehabilitation wurde angestrebt.

Ein zunehmend «retropatelläres» komisches und klemmendes Gefühl wurde in mehreren Sitzungen durch passive Patellamobilisationen nach medial/lateral und nach caudal/cranial und durch fasziale Ausstreichungen suprapatellär behandelt. Aufgrund guter Reaktion auf diese faszialen Ausstreichungen konnten auch weitere Schmerzpunkte im gelenksnahen tibialen Bereich und popliteal behandelt werden, mit schmerzlindernder und funktionsverbessernder Wirkung.

Der Fokus für den Hauptteil der Therapie konnte jedoch schon früh auf die Koordination und den Kraftaufbau gelegt werden (*Abb. 1–4*).

Nach knapp sechs Wochen posttraumatisch konnte die Therapie auf einmal pro Woche reduziert werden und eine Einführung in das selbständige Krafttraining (MTT) angestrebt werden.

Zu diesem Zeitpunkt erlitt die Patientin jedoch eine Diskushernie der Halswirbelsäule mit starken neuropathischen Ausstrahlungen und Schmerzen, was die Therapie für das Knie leicht limitierte.

Aufgrund der hohen Compliance der Patientin konnte trotzdem die Einführung ins MTT stattfinden. Das Programm wurde schmerzadaptiert auf die grundlegenden Kraftübungen wie Basic Squats, Leg press zweibeinig sowie einbeinig betroffenes und nichtbetroffenes Bein, ABD Hüftgelenk am MultiHip, Lungen, Step ups und dynamischer Einbeinstand beschränkt. Diese Übungen wurden im koordinativen Bereich durchgeführt, gemäss des Kraft Rehabilitations Systems (KRS) 1 [16]. Ab der zwölften Woche trainierte die Patientin konsequent ein- bis zweimal wöchentlich selbständig im Trainingsraum der Physiotherapie im Hypertrophiebereich (KRS 4), absolvierte selbständiges Ausdauertraining auf dem Hometrainer und kam einmal wöchentlich in die Einzelphysiotherapie. Die Beschwerden der Halswirbelsäule limitierten jedoch weiterhin die Progression im Kraftaufbau, weshalb in der Einzelphysiotherapie vor allem Progressionen im Koordinationstraining angestrebt wurden. Dank gutem Management der Halswirbelsäulenbeschwerden und Abnahme der Schmerzen konnten auch Progressionen im KRS-System erarbeitet werden, sodass ab der zwanzigsten Woche ein Transfer in die beschleunigten Aktivitäten möglich wurde (rechte Seite der Trainingspyramide) [16].

Die Patientin fühlte sich zunehmend sicherer, hatte kaum Beschwerden im Knie zu beklagen, einzig nach dem Aufstehen aus liegender Position spürte sie ein kurzes retropatelläres Klemmen. Ein klassisches Giving way konnte die Patientin nie beklagen, einzig beschrieb sie in der Anfangsphase mehrere Male beim normalen Gehen ein patelläres Blockieren, das die Patientin mit einigen aktiven Knieflexionen (unbelastet im Stand) jedes Mal schnell lösen konnte.

Zum Zeitpunkt der Sechs-Monate-Kontrolle beim behandelnden Orthopäden befand sich die Patientin weiterhin in den Trainingsmethoden der zeit- und geschwindigkeitsspezifischen muskulären Rekrutierung.

□



Abb. 1: Koordinationsübung



Abb. 2: Reverse Lunge mit seitlichen Referenzen



Abb. 3: Koordinationsübung mit Störung durch Physiotherapeutin



Abb. 4: Seitliche Sprünge

□

Results

12 Wochen posttraumatisch zeigte die Patientin bereits eine sehr gute isometrische Kraft mit einem Limb-Symmetry-Index (LSI) von 98%. Auch die dynamische Stabilisation konnte im Gesamtwert von 2,9 cm Differenz als gut beurteilt werden. Es liessen sich jedoch noch Valgustendenzen bei der Ausführung im betroffenen Bein beobachten. Im Tegner Activity Scale wertete sich die Patientin bei 3/10, was leichte körperliche Arbeit, Querfeldein-Gehen sowie Schwimmen, Wandern, Walken usw. beinhaltet. Im Rahmen der Sechs-Monate-Kontrolle beim behandelnden Orthopäden wurde ein erneutes Kontroll-MRI durchgeführt. Diese Aufnahme wurde wie folgt beurteilt: bekannte Segond-Fraktur ist nur noch residuell abgrenzbar ohne Anhalt für eine sekundäre Dislokation. In Heilung befindliche VKB-Ruptur, insbesondere in den proximalen Anteilen, wenig Gelenkserguss.

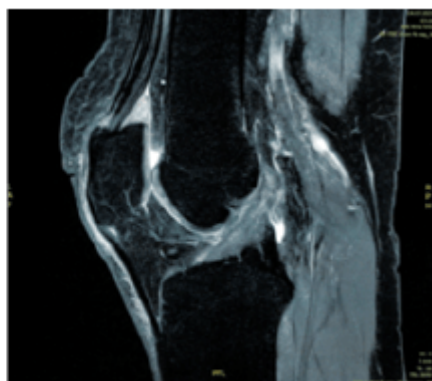
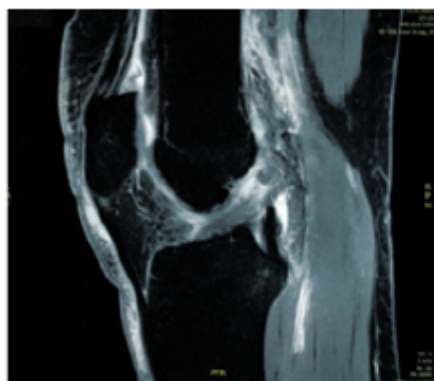


Abb. 5: MRI 11.1.2021

Abb. 6: MRI 14.7.2021

Zum gleichen Zeitpunkt zeigte die Patientin bereits sehr gute Werte in der isometrischen Kraft mit LSI 100%, der dynamischen Stabilisation (Differenz gesamthaft $-1,3$ cm) und den Sprungtestungen (FHD und SH LSI 97% und LSI 107%). Qualitativ konnte vor allem bei den Sprungtestungen in der Absprunghase eine Valgustendenz bemängelt werden, jedoch in der Landung die Beinachse sicher stabilisiert werden. Bei der dynamischen Stabilisation konnte die Valgustendenz im Vergleich zur 12-Wochen-Testung verbessert werden.

Der passive Lachman-Test verbesserte sich um einen Grad und zeigte mit Grad I (1–5 mm) ein deutlicheres Ende als zum Zeitpunkt posttraumatisch (Grad II, 6–10 mm).

In den subjektiven Assessments Tegner Activity Scale wertete sich die Patientin bei 5/10 und im KOOS mit 154/168 Punkten (92%). 10 Tage postoperativ wurde der KOOS-Fragebogen mit lediglich 65/168 Punkten (39%) ausgefüllt.

Ersichtlich sind die Veränderungen anhand der absoluten Werte und dem LSI. Dieser zeigt das Verhältnis zum gesunden Bein und lässt somit einen Vergleich zu. Dadurch können Aussagen zum optimalen Zeitpunkt für die Rückkehr in den Sport oder in den Alltag ermöglicht werden.

	10 Tage posttraumatisch	12 Tage posttraumatisch	24 Tage posttraumatisch	Veränderung total
NRS	2–4/10	0–2/10	0/10?	–4/10
Aktive Beweglichkeit Flexion	90°	130°	130°	+40°
Aktive Beweglichkeit Extension	–5°	5°	5°	+10°
Passive Beweglichkeit Flexion	90°	140°	140°	+50°
Passive Beweglichkeit Extension	10°	10°	10°	0°
KOOS-Fragebogen (Pkt)	65/168 [39%]	/	154/168 [92%]	+ 89/168 [+53%]
Lachman	Grad II	/	Grad I	–1 Grad
Dial	Negativ (+5°)	/	Negativ (+5°)	0°
Isometrische Kraft (LSI)	/	98%	100%	+2%
Y-Balance Test gesamthaft in cm	/	2.9 cm	–1.3 cm	+4.2 cm
Front Hop for Distance (LSI)	/	/	97%	0%
Side Hop Test (LSI)	/	/	107%	0%
Tegner Activity Scale	/	3/10	5/10	+2/10

Tab. 2: Übersicht der Resultate aller benutzten physiotherapeutischen Assessments

Discussion

Zusammengefasst beschreibt diese Fallstudie einen positiven Rehabilitationsverlauf nach einer vollständigen Ruptur des VKB's. Ebenfalls liegt ein vielversprechender MRI-Befund vor, welcher die Verbesserungen in den physiotherapeutischen Assessments bestätigt. Es ist jedoch zu beachten, dass die Fallstudie mit lediglich einer Patientin durchgeführt wurde und sich dadurch die Resultate nicht generalisieren lassen. Es sind weitere Studien nötig, um die Fragestellung zu beantworten. Die aktuelle Studienlage zur Spontanheilung nach einer VKB-Ruptur ist mangelhaft und es werden kaum konkrete Therapiemassnahmen beschrieben, welche die Spontanheilung erklären würden. Es gibt jedoch einige Studien, welche beschreiben, dass eine rein konservative Behandlung möglich ist [2,3].

Ziel der Fallstudie war, folgende Fragestellung zu beantworten: Lässt sich eine spontane Heilung des VKB's mit konservativer Therapie im klinischen Alltag mittels MRI nachweisen? Diese Fragestellung lässt sich mittels MRI-Befund vom 14.7.2021 beantworten.

Eine indirekte Fragestellung, ob eine konservative Therapie zum Behandlungserfolg führt, konnte nach sechs Monaten ebenfalls positiv beschrieben werden. Wobei die Rehabilitation zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen war.

Nun stellt sich jedoch vor allem die Frage, welche Wirkmechanismen zum positiven Behandlungsergebnis führten. Welche Faktoren haben die Wundheilung derart positiv beeinflusst, sodass eine Spontanheilung im MRI nachgewiesen werden konnte? Oder muss gar von einem Zufallsbefund gesprochen werden?

Laut den Wundheilungsphasen nach Van den Berg [17] beginnt die Proliferationsphase häufig 48 bis 72 Stunden posttraumatisch und kann bis zu sechs Wochen dauern. Während dieser Zeit wurde die Patientin vor allem mit manuellen, passiven Massnahmen behandelt, welche die Kollagenbildung positiv beeinflussen haben könnten. Ebenfalls wurden in diesem Zeitraum zweimalig manuelle fasziale Ausstreichungen und Bindegebetechniken durchgeführt, was wiederum einen positiven Effekt auf die Wundheilung und auf die sensomotorischen Funktionen gehabt haben könnte. Hier ist zu erwähnen, dass für die Studie von Ofner et al. [5], welche teilweise von M. Khalifa mit einer nicht bekannt gegebenen manuellen Drucktherapie auf der Haut behandelt wurden, das Trauma ebenfalls nicht älter als vier Wochen sein durfte. So kann davon ausgegangen werden, dass Herr Khalifa ebenfalls die sechs Wochen der Proliferationsphase nutzen wollte. Somit liesse sich die letztere Vermutung durch diese Studie erklären.

Als Selbstmanagement-Strategien hat die Patientin in den ersten sechs Wochen täglich einen Quarkwickel um das Kniegelenk gemacht. Ab der dritten Woche posttraumatisch wurde täglich leichtes Ausdauertraining auf dem Hometrainer ausgeübt, und sie wendete fasziale Ausstreichungen zur Lockerung an. All diese weiteren Faktoren könnten die Kollagenbildung positiv beeinflusst haben. Ein weiteres Ziel zur Unterstützung der Proliferationsphase ist mittels koordinativer Übungen die Erhaltung der somatosensorischen Anbahnungen [18]. Dies wurde in der Fallstudie ebenfalls berücksichtigt und könnte die spontane Heilung des VKB's gefördert haben. Auch das selbständige Behandeln zur Aktivierung des M. quadriceps durch Elektrostimulation, von Woche 2–8 bis zu 60 Minuten pro Tag, hat sicherlich zur Erhaltung der somatosensorischen Anbahnungen beigetragen.

Als weitere Selbstmanagementmassnahme trug die Patientin während der ganzen Rehabilitation die TYFO Schuhsohlen, welche ebenfalls einen positiven Effekt auf die Sensomotorik ausgeübt haben könnten. Die Bindegewebphysiologie ist sehr komplex und von vielen weiteren Faktoren abhängig. Das Alter, die Ernährung und Nebenerkrankungen spielen ebenfalls eine zentrale Rolle. In dieser Fallstudie wird eine Patientin mit sehr guter Compliance und grosser Rücksichtnahme auf Körper und Gesundheit beschrieben.

Einzig der Zwischenfall mit der Diskushernie der Halswirbelsäule kann hier als negativer beitragender Faktor erwähnt werden.

Nach zirka sechs Monaten liess sich im MRI eine in Heilung befindliche VKB-Ruptur mit proximal besser abgrenzbarer femoraler Insertion beurteilen. Die Qualität und Stabilität dieser Kollagenfasern lassen sich jedoch anhand einer bildgebenden Untersuchung kaum beurteilen. Doch zeigten sich funktionelle Assessments zum gleichen Zeitpunkt symmetrisch im Seitenvergleich, welche im klinischen Alltag als wichtige Parameter eingesetzt werden.

Der Lachman-Test als passives Assessment präsentierte ebenfalls eine Verbesserung, vor allem die Widerstandsbeurteilung im Lachman-Test zeigt im Vergleich zur Erstuntersuchung ein deutlicheres und strafferes Ende der anterioren Translation. Ob diese passiven Testungen zu späteren Zeitpunkten posttraumatisch, wie in diesem Fallbeispiel, eine gute Korrelation mit MRI-Befunden aufweisen, müsste in weiteren Studien untersucht werden.

Practical implications

Diese Fallstudie beschreibt eine Erkenntnis, welche für die Physiotherapeuten unterstützend ist, da sie häufig mit der Fragestellung konfrontiert werden, ob eine isolierte VKB-Ruptur konservativ erfolgreich behandelt werden kann.

Diese Rehabilitation nach VKB-Ruptur konnte mit funktionsorientierter Physiotherapie und einer sehr hohen Compliance der Patientin erfolgreich durchgeführt werden. Es konnte gar eine spontane Heilung eines VKB's sechs Monate posttraumatisch nachgewiesen werden.

Fraglich bleibt jedoch, welche Faktoren die spontane Heilung beeinflusst haben.

Unabhängig von der in der Bildgebung dargestellten Kontinuität des VKB's lassen sich die positiven Effekte einer funktionsorientierten Rehabilitation mittels physiotherapeutischer Assessments bestätigen.

Um eine evidenzbasierte Aussage über die spontane Heilung des VKB's im Zusammenhang mit einer funktionsorientierten Rehabilitation machen zu können, sind weitere Studien mit einer grösseren Patientenanzahl nötig.

Acknowledgments, conflict of interest and funding

No funding.

No conflict of interest.

Diese Case-Studie wurde als Teil der Master msk Physiotherapie Programmes der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW gemacht.

Corresponding author

Prof. Hannu Luomajoki, PhD PT
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW
Departement Gesundheit, Institut für Physiotherapie
Katharina-Sulzer-Platz 9, CH-8401 Winterthur
luom@zhaw.ch



References

1. Busch A, Blasimann A, Mayer F, Baur H. Alterations in sensorimotor function after ACL reconstruction during active joint position sense testing. A systematic review. *PloS one*. 2021;16(6):e0253503.
2. Frobell RB, Roos EM, Roos HP, Ranstam J, Lohmander LS. A randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears. *The New England journal of medicine*. 2010;363(4):331-42.
3. Grindem H, Eitzen I, Moksnes H, Snyder-Mackler L, Risberg MA. A pair-matched comparison of return to pivoting sports at 1 year in anterior cruciate ligament-injured patients after a nonoperative versus an operative treatment course. *The American journal of sports medicine*. 2012;40(11):2509-16.
4. Filbay SR, Culvenor AG, Ackerman IN, Russell TG, Crossley KM. Quality of life in anterior cruciate ligament-deficient individuals: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*. 2015;49(16):1033-41.
5. Ofner M, Kastner A, Wallenboeck E, Pehn R, Schneider F, Groell R, et al. Manual khalifa therapy improves functional and morphological outcome of patients with anterior cruciate ligament rupture in the knee: a randomized controlled trial. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*. 2014;2014:462840.
6. Costa-Paz M, Ayerza MA, Tanoira I, Astoul J, Muscolo DL. Spontaneous healing in complete ACL ruptures: a clinical and MRI study. *Clinical orthopaedics and related research*. 2012;470(4):979-85.
7. Fujimoto E, Sumen Y, Ochi M, Ikuta Y. Spontaneous healing of acute anterior cruciate ligament (ACL) injuries – conservative treatment using an extension block soft brace without anterior stabilization. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2002;122(4):212-6.
8. Kurosaka M, Yoshiya S, Mizuno T, Mizuno K. Spontaneous healing of a tear of the anterior cruciate ligament. A report of two cases. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1998;80(8):1200-3.
9. Lubowitz JH, Bernardini BJ, Reid JB, 3rd. Current concepts review: comprehensive physical examination for instability of the knee. *The American journal of sports medicine*. 2008;36(3):577-94.
10. Roos EM, Lohmander LS. The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): from joint injury to osteoarthritis. *Health Qual Life Outcomes*. 2003;1:64.
11. Cooper DE. Tests for posterolateral instability of the knee in normal subjects. Results of examination under anesthesia. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1991;73(1):30-6.
12. Marschall F, Gail, S. Standardisierung eines Testprotokolls zur Bestimmung der isometrischen Maximalkraft. *Bewegungstherapie und Gesundheitssport*. 2011;27: 226-230.
13. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther*.

- 2009;4(2):92-9.
14. Gustavsson A, Neeter C, Thomee P, Silbernagel KG, Augustsson J, Thomee R, et al. A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2006;14(8):778-88.
 15. Briggs KK, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey WG, Kocher MS, Steadman JR. The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm score and Tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee: 25 years later. *The American journal of sports medicine*. 2009;37(5):890-7.
 16. Bant H, Haas, H. J., Ophrey, M., Steverding, M Sportphysiotherapie-Nicht nur für die Profis *Physiopraxis*. 2011;9(11/12): 73-.
 17. Van den Berg F. *Angewandte Physiologie Bd 3: Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart.*; 2011.
 18. van Duijn A. Ruptur des vorderen Kreuzbandes – konservative Behandlung. In: Luomajoki H, Pfeiffer, F., editor. *Fallbuch Physiotherapie: Muskuloskelettales System*. München: Elsevier; 2022.

ACL HEALING MRI PHYSIOTHERAPY