



Zusammenfassung

Kombinierte zeit- und kriterienbasierte × rücken in der modernen Nachbehandlung zunehmend in den klinischen Fokus, um nach operativen Eingriffen am Bewegungsapparat den individuellen Bedürfnissen der Patienten Rechnung tragen zu können und die sichere Rückkehr zu Alltag und Sport zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang ist ein interdisziplinäres Vorgehen nötig, bei dem Physiotherapeuten, Sportwissenschaftler und Ärzte den Patienten in komplementärer Zusammenarbeit im Konsensverfahren begleiten. Die funktionelle Diagnostik bietet qualitative und quantitative Tests, um objektivierbare Ergebnisse für das Rehabilitationsschema zu liefern. So kann eine optimale Entscheidung für eine sichere Rückkehr in Alltagsaktivitäten/zum Arbeitsalltag und zum Sport gegeben und das Risiko von Rezidiv-Verletzungen und resultierende Folgekosten langfristig reduziert werden.

Schlüsselwörter

Kriterienbasierte Rehabilitation – Vordere Kreuzbandplastik – Nachbehandlung – Funktionelle Diagnostik – Return To Sports

F. Zumstein et al.

Combined time- and evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction

Abstract

After orthopedic surgeries, the combination of a time- and evidence-based rehabilitation for patients moved into clinical focus. This novel approach considers the individual prerequisites in patient care coupled with a safe and controlled return to sports. With an emphasis on transdisciplinary collaborations, physiotherapist, sport scientists and orthopedic surgeon work consensually together to establish a progressive rehabilitations treatment for the individual. The underlying rehabilitation schematics are guided by functional diagnostics that provide a

REVIEW / SPECIAL ISSUE

Kombinierte zeit- und kriterienbasierte Rehabilitation nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes

Franziska Zumstein¹, Markus Wenning^{1,2}, Ramona Ritzmann¹, Marlene Mauch¹, Jochen Paul¹

¹Rennbahnklinik, MuttENZ, Schweiz

²Universitätsklinikum Freiburg, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Freiburg, Deutschland

Eingegangen/submitted: 12.03.2019; überarbeitet/revised: 03.05.2019; akzeptiert/accepted: 03.05.2019

Einleitung

Die Qualitätssicherung und Qualitätsmessung rücken zunehmend in den Fokus der klinischen Medizin [4]. Aktuelle zeit- und kriterienbasierte Rehabilitationsschemata bilden einen Ansatz, um dem Anspruch nach evidenzbasierten Leistungen und standardisierter Verlaufsdokumentation nach Verletzungen des Bewegungsapparats gerecht zu werden [28]. Während sich die bisherigen ausschließlich zeitbasierten Rehabilitationsschemata vor allem an den Wundheilungszeiten der verletzten Strukturen orientierten [18,30], berücksichtigen die zeit- und kriterienbasierten Rehabilitationsschemata zusätzlich den individuellen funktionellen Zustand des Patienten [26]. Der kriterienbasierte Progress in der Rehabilitation trägt darüber hinaus zum individuellen Heilungsfortschritt bei [26,30]. Die objektive Überprüfung und Bewertung des funktionellen Zustandes des Patienten zu definierten Zeitpunkten nach dem Trauma oder einer Operation ermöglichen während der Rehabilita-

tion die Belastung individuell und spezifisch zu steuern und somit Überlastungsreaktionen und/oder Rezidiv-Verletzungen zu vermeiden [38]. Kombinierte Zeit- und kriterienbasierte Rehabilitationsschemata eignen sich insbesondere bei Zielsetzungen mit der Rückkehr zur körperlichen Aktivität im Beruf aber auch im Sport (Return to Work, Return to Sport (RTS)) und bei der Vermeidung von Rezidiv-Verletzungen. In diesem Artikel soll der Fokus auf dem RTS, beispielhaft nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes (VKB), liegen [15]. Einerseits, kann mit der Implementierung eines zeit- und kriterienbasierten Rehabilitationsschema ein hoher Patientennutzen generiert werden; die Inzidenz der VKB-Rupturen liegt beispielsweise in den USA bei ca. 250'000 Verletzten pro Jahr [11]. Andererseits stellt sich darüber hinaus noch die Frage, an welchen strukturellen Wundheilungszeiten sich die Rehabilitation nach Rekonstruktion des VKB orientieren soll. Da es sich nicht um eine isolierte Sehnen-, Muskel-, Knochen- oder Kapselrehabilitation handelt

quantitative and qualitative test battery to deliver objective results which justify the rehabilitation progress. As a result, a successful return to daily life or sports can be assured in combination with significantly reduced recurrence injuries and a sustainably diminished follow-up cost.

Keywords

Return to sports – Functional diagnostics – Ligament rupture – Rehabilitation

[37], ist es umso wichtiger, dass der Fokus der Rehabilitation auf die Gesamtfunktion des Kniegelenks in Bezug auf die Stabilität gelegt wird [38].

Mit den großen Fortschritten in den operativen Rekonstruktionstechniken [21] und der Rehabilitation [26] des VKB konnten in den letzten zwanzig Jahren signifikante verbesserte Langzeitergebnisse erzielt werden [27]. Dementsprechend steigerte sich auch die Erwartungshaltung der Patienten, schnellstmöglich wieder in den vor der Verletzung ausgeübten Sport auf gleichem Niveau zurückzukehren [9]. Ursächlich für die mit bis zu 30% äußerst hohe Re-Rupturrate ist vermutlich ein zu früher RTS trotz persistierender Kraft- und Koordinationsdefizite [7]. Grindem et al. zeigte, dass eine Rückkehr in den Wettkampfsport bei Kontaktsportarten mit Stop-and-go-Bewegungen frühestens neun Monate nach Operation sinnvoll ist, wenn der Patient seitengleiche Kraftwerte des M. quadriceps femoris aufweist [11]. Die Kombination aus Rücksicht auf die vulnerablen Phasen des Kreuzband-Implantates [18] und kriterienbasierter Rehabilitation ermöglicht eine vergleichsweise risikoarme Rückkehr in den Sport, reduziert die Prävalenz von posttraumatischer Gonarthrose und verringert somit längerfristig die Gesundheitskosten [11]. Eingesetzt werden in der Rehabilitationstestung nach VKB-Ersatzplastik primär quantitative funktionsbasierte Tests wie Gleichgewichtstests, Kraft- und Sprungtests gestützt durch klinische Untersuchung, sowie Faktoren des subjektiven Empfindens im Sinne der gezielten Anamneseerhebung [26,28]. Abhängig vom Heilungsfortschritt sowie der durchgeführten Therapieinhalte wird eine Progression im Allgemeinen über die Stufen „return-to-activity“, „return-to-sports“ und „return-to-play“ erfasst

[6]. Ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Rehabilitation ist das Wiedererlangen einer symmetrischen Funktion, generell ausgedrückt als Limb symmetry index (LSI; Ergebnis operiertes Bein / Ergebnis nicht-operiertes Bein x 100) [35].

In diesem Überblicksartikel werden auf Grundlage einer systematischen Literaturrecherche zunächst die wesentlichen Forschungserkenntnisse zu zeit- und kriterienbasierten Nachbehandlungsalgorithmen [28] skizziert. Als Synthese wurde auf der evidenzbasierten Grundlage in interdisziplinärer Zusammenarbeit ein praktikables Konzept zur Anwendung in der klinischen Diagnostik entwickelt.

Methodisches Vorgehen

In den Datenbanken Pubmed Medline, PEDro und Cochrane Library wurde bis Ende 2018 eine systematische Literaturrecherche durchgeführt [20]. Die Schlüsselworte umfassten «Vorderes Kreuzband» und «Plastik» und «Nachbehandlung» oder «Rehabilitation» und «kriterienbasiert» oder «zeitbasiert». Die Studien wurden primär nach gültigen Standards gescreent und in einem Konsensverfahren bezüglich des wissenschaftlichen Evidenzniveaus evaluiert [20]. Das Flow-Chart-Diagramm zur Anzahl der Studien dieser Übersichtsarbeit ist in [Abbildung 1](#) zu finden.

Auf Basis dieser Evidenz sowie unter Berücksichtigung pragmatischer und praxisrelevanter Faktoren wurde daraufhin die Gewichtung der einzelnen Testkomponenten vorgenommen und schematisch aufgearbeitet [2]. Der im Folgenden dargelegte Nachbehandlungsalgorithmus wurde interdisziplinär mit Orthopäden, Sportphysiotherapeuten und Sportwissenschaftlern mit Schwerpunkt klinischer Biomechanik erarbeitet;

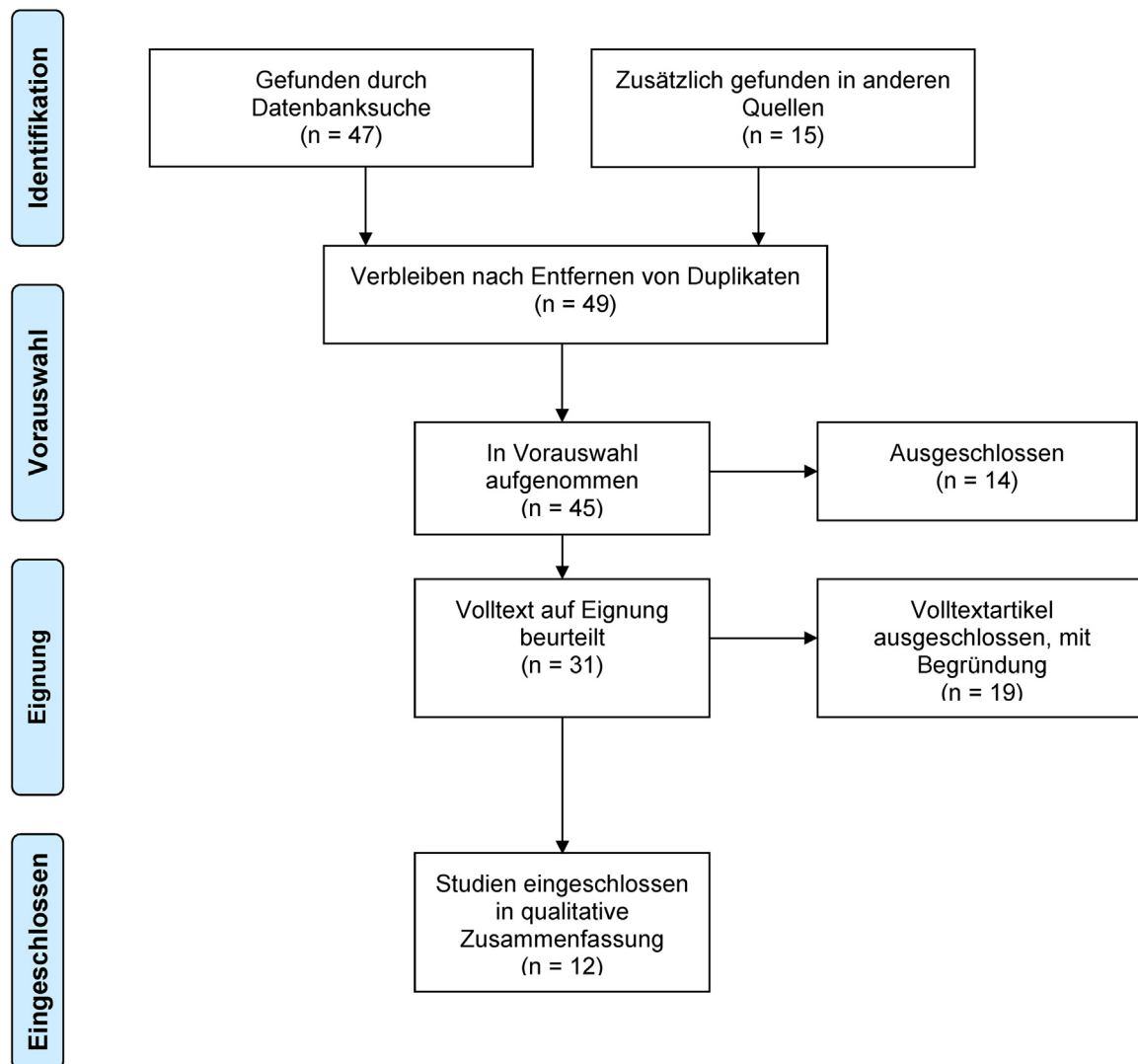


Abbildung 1

Flow-Chart-Diagramm zur Anzahl von Referenzen und Studien dieser Übersichtsarbeit.

die Testbatterie wurde aus validen und als reliabel befundenen Einzeltests zusammengesetzt [1,3,8,12,13,16,17,19,23,29,34,36,39]. Hieraus resultierte ein synthetisches Nachbehandlungsschema zur zeit- und kriterienbasierten Progression in der VKB-Rehabilitation.

Resultate

Insgesamt kamen 62 Studien nach der Literaturrecherche in die Voraus-

wahl. Nach der Eignungsprüfung wurden neun Originalarbeiten [3,14,17,19,22,23,25,34] und drei systematische Reviews (Evidenzlevel II-IV) [1,12,16] eingeschlossen. Die Ergebnisse der Literaturrecherche zur kombinierten zeit- und kriterienbasierten Nachbehandlung sind in [Tabelle 1](#) skizziert.

Die am häufigsten beschriebenen funktionellen Tests sind funktionelle Gleichgewichtstests, die isokinetische Kraftmessung und die Hop Tests. Neben der quantitativen Be-

urteilung der Bewegungen empfehlen van Melick et al. in ihrem Review auch die Erfassung der Bewegungsqualität mittels Videoanalyse und standardisierten Beurteilungskriterien [39].

Tests zur Bewegungs- und Gleichgewichtskontrolle

In vier Artikeln wurden Tests zur Bewegungs- und Gleichgewichtskontrolle untersucht [23,25,34,36]. Dabei zeigen Einbeintestungen

Tabelle 1. Studienüberblick über die Inhalte der extrahierten der 12 Artikel eingeteilt nach Autor und Jahr, Studienfokus und angewandte Tests, Resultate, Studiendesign und Evidenz-Level.

Autor und Jahr	Studienfokus und angewandte Tests	Resultate	Studiendesign	Evidenz-level
Abrams et al., 2018 [1]	Funktionelle Testbatterien nach VKB-Rekonstruktion 6 Monate bis 2 Jahre postoperativ <i>Cut-off: LSI $\geq 90\%$</i>	Meist erwähnte Test: • Isokinetische Kraftmessung der Knieextensoren und -flexoren • Hop Tests (single hop, 6m-timed hop, triple hop, triple crossover hop) Wiedererlangen der Muskelfunktion nach 8 Monaten	Systematischer Review	IV
Beischer et al., 2018 [3]	Evaluation der Muskelfunktion 8 und 12 Monate nach VKB-Rekonstruktion • Kraftmessung: Isometrische Maximalkraft • Hop Tests unilateral: vertical hop, hop for distance, side-hop <i>Cut-off: LSI $\geq 90\%$</i>	Signifikant weniger Patienten bestanden „Back in Action“-Testbatterie Alle LSIs für die standardisierten Hop Tests waren signifikant höher als die Einbeintestungen der „Back in Action“-Testbatterie	Registerstudie	II
Ebert et al., 2018 [8]	Vergleich der „Back in Action“ Testbatterie mit standardisierten Hop- und Krafttests • „Back in Action“: Double leg stability test, single leg stability test beidseitig, double leg CMJ (Sprunghöhe), double leg CMJ (Leistung), single leg CMJ (Sprunghöhe) beidseitig, single leg CMJ (Leistung) beidseitig, plyometrische Sprünge (Sprunghöhe und Kontaktzeit), speedy jump test beidseitig, quick feet test • Isokinetische Kraftmessung Knieextensoren und -flexoren • Hop Tests (single hop, 6m-timed hop, triple hop, triple crossover hop) <i>Cut-off: LSI $\geq 90\%$</i>	ICC-Werte für die fünf Hop Tests: 0.85-0.97 Hohe Sensitivität bei Patienten nach VKB-Rekonstruktion (88-91%), wenn einer der Tests als abnormal eingestuft wurde	Fallserie	IV
Gustavsson et al., 2006 [12]	Entwicklung einer Serie von Hop Tests mit hoher Test-Retest-Reliability, Sensitivität, Spezifität und Genauigkeit bei Patienten nach VKB-Ruptur und Rekonstruktion • Hop Tests: Vertical Jump, hop for distance, drop jump, Square Hop, Side Hop Reliabilitätsstudie	IV Signifikante Verbesserung des YBT-LQ composite score 12 Wochen postoperativ. Verminderte Quadricepskraft 12 Wochen postoperativ des operierten Beines, kein Unterschied auf der nicht-operierten Seite	Prospektive	
Hallagin et al., 2017 [13]	Unterschied und Zusammenhang zwischen YBT-LQ und isokinetischer Quadricepskraft vor und 12 Wochen nach VKB-Rekonstruktion	III 15.9% resp. 17.4% erfüllten Kriterien. LSI beim dominanten verletzten Bein $\geq 90\%$, wenn nicht dominantes Bein verletzt $\geq 80\%$	Fallkontrollierte Studie	III
Herbst et al., 2015 [16]	Längsschnittstudie LSI-Vergleich mit Kontrollgruppe (gematched mit Alter und Geschlecht) ca. 5-6 und 8-9 Mt postoperativ: • Hop Tests: two-leg Stability Test, one-leg Stability Test, two-leg Countermovement Jump, one-leg			

(Fortsetzung)

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Autor und Jahr	Studienfokus und angewandte Tests	Resultate	Studiendesign	Evidenz-level
Hildebrandt et al., 2015 [17]	Countermovement Jump, Plyometric Jumps, Speedy Test, Quick Feet Test Test-Retest-Reliabilität • Hop Test: two leg stability Test, one-leg stability Test, two-leg countermovement jump, one-leg countermovement jump, plyometrische Sprünge, Speedy Test, Quick Feet Test	Die Test-Retest-Reliabilität aller durchgeführten Tests war moderat bis hoch		
Müller et al., 2015 [23]	Reliabilitätsstudie Bestimmung prädiktiver Faktoren für den „return to sports“ 6 Monate postoperativ • Hop Tests: Single Hop for Distance, Crossover Hop, Triple Hop, Square Hop • Kraft Knieextensoren und Flexoren <i>Cut-off LSI Single Hop for distance war $\geq 75.4\%$ für Patienten, die zurück in den Sport gingen</i>	IV LSI signifikant kleiner beim Single Hop for Distance, Crossover Hop und Triple Hop bei Patienten, die nicht in den Sport zurück gingen	Prospektive	
Nawasreh et al., 2018 [29]	Längsschnittstudie Bestimmung prädiktiver Faktoren 6 Monate postoperativ für den „return to sports“ 12 und 24 Monate postoperativ • Isometrische Kraftmessung Quadriceps Kraft • Hop Tests: single hop, single hop, crossover hop, triple hop, 6-meter timed hop <i>Cut-off Wert LSI $\geq 90\%$</i>	II Signifikant höhere Return-to-Sports-Rate bei Patienten, die die Tests 6 Monate postoperativ bestanden haben	Prospektive Kohorten-	
Reid et al., 2007 [34]	Längsschnittstudie Untersuchung der Test-Retest-Reliabilität und Longitudinalvalidität der Hop Tests nach VKB-Rekonstruktion • Hop Tests: single hop Test, 6-m timed hop Test, triple hop Test, crossover hop Test, overall combination of hop Tests <i>Cut-off LSI $\geq 90\%$</i>	II ICC Test-Retest LSI: 0.82-0.93. Pearsons Korrelation zwischen Sprungleistung und LEFS: 0.26-0.58		
Thoméé et al., 2011 [36]	Reliabilitätsstudie Präsentation neuer Kraft- und Hop-Tests-Kriterien nach VKB-Rekonstruktion differenziert Sportdisziplinen	IV Stop-and-go-Sportarten, Kontaktsportarten, Wettkampfsport: • LSI Kraft: 100% Knieflexoren und -extensoren • LSI Hop Tests: 90% (mind. 2 maximale Test und 1 Ausdauer-test) Restliche Sportdisziplinen: • LSI Kraft: 90% Knieflexoren und -extensoren • LSI Hop Tests: 90% (mind. 2 maximale Test und 1 Ausdauer-test)	Systematischer Review	IV
Van Melick et al., 2016 [39]	Evidenzbasiertes Statement für die Rehabilitation nach VKB-Rekonstruktion <i>Cut-off Wert für Kraft- und Hoptests: unklar</i>	Empfohlen werden Testbatterien, die die Qualität und Quantität der Bewegung erfassen; Hop Tests, Krafttests und Videoanalyse	Systematischer Review	III

gegenüber Beidbeintestungen die größere Sensitivität [23,34,36]. Simple Testverfahren verwenden den Y-Balance Test [25]; komplexere Tests nutzen Sprünge mit dem expliziten Fokus auf der Gelenkstabilisation bei Landungen [23,34,36].

Isokinetische Kraftmessung

Es wurden sieben Artikel identifiziert, die die isometrische oder isokinetische Kraftmessung der Knieextensoren oder Knieflexoren in ihrer Testbatterie aufführen [1,3,8,23,29,39].

Hop Tests

Zehn der zwölf eingeschlossenen Artikel identifizierten die traditionelle Testbatterie bestehend aus single-leg Hop, cross-over Hop, triple Hop und 6-Meter Timed Hop als valides und reliables RTS Kriterium [1,3,8,12,16,17,23,29,36]. Gustavsson et al. und Hildebrandt et al. konnten für weitere Sprung-Tests (z.B. Two und One Leg Countermovement Jump, Drop Jump, Speedy Test und Quick Feet Test, Square und Side Hop Test) eine moderate bis hohe Test-Retest-Reliabilität aufzeigen [12,17].

Progressionskriterium

Bei allen Tests wird der Seitenunterschied der betroffenen zur nicht betroffenen Seite in Prozent berechnet und als LSI [35] ausgedrückt. Bei den meisten Studien wurde der Cut-off-Wert für den LSI bei $\geq 90\%$ angesetzt [1,3,8,29,34]. Thomeé et al. empfehlen darüber hinaus bei den Kraftmessungen einen LSI von 100% für Patienten, die eine Stop-and-go-Sportart, Kontaktsportarten oder wettkampfmäßig Sport betreiben [36]. Herbst et al. unterscheiden, ob das dominante (LSI $\geq 90\%$) oder nicht-dominante

Tabelle 2. Übersicht der Nachkontrollen mit den Komponenten der klinischen Untersuchungen durch den Arzt sowie der physiotherapeutischen und funktionellen Diagnostik.

	3-Monatskontrolle	6-Monatskontrolle	9-Monatskontrolle
Zielevorgaben	Return to activity Erwerb des lokomotorischen Bewegungsablaufs (Gehen und Laufen)	Progressiver und kontrollierter return to sports: sportartspezifische Übungen in gewohnter Trainingsumgebung alle Übungen ohne Körperkontakt	Return to play: uneingeschränkte Teilnahme am Mannschaftstraining Übungen mit Körperkontakt, Pressschlag und Tackling Aufbau ausreichender Kraft und return to competition: langsamer Aufbau der Dauer oder dem gesamten Umfang am Wettkampf
Klinische Untersuchung	Anamnese, Gangbild, Inspektion, Palpation, Stabilitätsprüfung	Anamnese, Gang-/Sprungbild, Inspektion, Palpation, Stabilitätsprüfung	Anamnese, Gangbild, Inspektion, Palpation, Stabilitätsprüfung
Physiotherapie ¹	<i>Balance Squat</i> ² Y-Balance-Test (Plisky, Rauh, Kaminski, & Underwood, 2006) <i>Balance Front Hop</i>	<i>Balance Front Hop</i> modifizierter Front Hop Test for Distance <i>Balance Side Hop</i> <i>Balance Side Hop</i> (Gustavsson, Neeter, & Thomee, 2006)	<i>Balance Side Hop</i> <i>90° Balance Hop</i> <i>Square Hop Test</i> (Gustavsson, Neeter, & Thomee, 2006)
Funktionelle Diagnostik		Isokinetische Maximalkraftmessung mit Elektromyographie der gelenkumgreifenden Skelettmuskulatur (Mm. vastii und M. biceps femoris)	Isokinetische Maximalkraftmessung Drop Jump Single Hop for Distance, 6m-timed Hop (Reid, Birmingham, Stratford, Alcock, & Giffin, 2007) (Thomeé et al., 2011)

¹Bei den physiotherapeutischen Nachkontrollen erfolgt die Diagnostik progressiv, das heißt, der vorangehende Test muss bestanden werden, um mit der nachfolgenden Testung fortfahren zu dürfen.

²Alle kursiv gedruckten Tests werden qualitativ anhand standardisierter biomechanischer Kenngrößen (Keller, Kurz, Schmidtlein, Welsch, & Anders, 2016) beurteilt.

Bein ($LSI \geq 80\%$) operiert wurde [16].

Synthese des klinisch-funktionellen Nachbehandlungsschemas

Der Nachbehandlungsalgorithmus beinhaltet drei Elemente; die klinische Untersuchung, physiotherapeutische Nachkontrolle und funktionelle Diagnostik. Sie werden drei, sechs und neun Monate postoperativ durchgeführt. Der Zeitaufwand beträgt 1.5 Stunden (Tabelle 2).

Klinische Untersuchung

Die ärztliche Kontrolle beinhaltet die kniespezifische Anamnese einschließlich Alltagsmobilität, Sportfähigkeit (Bewegungsangst) und subjektives Stabilitätsempfinden [10]. Sie erfragt gezielt mögliche Zeichen von Belastungsreaktionen im Rehabilitationsverlauf. In der klinischen Untersuchung erfolgen der Ausschluss lokaler Reizzustände (bspw. Schwellung, Überwärmung etc.) sowie die Kontrolle des Gangbildes, des Bewegungsumfanges des Kniegelenkes, möglicher muskulärer Dysbalancen und/oder Pathologien des periartikulären Weichteilgewebes. Die etablierten Stabilitätstests des VKBs (Lachman- und Pivot-shift-Test) werden ebenfalls dokumentiert.

Physiotherapie

Die physiotherapeutischen Nachkontrollen beinhalten qualitative und quantitative Tests, die in Tabelle 2 aufgeführt sind. Der Fokus während der qualitativen Testung liegt auf dem korrekten Ausführen der geforderten Bewegung. Der Bewegungsablauf wird mittels standardisierter Kriterien beurteilt [19]. Bei den quantitativen Tests wird die Leistung gemessen und als LSI an-

gegeben. So wird beispielsweise bei der 3-Monatskontrolle der Y-Balance Test als quantitativer Test zur Bestimmung der posturalen Kontrolle und Beweglichkeit im Einbeinstand (Abbildung 2 a-d) durchgeführt [1,13,32,33]. Alle quantitativen Tests werden analog den Richtlinien der jeweiligen Autoren durchgeführt [12,13,19]. Der Cut-Off-Wert des LSI für alle quantitativen Tests wurde bei $\geq 90\%$ festgelegt [1,3,8,29,34].

Entscheidend ist, dass die Nachkontrollen immer mit einer qualitativen Testung starten. Besteht der Patient den qualitativen Test nicht, darf der nachfolgende quantitative Test nicht durchgeführt werden, da ansonsten mit zunehmender Komplexität der Aufgaben eine Gefährdung der Gelenkstabilität bzw. des Operationserfolges resultieren könnte [19]. So können Überlastungen oder gar Verletzungen



Abbildung 2
(a-d) Y-Balance Test mit numerischer Erfassung der spezifischen Bewegungskoordination der unteren Extremität mit den drei Grundelementen: der einbeinigen Ausgangsstellung folgen die Bewegungen nach anterior, posterio-medial und posteriolateral.

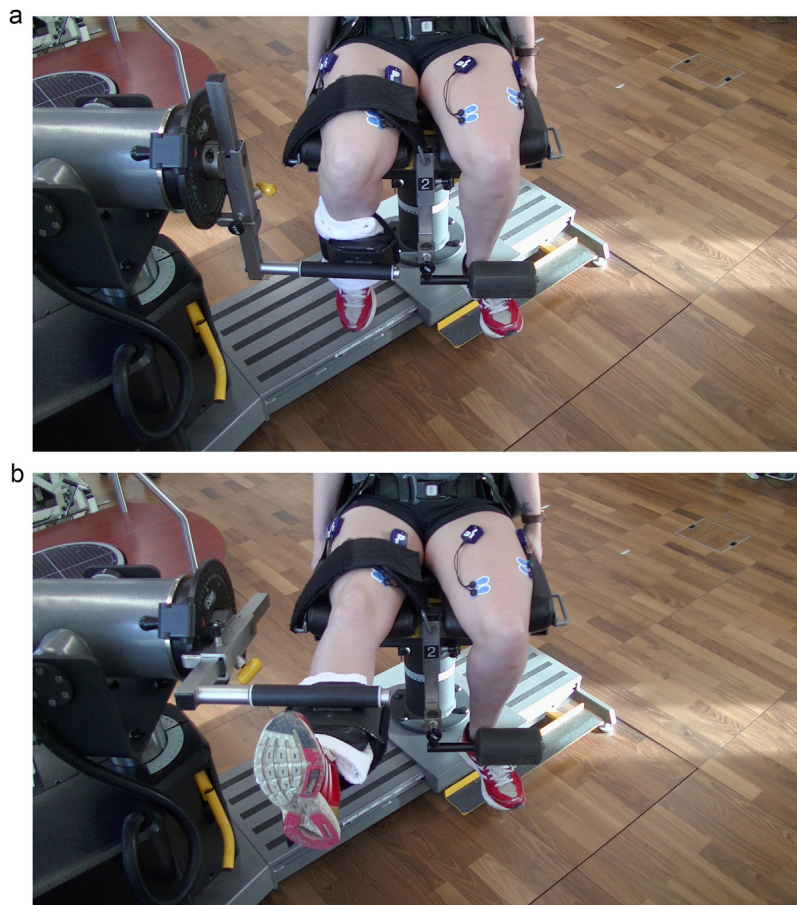


Abbildung 3
(a-b) Isokinetische Kraftmessung bei Knieextension und Flexion (konzentrisch-konzentrisch 60°/s). Das Elektromyogramm der gelenkumgreifenden Skelettmuskulatur schliesst bilateral am verletzten und unverletzten Bein den M. biceps femoris sowie die M. vastus medialis und lateralis zur Befundung neuromuskulärer Beinasymmetrien.

innerhalb der Testung minimiert werden.

Funktionelle Diagnostik

Ab der 6-Monatskontrolle umfasst die funktionelle Diagnostik isokinetische Maximalkraftmessungen (Humac Norm, CSMi, Stoughton, USA) und elektromyografische Untersuchung der Knieflexoren und -extensoren (Abbildung 3 a-b). So können Kraftdefizite und motorische Aktivierungsdefizite detektiert werden [1,3,8,12,16,17,23,29,36]. In der 9-Monatskontrolle werden zusätz-

lich beidbeinige Drop Jumps aus einer Höhe von 20 cm auf eine bilaterale Kraftmessplatte (MLD, SpSport, Kriens, Österreich) (Abbildung 4 a-c) und einbeinige Sprünge (Single Hop for Distance, 6-Meter Timed Hop) (Abbildung 5 a-c) durchgeführt [34,36]. Beurteilt wird auch hier der LSI sowie das Kraft- und Aktivierungsverhältnis der Knieflexoren und -extensoren.

Konsequenz

Basierend auf den Resultaten und Empfehlungen der durchführenden

Physiotherapeuten und Sportwissenschaftler sowie den Ergebnissen der klinischen Untersuchung beschließt der behandelnde Arzt das weitere Therapie-Procédere. Wenn alle Tests des jeweiligen Nachkontrolltermins bestanden sind und keine Defizite bestehen, gilt die aktuelle Rehabilitationsstufe als abgeschlossen. Dann kann je nach Zeitpunkt der Testung und Anspruch des Patienten ein risikoarmer Progress in den Alltag/Arbeitsplatz, weiterer Belastungsaufbau in der Rehabilitation, Trainingsalltag oder Wettkampf, einhergehend mit einer progredienten Aktivitätsfreigabe erfolgen.

Diskussion

Die vorgestellte zeit- und kriterienbasierte Rehabilitation ermöglicht einen individuellen und progressiv gestalteten Therapieaufbau nach operativ versorgter VKB-Ruptur. Bei allen ausgewählten Tests handelt es sich um valide und reliable Untersuchungsmethoden [1,3,12,14,16,17,19,22,23,25,34], welche die funktionelle Belastungsfähigkeit des Kniegelenks nach Rekonstruktion des VKB objektiv beurteilen [12,13,19].

Die Zusammensetzung der Testungen seitens der Physiotherapie folgt den dynamischen Anforderungen an die Kniegelenkstabilität in den folgenden Rehabilitationsphasen. Initial wird hier insbesondere die Stabilität in der Sagittalebene (1) (antero-posterior) (2) getestet, in einem zweiten Schritt die Stabilität in der Frontalebene (medio-lateral bzw. varus-valgus) sowie vor Rückkehr in Sportsportarten die Rotationsstabilität (3). Die Kontrolle der Bewegungsqualität ist hier entscheidend, um mögliche dynamische Pathologien (bspw. vermehrte Hüftinnenrotation, dynamischer Valgus,

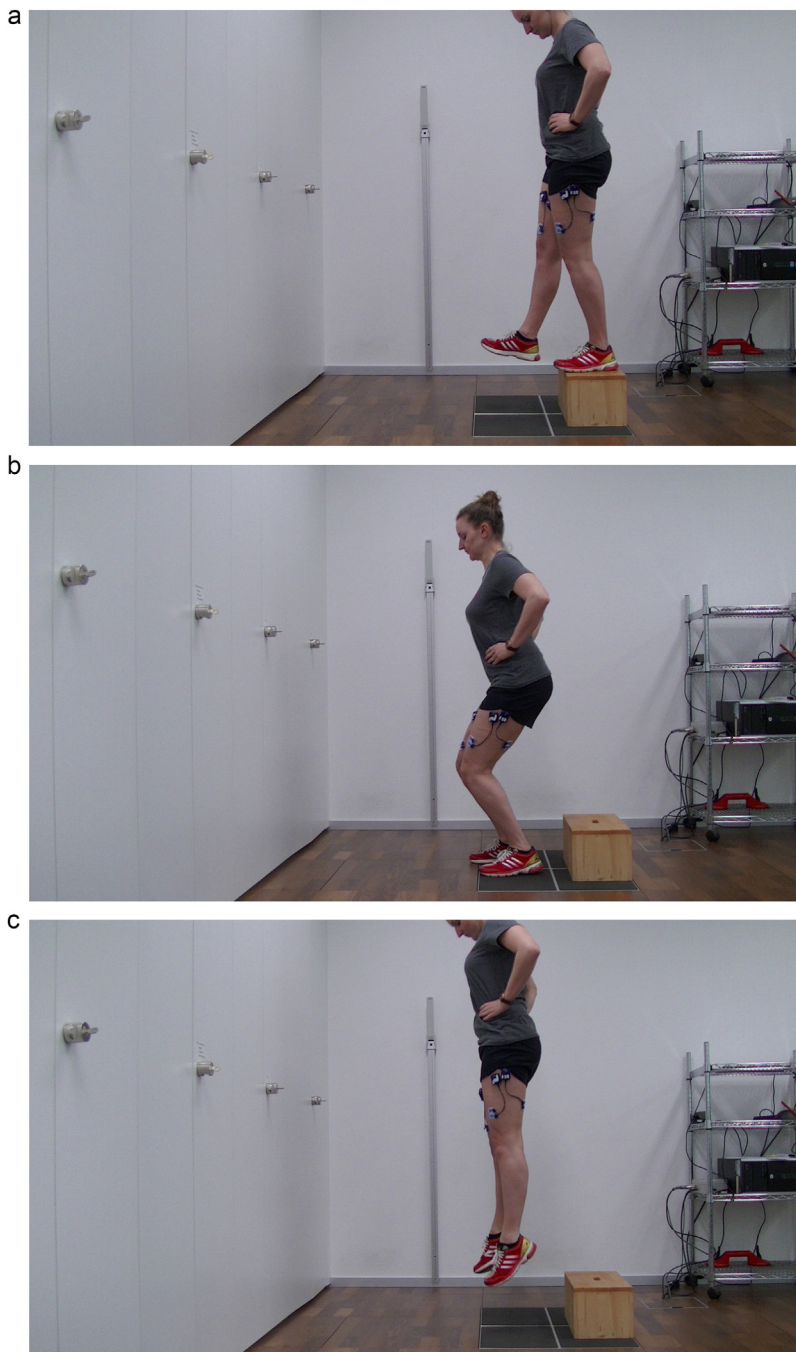


Abbildung 4
(a-c) Reaktiver Dropjump aus 20 cm Höhe.

etc.) zu erkennen und neuromuskuläre Defizite gezielt aufzeigen zu können. Die physiotherapeutischen Testungen werden durch eine funktionelle

Diagnostik ergänzt. So kann mit dem beidbeinigen Drop Jump auf eine zweiteilige Kraftmessplatte das Kraftverhältnis zwischen operiertem und nicht-operiertem Bein sowie la-

tente Asymmetrien in einer bi-pedalen Bewegungsausführung evaluiert werden. Mit der isokinetischen Maximalkraftmessung wird zusätzlich die Kraftfähigkeit der Oberschenkelmuskulatur in der offenen Kette getestet [1,3,8,23,29,39]. Je besser die Quadrizepskraft, umso geringer das Risiko, sich erneut zu verletzen (Re-Ruptur der VKB-Plastik) [11]. Jedoch gilt nicht nur die Kraft des M. Quadriceps in der Literatur als wichtiges RTS-Kriterium, sondern auch das Kraftverhältnis der Flexoren und Extensoren [25,31]. So ist bekannt, dass Sportler mit einem Kraftverhältnis zu Ungunsten der Flexoren eher dem Risiko ausgesetzt sind, sich erneut zu verletzen [25,31]. Auch die Wiederherstellung einer ausgewogenen neuromuskulären Aktivierung sowohl der Extensoren, hier insbesondere eine ausgewogene und symmetrische Aktivierung der beiden Mm. Vastii, als auch der Flexoren spielt für die Rückkehr zum Sport eine bedeutende Rolle [5,31]. Hier sind jedoch weitere Studien nötig, die sich mit der neuromuskulären Komponente detaillierter auseinandersetzen.

Die Praxistauglichkeit der kriterienbasierten Rehabilitation ist auf Grund des geringen Zeitaufwandes für Patient und Leistungserbringer hoch. Zudem beschränken sich die benötigten Hilfsmittel vor allem für die physiotherapeutischen Testungen auf das Y-Balance Kit [13], Klebeband, ein Messband und eine Stoppuhr. Ist kein Y-Balance Kit vorhanden, ist das Kleben des Y mit Klebeband auf den Boden eine reliable Alternative [1,33].

Limitationen und Anschlussfähigkeit

Trotz gründlicher Recherche und überlegter Synthese [20] sollten bei Schlussfolgerungen nachfolgende Limitationen berücksichtigt

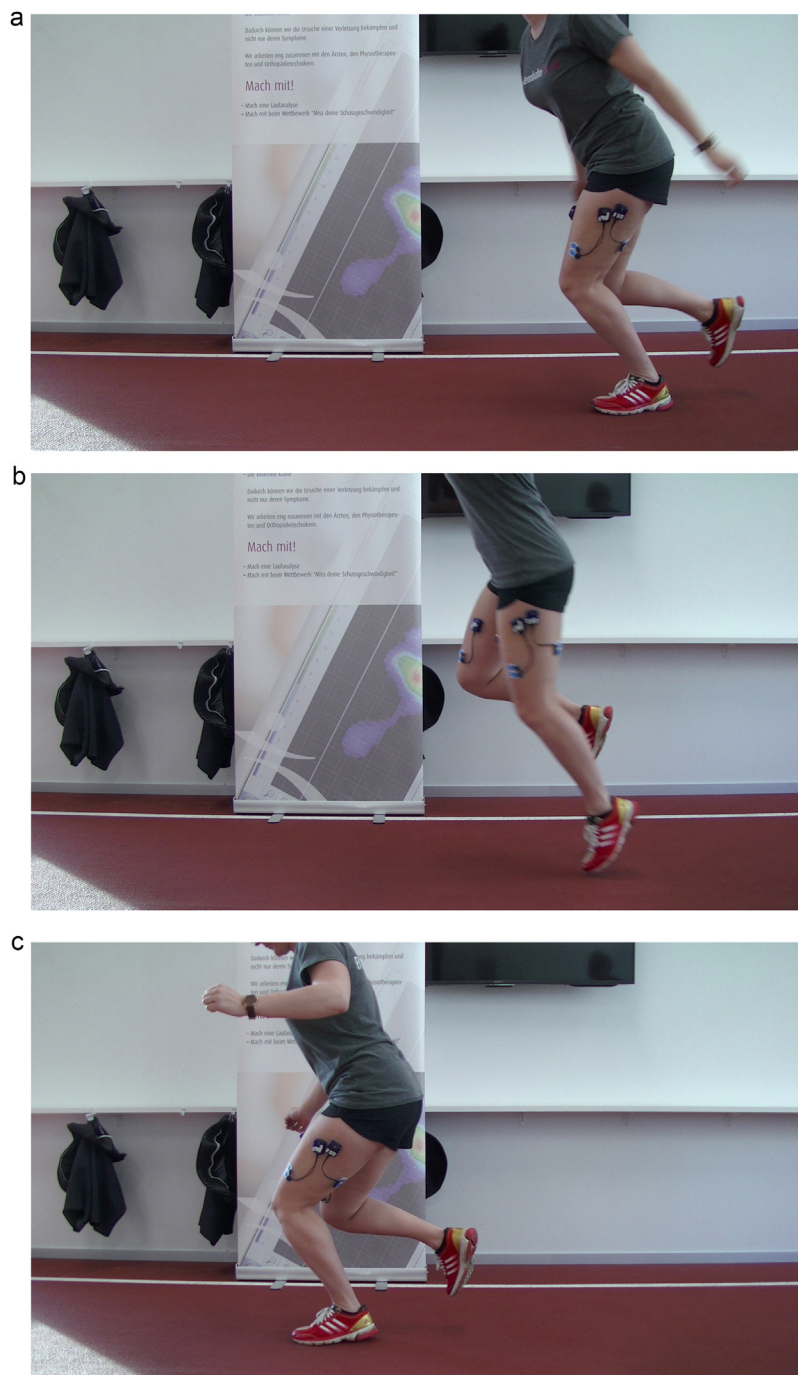


Abbildung 5
(a-c) Repetitive einbeinige Sprünge (Hop for Distance/ 6-Meter Timed Hop Test).

werden: Diese umfassen die Ermüdung während der Diagnostik [14], Lerneffekte innerhalb der Testbatterie [12], Adaptation des kontralate-

ralen nicht-verletzten Beins [2] und mögliche Seitendifferenzen, verursacht durch die Beindominanz [34]. Die ersten beiden Aspekte kön-

nen durch ausreichend lange Übungsphasen und Pausen kontrolliert werden. Letztere bedürfen genauer Betrachtung und müssen kritisch in die Beurteilung analog Beischer et al. [17] und Thomee et al. [1] mit einfließen. In einem nächsten Schritt könnte die kriterienbasierte Rehabilitation zum Beispiel mit dem ACL-RTS-after-injury (ACL-RSI)-Fragebogen ergänzt werden, um psychologische Einschränkungen (z. B. Angst vor Schmerz oder erneuter Ruptur, Bewegungsangst), die ein erfolgreiches RTS beeinflussen, systematisch zu berücksichtigen [10,24].

Schlussfolgerung / Zusammenfassung

Kombinierte zeit- und kriterienbasierte Rehabilitationsschemata rücken in der modernen Nachbehandlung zunehmend in den klinischen Fokus, um nach operativen Eingriffen am Bewegungsapparat, den individuellen Bedürfnissen der Patienten Rechnung tragen zu können und die sichere Rückkehr zu Alltag und Sport zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang ist ein interdisziplinäres Vorgehen nötig, bei dem Physiotherapeuten, Sportwissenschaftler und Ärzte den Patienten in komplementärer Zusammenarbeit begleiten. Vorliegendes Nachbehandlungsschema beinhaltet qualitative und quantitative funktionelle Tests, aber auch instrumentierte Verfahren in der offenen Kette kombiniert mit neuromuskulären Analysen in Ergänzung zur klinischen Beurteilung des behandelnden Orthopäden. So kann eine vernünftige, individuell angepasste Entscheidung für eine sichere Rückkehr in Alltagsaktivitäten/zum Arbeitsalltag und zum Sport unter Berücksichtigung aller Limitationen (5.1) getroffen und das Risiko von Rezidiv-Verletzungen

[38] und resultierende Folgekosten langfristig reduziert werden [22].

Interessenskonflikt

Es liegen keine Interessenkonflikte vor.

Literatur

- [1] G. Abrams, J. Harris, A. Gupta, F. McCormick, C. Bush-Joseph, N. Verma, B. Cole, B.J. Bach, Functional Performance Testing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A systematic Review, *The orthopaedic journal of sports medicine* (January 2014) 1–10.
- [2] D. Adams, D. Logerstedt, A. Hunter-Giordano, M.J. Axe, L. Snyder-Mackler, Current Concepts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Criterion-Based Rehabilitation Progression, *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* (July 2012) 601–614.
- [3] S. Beischer, E. Hamrin Senorski, C. Thomeé, K. Samuelsson, R. Thomeé, Young athletes return too early to knee-strenuous sport, without acceptable knee function after anterior cruciate ligament reconstruction, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* (Juli 2018) 1966–1974.
- [4] R. Bruce-Brand, J. Baker, D. Byrne, N. Hogan, T. McCarthy, Assessment of the quality and content of information on anterior cruciate ligament reconstruction on the internet, *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery* (June 2013) 1095–1100.
- [5] A.L. Bryant, J. Kelly, E. Hohmann, Neuromuscular Adaptions and Correlates of Knee Functionality following ACL Reconstruction, *Journal of orthopaedic research* (2008 January) 126–135.
- [6] D. Creighton, I. Shrier, R. Shultz, W. Meeuwisse, G. Matheson, Return-to-play in sports: a decision-based model, *Clinical Journal of Sports Medicine* (September 2010) 379–385.
- [7] S.L. Di Stasi, D. Logerstedt, E. Gardinier, L. Snyder-Mackler, Gait patterns differ between ACL-reconstructed athletes who pass return-to-sport criteria and those who fail, *American Journal of Sports Medicine* (4 Juni 2013) 1310–1318.
- [8] J.R. Ebert, P. Edwards, J. Currie, A. Smith, B. Joss, T. Ackland, J.-U. Bue-low, B. Hewitt, Comparison of the „Back in Action“ test battery to standard hop tests and isokinetic knee dynamometry in patients following anterior cruciate ligament reconstruction, *International Journal of Sports Physical Therapy* (June 2018) 389–400.
- [9] M. Ellman, S. Sherman, B. Forsythe, R. LaPrade, B. Cole, B.J. Bach, Return to play following anterior cruciate ligament reconstruction, *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* (May 2015) 283–296.
- [10] J. Everhart, T. Best, D. Flanigan, Psychological predictors of anterior cruciate ligament reconstruction outcomes: a systematic review, *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy* (March 2015) 752–762.
- [11] H. Grindem, L. Snyder-Mackler, H. Moksnes, L. Engebretsen, M. Risberg, Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study, *British Journal of Medicine* (July 2016) 804–808.
- [12] A. Gustavsson, C. Neeter und, P.E.A. Thomee, A test battery for evaluation hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* (2006) 778–788.
- [13] C. Hallagin, J. Garrison, K. Creed, J. Bothwell, S. Goto, J. Hannon, The relationship between pre-operative and twelve-week post-operative Y-Balance and quadriceps strength in athletes with an anterior cruciate ligament tear, *International Journal of Sports Physical Therapy* (November 2017) 986–993.
- [14] L. Hannon, S. Wang-Price, S. Goto, J. Garrison, J. Bothwell, Do Muscle Strength Deficits of the Uninvolved Hip and Knee Exist in Young Athletes before Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine* (January 2017).
- [15] J. Harris, G. Abrams, B. Bach, D. Williams, D. Heidloff, C. Bush-Joseph, N. Verma, B. Forsythe, B. Cole, Return to sport after ACL reconstruction, *Orthopedics* (February 2014) 103–108.
- [16] E. Herbst, C. Hoser, C. Hildebrandt, C. Raschner, C. Hepperger, H. Pointner, C. Fink, Functional assessments for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction. Part II: clinical application of a new test battery, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* (May 2015) 1283–1291.
- [17] C. Hildebrandt, L. Müller, B. Zisch, R. Huber, C. Fink, C. Raschner, Functional assessments for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction. Part I: development of a new test battery, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* (Mai 2015) 1273–1281.
- [18] P.A. Houglum, Soft Tissue Healing and its Impact on Rehabilitation, *Journal of Sport Rehabilitation* (February 1992) 19–39.
- [19] M. Keller, E. Kurz, O. Schmidlein, G. Welsch, C. Anders, Interdisziplinäre Beurteilungskriterien für die Rehabilitation von Verletzungen der unteren Extremität: Ein funktionsbasierter Return-to-Activity Algorithmus, *Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin* (2016) 137–148.
- [20] B. Kitchenham, *Procedures for Performing Systematic Reviews*, 2004 June.
- [21] E. Linko, A. Harilainen, A. Malmivaara, S. Seitsalo, Surgical versus conservative interventions for anterior cruciate ligament ruptures in adults, *Cochrane Database of Systemic Reviews* (April 2005).
- [22] R. Mather 3rd, L. Koenig, M. Kocher, T. Dall, P. Gallo, D. Scott, B.J. Bach, K. Spindler, MOON Knee Group, Societal and economic impact of anterior cruciate ligament tears, *The Journal of bone and joint surgery. American Volume* (October 2013) 1751–1759.
- [23] U. Müller, M. Krüger-Franke, M. Schmidt, B. Rosemeyer, Predictive parameters for return to pre-injury level of sport 6 months following anterior cruciate ligament reconstruction surgery, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* (Dezember 2015) 3623–3631.
- [24] U. Müller, M. Schmidt, M. Krüger-Franke, B. Rosemeyer, Die ACL-Return to Sport after Injury Skala als wichtiger Parameter bei der Beurteilung Rückkehr zum Sport Level 1 und 2 nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes (deutsche Version), *Sports Orthopaedics and Traumatology* (May 2014) 135–144.
- [25] G. Myer, K. Ford, K. Foss, C. Liu, T. Nick, T. Hewett, The Relationship of Hamstrings and Quadriceps Strength to Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes, *Clinical Journal of Sport Medicine* (2009) 3–8.
- [26] G. Myer, M. Paterno, K. Ford, C. Quatman, T. Hewett, Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: criteria-based progression

- through the return-to-sport phase, *Journal of orthopaedic and sports physical therapy* (June 2006) 385–402.
- [27] G. Myklebust, R. Bahr, Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery, *British Journal of Sports Medicine* (March 2005) 127–131.
- [28] E. Narducci, A. Waltz, K. Gorski, L. Leppla, M. Donaldson, The clinical utility of functional performance tests within one-year post-ACL reconstruction: a systematic review, *International Journal of Sports Physical Therapy* (December 2011) 333–342.
- [29] Z. Nawasreh, D. Logerstedt, K. Cummer, M. Axe, M. Risberg, L. Snyder-Mackler, Functional performance 6 months after ACL reconstruction can predict return to participation in the same preinjury activity level 12 and 24 months after surgery, *British Journal of Sports Medicine* (March 2018).
- [30] W. Petersen, C. Fink, S. Kopf, Return to sports after ACL reconstruction: a paradigm shift from time to function, *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy* (May 2017) 1353–1355.
- [31] W. Petersen, P. Taheri, P. Forkel, T. Zantop, Return to play following ACL reconstruction: a systematic review about strength deficits, *Archives of orthopaedic and trauma surgery* (October 2014) 1417–1428.
- [32] P.J. Plisky, M.J. Rauh, T.W. Kaminski, F.B. Underwood, Star Excursion Balance Test as predictor of lower extremity injury in high school basketball players, *The journal of orthopaedic and sports physical therapy* (2006) 911–919.
- [33] A. Rambaud, C. Ardem, P. Thoreux, J. Regnaud, P. Edouard, Criteria for return to running after anterior cruciate ligament reconstruction: a scoping review, *British Journal of Sports Medicine* (November 2018) 1437–1444.
- [34] A. Reid, T. Birmingham, P. Stratford, G. Alcock, J. Giffin, Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction, *Physical Therapy* (20 February 2007) 337–349.
- [35] E. Rohman, J. Steubs, M. Tompkins, Changes in involved and uninvolved limb function during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: implications for Limb Symmetry Index measures, *American Journal of Sports Medicine* (June 2015) 1391–1998.
- [36] R. Thomeé, Y. Kaplan, J. Kvist, G. Myklebust, M. Risberg, D. Theisen, E. Tsepis, S. Werner, B. Wondrasch, E. Witvrouw, Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* (19 November 2011) 1798–1805.
- [37] B. van Dommelen, P. Fowler, Anatomy of the posterior cruciate ligament. A review, *American Journal of Sports Medicine* (January-February 1989) 24–29.
- [38] S. van Grinsven, R. van Cingel, C. Holla, C. van Loon, Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction, *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy* (August 2010) 1128–1144.
- [39] N. van Melick, R. van Cingel, F. Brooijmans, C. Neeter, T. van Tienen, W. Hullegie, M. Nijhuis-van der Sanden, Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus, *British Journal of Sports Medicine* (Dezember 2016) 1506–1515.

Korrespondenzadresse:

PD Dr Jochen Paul, Rennbahnklinik,
Kriegackerstrasse 100, CH-4132 Muttenz,
Schweiz. Tel.: +41 61 536 64 64.
E-Mail: jochen.paul@rennbahnklinik.ch

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect