

**Evaluierung des Erfurter Sporttests nach vorderer Kreuzbandersatzplastik  
hinsichtlich Rerupturrate und Risikofaktoren**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt  
der Medizinischen Fakultät  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Martin Jacobi

Betreuer\*innen: Univ. - Prof. Dr. med. Karl-Stefan Delank, Halle (DOUW)  
apl. Prof. Dr. phil. René Schwesig, Halle (DOUW)

Gutachter\*innen:  
Prof. Dr. Maren Witt, Leipzig  
Prof. Dr. med. Christian Eckmann, Hann.-Münden

Datum der Verteidigung: 29.02.2024

## Referat

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Outcome nach vorderer Kreuzbandersatzplastik und evaluiert hierbei den „Erfurter Sporttest“ anhand der Parameter Reruptur, Schmerzen, subjektives Instabilitätsgefühl, Zeitpunkt der Rückkehr zum Sport sowie wieder erreichtem Aktivitätslevel. Der „Erfurter Sporttest“ bezeichnet eine Kombination aus isometrischem Krafttest und verschiedenen Sprungtests, als Ergebnis wird eine Gesamtpunktzahl erzielt. Er wird 6 Monate nach erfolgter VKB-Rekonstruktion als standardisiertes Instrument eingesetzt, um den besten Zeitpunkt zum „Return to sport“ (RTS) zu bestimmen. Letztlich wurden Sporttestergebnisse von insgesamt 1026 Patientinnen und Patienten, die im Zeitraum 07/2015 bis 11/2018 den „Erfurter Sporttest“ absolviert hatten, retrospektiv ausgewertet. Weiterhin wurden o.g. Parameter durch ein Telefoninterview mit den entsprechenden Probanden ermittelt, dieses fand im Durchschnitt 1569 Tage nach absolviertem Sporttest statt.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS Statistics Version 28.0 für Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Für die Rerupturrate (13%) konnte keine relevante Korrelation zum Ergebnis des Sporttests nachgewiesen werden. Die Sporttestergebnisse waren mit und ohne Reruptur in etwa gleich (ja: 25,1 Punkte, n=65; nein: 24,6 Punkte, n=438). Die Probanden mit niedrigerem Punktwert im Sporttest erhielten signifikant häufiger die Empfehlung zu spezifischem Aufbaustraining (Ausdauertraining  $p < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,032$ / Krafttraining  $p < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,023$ / Koordination  $p < 0,010$ ;  $\eta_p^2 = 0,013$ ). Die dadurch erzeugte Verzögerung des RTS könnte als Erklärungsansatz für die ähnlichen Rerupturraten in den beiden Subgruppen dienen.

Als Risikofaktoren für eine Reruptur zeigten sich ein Alter  $< 21$  Jahren (17%; n=102/ davon ja n=17) und komplexe Verletzungen mit Beteiligung weiterer Kniebinnenstrukturen (komplexe Bandverletzung mit Verletzung von Knorpel und Menisci, Rerupturrate 27%, n=13) im Vergleich zu den isolierten VKB-Rupturen (Rerupturrate 10%, n=14), ( $p < 0,025$ ; Chi-Quadrat=9,32). Im Vergleich zu anderen Studien konnten in unserer Studie ein hoher BMI (ja:  $25,8 \pm 3,88 \text{ kg/m}^2$ ; nein:  $25,3 \pm 3,36 \text{ kg/m}^2$ ;  $p = 2,52$ ;  $\eta_p^2 = 0,03$ ), weibliches Geschlecht (weiblich: n=14; männlich: n=51;  $p = 314$ ; Chi-Quadrat=1,014) sowie die generelle Wiederaufnahme sportlicher Aktivität ( $p = 0,765$ ; Chi-Quadrat=0,089) nicht als Risikofaktoren identifiziert werden. Auch der Zeitpunkt des RTS hatte bezüglich der Rerupturrate keinen relevanten Einfluss auf das Patientenoutcome (ja 7,1 Monate, nein 6,9 Monate postoperativ).

Die Auswertung des Telefoninterviews zeigte einen hohen Zusammenhang zwischen den beiden Variablen Schmerzen und Instabilität im Outcome ( $p < 0,001$ ; Chi-Quadrat=50,53). Außerdem gaben Studienteilnehmer mit Reruptur im Telefoninterview ein signifikant geringeres Aktivitätslevel an als solche ohne Reruptur ( $p < 0,001$ ; Chi-Quadrat=18,8). Der subjektive IKDC-Score erwies sich als hilfreiches Tool zur Kontrolle des Heilungsfortschrittes nach VKB-Plastik. Eine verlässliche Prognose bezüglich des Outcomes bzw. Rerupturrisikos ist mit dem Score allerdings nicht möglich.

Jacobi, Martin: Evaluierung des Erfurter Sporttests nach vorderer Kreuzbandersatzplastik hinsichtlich Rerupturrate und Risikofaktoren, Halle (Saale), Univ., Med. Fak., Diss, 69 Seiten, 2023

## Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole

A.	Arteria
Abh.	Abhängigkeit
ACL	anterior cruciate ligament (vorderes Kreuzband)
AGA	Gesellschaft für Arthroskopie und Gelenkchirurgie
Abb.	Abbildung
bzgl.	Bezüglich
bzw.	Beziehungsweise
BMI	Body mass index
ca.	Circa
CT	Computertomografie
d.h.	das heißt
etc.	etcetera
IKDC	Score des International Knee Documentation Committees
Lig.	Ligamentum
min	Minuten
m/ w	männlich/ weiblich
MW	Mittelwert
n	Anzahl
OP	Operation
p	p-Wert
p.o.	Postoperative
RTP	Return to Play
RTS	Return to sport
RTC	Return to competition
SD	Standardabweichung
Tab.	Tabelle

vgl.	im Vergleich
VBG	Verwaltungsberufsgenossenschaft
VKB-Plastik	vordere Kreuzbandersatzplastik
VKB-Ruptur	Riss des vorderen Kreuzbandes
vs.	Versus
WHO	Weltgesundheitsorganisation
z.B.	zum Beispiel
%	Prozent
>	Größer
<	Kleiner
+/-	plus minus
$\eta_p^2$	partielles Eta-Quadrat
r	Korrelationskoeffizient
1W/ kgKG	1 Watt pro kg Körpergewicht

## Abbildungsverzeichnis:

<b>Abb. 1:</b>	Flow chart zum Studiendesign.....	15
<b>Abb. 2:</b>	Sporttestablauf.....	21
<b>Abb. 3:</b>	Sporttest B: Isokinetiktest.....	21
<b>Abb. 4:</b>	Laufen vorwärts .....	21
<b>Abb. 5:</b>	Laufen rückwärts .....	21
<b>Abb. 6:</b>	Seitsteps.....	21
<b>Abb. 7:</b>	Zick-Zack-Parcours .....	21
<b>Abb. 8:</b>	Einbeinsprung .....	21
<b>Abb. 9:</b>	Einbeinkniebeuge .....	21
<b>Abb. 10:</b>	Räumlichkeit Sporttest 1.....	22
<b>Abb. 11:</b>	Räumlichkeit Sporttest 2.....	22
<b>Abb. 12:</b>	Räumlichkeit Sporttest 3.....	22
<b>Abb. 13:</b>	Geschlechterverteilung im Sporttest bzgl. Reruptur.....	27
<b>Abb. 14:</b>	Verteilung der Sporttestergebnisse.....	27
<b>Abb. 15:</b>	geplanter Sport der Sporttestteilnehmer.....	28
<b>Abb. 16:</b>	Schmerzen im Sporttest vgl. mit Outcome-Parameter Schmerzen	30
<b>Abb. 17:</b>	Instabilität im Sporttest vgl. mit Outcome-Parameter Instabilität....	31
<b>Abb. 18:</b>	Vergleich Outcome-Parameter Schmerzen und Instabilität.....	33
<b>Abb. 19:</b>	Outcome-Parameter "Return to Sport" in Monaten.....	33
<b>Abb. 20:</b>	Outcome-Parameter p.o. Aktivitätslevel im Hinblick auf Reruptur...	36
<b>Abb. 21:</b>	Outcome-Parameter Rerupturrate bei wieder sportlich Aktiven.....	39
<b>Abb. 22:</b>	Outcome-Parameter Rerupturrate in Abh. v. Begleitverletzungen..	40
<b>Abb. 23:</b>	Sporttest A: Dokumentation/ Patientenfragebogen .....	VIII
<b>Abb. 24:</b>	Sporttest C1: sportmotorischer Komplextest 1.....	IX
<b>Abb. 25:</b>	Sporttest C2: sportmotorischer Komplextest 2 .....	X

## Tabellenverzeichnis:

<b>Tab. 1:</b>	Übersicht zu Sporttestinhalt und -ablauf sowie Bewertungskriterien	19
<b>Tab. 2:</b>	Rerupturrate im Vergleich zur Sporttestgesamtpunktzahl.....	29
<b>Tab. 3:</b>	Schmerzen im Sporttest vgl. mit Outcome-Parameter Schmerzen.....	30
<b>Tab. 4:</b>	Outcome-Parameter Schmerzen vgl. mit Sporttestgesamtpunktzahl.....	31
<b>Tab. 5:</b>	Outcome-Parameter Instabilität vgl. mit Sporttestgesamtpunktzahl.....	32
<b>Tab. 6:</b>	Outcome-Parameter Schmerzen und Instabilität vgl.....	32
<b>Tab. 7:</b>	Outcome-Parameter RTS (in Monaten) und Rerupturrate vgl.....	34
<b>Tab. 8:</b>	Outcome-Parameter postoperativ erreichtes Aktivitätslevel.....	34
<b>Tab. 9:</b>	Sporttestgesamtpunktzahl vgl. Outcome-Parameter p.o. Aktivitätslevel..	35
<b>Tab. 10:</b>	Outcome-Parameter Reruptur vgl. mit p.o. erreichtes Aktivitätslevel.....	36
<b>Tab. 11:</b>	RTS in Monaten, Vergleich Patienten <21Jahre und >21 Jahre.....	37
<b>Tab. 12:</b>	BMI in Abhängigkeit vom Outcome-Parameter Schmerzen.....	38
<b>Tab. 13:</b>	BMI in Abhängigkeit vom Outcome-Parameter Instabilität.....	38
<b>Tab. 14:</b>	BMI in Abhängigkeit vom Outcome-Parameter p.o. Aktivitätslevel.....	38
<b>Tab. 15:</b>	Wieder sportlich Aktive im Hinblick auf Outcome-Parameter Reruptur...	39
<b>Tab. 16:</b>	Outcome-Parameter Rerupturrate in Abh. von Begleitverletzungen.....	41

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Epidemiologie, Verletzungsmechanismen und Risiken.....	1
1.2 Entwicklung der Kreuzbandchirurgie.....	2
1.3 Aktuelle Standardtherapie und Nachsorge.....	3
1.4 Reruptur.....	8
1.5 Prävention.....	11
<b>2 Zielstellung</b> .....	<b>13</b>
<b>3 Material und Methoden</b> .....	<b>15</b>
3.1 Studiendesign.....	15
3.2 Stichprobe.....	15
3.3 Der Erfurter Sporttest .....	17
3.4 Subjektiver IKDC-Score.....	23
3.5 Telefoninterview (Reevaluation/ Outcome).....	23
3.6 Statistische Datenanalyse.....	25
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>26</b>
4.1 Analyse Sporttest.....	26
4.2 Ergebnisse Telefoninterview.....	29
4.3 Subgruppenanalyse .....	37
4.4 Subjektiver IKDC-Score.....	41
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>42</b>
5.1 Ergebnisdiskussion.....	42
5.2 Methodendiskussion (Limitationen).....	54
<b>6 Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>56</b>
<b>7 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>58</b>
<b>8 Thesen</b> .....	<b>69</b>
<b>Anhang</b> .....	

## **1 Einleitung**

In der heutigen Gesellschaft finden die Begriffe Sport und Gesundheit immer mehr Beachtung. Die Bevölkerung wird durch die Medien, die Krankenkassen und die Politik dazu angehalten, sich für ihre Gesundheit zu engagieren und die Vielzahl an Sportangeboten zu nutzen. Millionen Menschen trainieren in Vereinen bzw. treiben Sport, welcher zudem als Ausgleich zu den Anforderungen der modernen Arbeitswelt gilt.

Daneben existiert der Leistungs- und Hochleistungssport, welcher durch den Wettkampfgedanken geprägt und durch starkes mediales und öffentliches Interesse gekennzeichnet ist. Zusätzlichen Druck auf Sportler, Trainer und Verantwortliche erzeugen finanzielle Interessen im Profisport.

In allen genannten Bereichen besteht die permanente Gefahr von Verletzungen des Bewegungsapparates.

Etwa 76% aller Sportverletzungen mit verbleibender Invalidität gehen dabei auf das Konto von Kreuzbandverletzungen (Pässler, 2002). Obwohl Rupturen des vorderen Kreuzbands im Profisport nur 0,5% aller Verletzungen ausmachen, verursachen sie circa 15–20% aller Ausfallzeiten (Luig et al., 2018). Insgesamt 14–16% aller VBG-Leistungen stehen in Zusammenhang mit VKB-Rupturen. Somit stellen diese die bedeutsamste Einzeldiagnose in den Teamsportarten in diesem Kontext dar (Luig et al., 2018).

### **1.1 Epidemiologie, Verletzungsmechanismen und Risiken**

Der Riss des vorderen Kreuzbands gehört zu den häufigsten Verletzungen im Sport und ist die häufigste Bandverletzung im Kniegelenk überhaupt (Bollen, 2000). Der Anteil an Verletzungen der Bänder im Knie an allen klinisch relevanten Knieverletzungen liegt bei etwa 40%, hiervon sind etwa zwei Drittel der Verletzungen Kreuzbandrisse, wovon wiederum bei 46% der Verletzten nur das vordere Kreuzband betroffen ist. Allein in Deutschland gibt es laut Statistischem Bundesamt ca. 100.000 Fälle pro Jahr, andere Quellen sprechen von einer Häufigkeit von 1/3500 Einwohner (Garrick & Requa, 2000; Petersen, 2005; Petersen et al., 2005).

Bei Spitzensportlern sind Verletzungen des vorderen Kreuzbandes (VKB) und komplexe Knieverletzungen die häufigsten Ursachen für Sportunfähigkeit (Ardern, 2011), aber auch Amateure erleiden beim Sport häufig Bandverletzungen des Kniegelenkes.

Unabhängig von der Sportart und dem ausgeübten Leistungsniveau bedeutet eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes eine langwierige Trainings- und Wettkampfpause mit ungewissem Ausgang.

VKB-Rupturen finden unabhängig von der Sportart häufig ohne gegnerische Einwirkung statt (Petersen et al., 2012), der überwiegende Anteil entsteht in Nicht-Kontakt-Situationen. Man kann allerdings eine Reihe von Risikosportarten benennen, insbesondere Sportarten, die schnelle Richtungswechsel beinhalten („high risk pivoting“ Sportarten) wie Fußball, American Football, Volleyball, Tennis, Ski Alpin oder Basketball (Ettliger et al., 2015; Teske et al., 2010; Zantop et al., 2007). In diesen Sportarten betreffen rund 30% der Verletzungen das Kniegelenk (Eberhardt et al., 2002). Der Altersgipfel liegt zwischen 15 und 30 Jahren (Majewski et al., 2006; Teske et al., 2010). Eine weitere Risikogruppe stellen weibliche Athleten dar. Der Anteil der Verletzungen ist bei Jungen und Mädchen bis zum 12. Lebensjahr ähnlich, durch die Pubertät jedoch findet sich bei jungen Frauen ein signifikant steilerer Anstieg des VKB-Verletzungsanteils gegenüber jungen Männern (Hewett et al., 2006; Straccolini et al., 2015). Vermutete Ursachen sind Unterschiede in der Anatomie (Quadricepsdominanz) und geschlechtsspezifische hormonelle Unterschiede (Östrogen) (Petersen et al., 2016). Es gibt diesbezüglich Hinweise, dass die Bandlaxizität und die musklotendinöse Steifigkeit hierdurch beeinflusst werden (Anderson et al., 2016; Petersen, 2005).

## **1.2 Entwicklung der Kreuzbandchirurgie**

Bereits im Altertum fand eine erste schriftliche Erwähnung des vorderen Kreuzbandes statt. Diese, vermutlich erste Erwähnung, findet sich auf einer ägyptischen Papyrusrolle (datiert um etwa 3000 v.Chr.). Wissenschaftliche Abhandlungen über Verletzungsmuster und Biomechanik entstanden jedoch erst im Verlauf des 19. Jahrhunderts.

Nachdem zunächst Berichte über eine konservative Therapie mit Gipsimmobilisation

bekannt wurden, entwickelten sich mit den wachsenden Möglichkeiten der Chirurgie Strategien einer operativen Problemlösung. Die erste operative Versorgung der zerstörten Bandkontinuität erfolgte 1895 durch M. Robson im Sinne einer Primärnaht (Eberhardt et al., 2002). Bei frischen Kreuzbandverletzungen blieb die Primärnaht bis Mitte der 1970er Jahre der Goldstandard (Feagin & Curl, 1976), ehe aufgrund von schlechten Langzeitergebnissen die nachfolgende Geschichte hauptsächlich durch die Suche nach dem optimalen Transplantat gekennzeichnet war (Eberhardt et al., 2002). Hierbei stellte sich die Überlegenheit autologer Transplantate im Vergleich zu synthetischen, allogenen tierischen und auch homologen Transplantaten heraus (Buchmann et al., 2008; Höher & Tiling, 2000). Zunächst dienten vor allem gestielte oder frei transplantierte Fascia-lata-Transplantate als erste Wahl, ehe sich schließlich Knochen-Sehnen-Knochen-Transplantate der Patellarsehne sowie Semitendinosus- und Gracilissehne zunehmend durchsetzen konnten (Kohl, 2013).

Auch die operative Technik erlebte hierbei eine Evolution: nach primär offener Arthrotomie dauerte es bis ins Jahr 1981, bis durch Dandy die erste arthroskopisch assistierte Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes berichtet wurde (Dandy, 1982).

### **1.3 Aktuelle Standardtherapie und Nachsorge**

Aus Sicht des verletzten Sportlers ist das Wiedererlangen des präoperativen Aktivitäts- und Leistungsniveaus das bedeutsamste Ziel bei der Planung der Therapie. Konservative und operative Therapie dienen der Wiederherstellung der Stabilität und Kinematik des Kniegelenks, der Wiedererlangung der Sportfähigkeit und der möglichen Vermeidung degenerativer Langzeitschäden. Ein konservativer Behandlungsversuch ist bei geringer Instabilitätssymptomatik und niedrigem körperlichen Belastungsanspruch sowie bei Kreuzbandteil-Rupturen mit hohem muskulärem Kompensationspotenzial gerechtfertigt (Sobau et al., 2017).

#### *Operative Therapie und Indikationsstellung*

Gemäß aktueller Literatur gilt beim Sportler mit symptomatischer Instabilität die Kreuzbandplastik mit einem autologen Sehnen transplantat, welches sich in der Folgezeit zu einem Band umbauen muss (Remodeling), als Therapie der Wahl

(Petersen et al., 2013; Sobau et al., 2017). Als autologe Sehnen-transplantate eignen sich die Patellarsehne, die Quadrizepssehne, die Semitendinosusehne und ggf. Gracilissehne. Alle Transplantate haben Vor- und Nachteile und spezielle Indikationen (s. Transplantatwahl). Als Standardmethode gilt die anatomische Einzelbündelrekonstruktion (Petersen et al., 2016). Die operative Therapie kann sekundäre Meniskus- und Knorpelschäden verhindern und senkt so die Arthroserate nach VKB-Ruptur (Ajuied et al., 2013; Krause et al., 2018; Petersen, 2009; Petersen et al., 2018). Die Indikation zur VKB-Plastik ist jedoch stets eine individuelle Entscheidung.

### *OP-Zeitpunkt*

Den richtigen OP-Zeitpunkt macht man zunehmend vom aktuellen Zustand des Kniegelenkes abhängig. Während man vor einigen Jahren noch von einem Abstand von 6 Wochen zwischen Verletzung und operativer Versorgung als Standard ausging, konnten mittlerweile präoperative Bewegungseinschränkung und Reizung des Gelenkes (Erguss) als prädisponierende Faktoren für eine postoperative Arthrofibrose detektiert werden (Mayr et al., 2004). Bei reizlosem Knie mit freier Beweglichkeit ist das Risiko einer postoperativen Arthrofibrose auch bei Frühversorgung gering.

### *Transplantatwahl*

Die Transplantatwahl stellt in der operativen Versorgung einer Kreuzbandruptur einen wesentlichen Bestandteil dar. Grundsätzlich wird zwischen weichteiligen Transplantaten (Hamstringsehnen) und Knochenblocktransplantaten (Quadrizepssehne/ Patellarsehne) unterschieden. Alternativ können Allografts verwendet werden. In Deutschland werden jedoch fast ausschließlich autologe Transplantate genutzt.

Das am häufigsten verwendete Transplantat bei der primären VKB-Plastik ist die Semitendinosusehne, ggf. in Kombination mit der Gracilissehne. Bei der Verwendung von Knochenblocktransplantaten hat sich in den letzten Jahren ein Wandel vollzogen, die Quadrizepssehne löst mehr und mehr die Patellarsehne in ihrer Popularität ab. Ein Hauptvorteil ist hierbei, dass kniende Positionen postoperativ im Vergleich zur Patellarsehne deutlich geringere Schmerzen bereiten, da der Druck nicht auf der Narbe lastet (Müller et al., 2000).

Die deutlich überwiegenden Vorteile bei der Verwendung von Weichteiltransplantaten führte dazu, dass sie bei der VKB-Plastik mittlerweile den Goldstandard darstellen. Unabhängig davon existieren Studien, in denen bei der primären VKB-Plastik mit den genannten Weichteiltransplantaten eine höhere Revisionsrate aufgezeigt wird als bei den Patellarsehnentransplantaten (Gifstad et al., 2014; Perrson et al., 2014; Rahr-Wagner et al., 2014). Demgegenüber lassen sich bei der Verwendung der Patellarsehne im zeitlichen Verlauf häufiger Bewegungslimitationen des Kniegelenkes, vorderer Knieschmerz und arthrotische Veränderungen beobachten (Grassi et al., 2017; Xie et al., 2015). Grundsätzlich sind als VKB-Ersatz mehrere autologe Transplantate gleichwertig einsetzbar (Buchner et al., 2010). Die Entscheidungsfindung sollte stets individuell dem Anforderungsprofil des Patienten angepasst werden.

Neben Tunnelpositionierung, Transplantatverankerung und operativer Technik ist die biologische Integration des Transplantates entscheidend. Der Einheilungsprozess eines Knochenblocktransplantates in den knöchernen Tunnel verläuft in der Regel schneller als der eines Weichteiltransplantates (Pauzenberger et al., 2013).

### *Healing Response- Technik*

Die Methode soll der Vollständigkeit halber kurz Erwähnung finden. Es handelt sich um die arthroskopische Refixation eines proximal abgerissenen Kreuzbandstumpfes durch Anfrischen der ursprünglichen Insertionsstelle und Reposition des Kreuzbandstumpfes. Die Methode wurde 1990 von einer Arbeitsgruppe um Richard Steadman in den USA entwickelt. Die Indikation kann nur bei proximal abgerissenen VKB-Rupturen gestellt werden und funktioniert somit nicht bei allen Patienten.

Die Frage, ob die Technik langfristig gute Ergebnisse liefert, ist noch nicht abschließend beantwortet. Es existieren jedoch Hinweise, dass diese Versorgungsform bei geeigneten Patienten eine Alternative zur herkömmlichen Versorgung darstellen kann (Osti et al., 2018). Die Studie beschreibt jedoch hohe Komplikationsraten sowie eine fast 50%ige Rate an postoperativ relevanten Instabilitäten.

### *Konservative Therapie*

Unter bestimmten Umständen kann eine vordere Kreuzbandruptur konservativ behandelt werden (Kohn & Adam, 2000). Auch die Wahl der konservativen Therapie hat das Ziel der Wiederherstellung der Funktions- und Leistungsfähigkeit des Knies und es gibt eine Reihe von Patienten, die konservativ therapiert werden und subjektiv zufrieden sind.

Hierfür muss eine Reihe von Kriterien berücksichtigt werden. Geringe Teilrupturen mit suffizienter Stabilität können konservativ mit zufriedenstellenden Ergebnissen ausheilen (Monk et al., 2016). Hingegen erreichen hochgradige Teil- oder Komplettrupturen selten eine ausreichende Stabilität (Rauch et al., 1991; Webster & Hewett, 2019). Ob eine verbleibende Instabilität kompensiert wird, hängt von den Erwartungen und der Aktivität des Patienten ab. Bei Patienten mit hohem Leistungsanspruch im Privat- und Berufsleben sowie beim Sport geht die Tendenz eher zur operativen Versorgung, da eine Rückkehr zu etwaigen Aktivitäten bei verbleibender Instabilität nur deutlich eingeschränkt möglich ist und das Risiko einer erneuten Verletzung dementsprechend hoch ist. Die konservative Therapie sollte engmaschig medizinisch betreut und überwacht werden, um bei Therapieversagern reagieren und eine operative Therapie einleiten zu können, was häufig vorkommt (Frobell et al., 2010). Eine verzögerte operative Versorgung mit VKB-Plastik hat hierbei keine schlechteren Langzeitergebnisse als eine frühe Versorgung (Franz & Wick, 2007).

### *Rehabilitationsphase und Return to Sport (RTS)*

Die Wiederherstellung der Beweglichkeit, Propriozeption, Muskelkraft und Reintegration des betroffenen Kniegelenkes in komplexe Bewegungsabläufe sind das Hauptziel der Nachbehandlung nach VKB-Plastik (Melick et al., 2016). Intensität und Qualität der Rehabilitation sowie Handwerkskunst der Physiotherapie und Sportwissenschaft spielen bei der Entscheidung zum RTS heutzutage eine gewichtige Rolle (Rauch et al., 2019).

Es existiert kein durchweg anerkannter Zeitpunkt, wann ein Sportler nach Kreuzbandersatzplastik zum uneingeschränkten Mannschaftstraining bzw. zum

Wettkampfsport zurückkehren kann. In einer Metaanalyse wird bei 84 Studien (32%) als einziges Kriterium der zeitliche Abstand zur OP benannt, häufig erfolgt eine Rückkehr bzw. Sportfreigabe nach 6 Monaten (Barber-Westin & Noyes, 2011). Jedoch hat eine Umfrage unter AGA- Instruktoern ergeben, dass die Mehrzahl der Operateure einen zeitlichen Abstand von 6 Monaten als zu früh erachtet (Petersen et al., 2016), trotzdem zieht die Mehrheit einzig klinische Zeichen und die Zeitdauer der erfolgten Rehabilitation als Grundlage für ihre Entscheidung bezüglich RTS heran (Petersen & Zantop, 2013).

Weitere Parameter sind Kraftmessungen oder funktionelle Tests (z. B. single leg hop, etc). Es konnte bisher für keinen dieser Richtwerte eine eindeutige Korrelation mit dem postoperativen Outcome nachgewiesen werden. Jedoch gibt es Hinweise, dass vorwiegend neuromuskuläre Defizite, welche bei funktionellen Tests und Kraftmessungen aufgezeigt werden, mögliche Ursachen für eine erneute Verletzung sein können (Hewett et al., 2013).

Verschiedene Test-Kombinationen zur Überprüfung der Sportfähigkeit und dem schrittweisen Wiedereinstieg in den Sport existieren bereits. In einer Studie konnte mittels Testbatterie gezeigt werden, dass die meisten Patienten im Hinblick auf ihre neuromuskulären Fähigkeiten im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen sogar 8 Monate postoperativ nicht bereit sind, in den Sport zurückzukehren (Herbst et al., 2015). Bartels et al. konnten 2019 nachweisen, dass die posturale Stabilität nach erfolgter VKB-Plastik erst 12 Monate postoperativ wieder auf dem Niveau von Gesunden ist.

Die Ergebnisse einer anderen Studie legen nahe, dass die Mehrheit der Patienten 6 Monate postoperativ eine zusätzliche Rehabilitation benötigen würden, um die RTS-Kriterien zu erfüllen (Gokeler et al., 2017). Moderne Testbatterien könnten in Zukunft dabei helfen die Rerupturrate zu senken, indem sie einen zu zeitigen Wiedereinstieg in den Sport verhindern.

Eine Wiederkehr zum Wettkampfsport geschieht meist zu einem Zeitpunkt, zu dem die strukturellen Eigenschaften des Transplantates mit hoher Wahrscheinlichkeit, aufgrund des noch nicht abgeschlossenen Remodeling, nicht denen des normalen vorderen Kreuzbandes entsprechen (Petersen et al., 2016). Auf Grundlage von Studien am Tier- und später auch Human-Modell konnte gezeigt werden, dass der

Zeitraumen der Sehnenheilung und des Umwandlungsprozesses des Sehnentransplantates in ein reifes Band vermutlich deutlich länger andauert als 6 Monate (Hewett et al., 2013). Umso wichtiger ist es, dass die Funktion des Gelenkes, die Muskelkraft in ihren verschiedenen Qualitäten (Maximalkraft, Explosivkraft, exzentrische Kraft etc.), die funktionelle Stabilität des Gelenkes und die neuromuskuläre Kontrolle der unteren Extremität so weit wie möglich wiederhergestellt sind. Bestehen hier Defizite, sollte die Rehabilitation fortgesetzt werden bzw. bei Verdacht auf Pathologien im Heilungsprozess weitere Diagnostik eingeleitet werden.

Ein Wiedererlangen des präoperativen Leistungsniveaus schaffen unter den Top Sportlern im Durchschnitt 83% (Bandbreite: 77% – 88%). Bei Breiten- und Hobbysportlern liegt diese Rate mit 60% um einiges niedriger (Lai et al., 2017).

In einer Metaanalyse konnte gezeigt werden, dass in 81% der Fälle nach VKB-Rekonstruktion sportliche Aktivitäten wiederaufgenommen werden konnten. Allerdings konnten nur 65% auf das vor dem Unfall bestehende Leistungsniveau zurückkehren und nur 55% konnten auf Wettkampfniveau Sport treiben (Ardern, 2011).

#### **1.4 Reruptur**

Auch nach dem Wiedererlangen der Belastbarkeit und der Wettkampftauglichkeit besteht ein erhöhtes Risiko einer erneuten Verletzung. Rerupturen im bereits operierten Knie kommen im Mittel bei 6% der operativ versorgten Sportler (Bandbreite: 2% bis 10%) vor (Johnson, 2015; Wright et al., 2011). Andere Studien zeigen für eine Reruptur eine Inzidenz von 4% nach primärer Kreuzbandplastik innerhalb der ersten 5 postoperativen Jahre (Kvist et al., 2014; Sanders et al., 2017). Crawford et al. beschrieben 2013 in ihrer Studie 12% Rerupturrate, hiervon waren 6% im 10-Jahres-follow-up ipsilaterale Rerupturen. Insgesamt variieren die im Schrifttum angegebenen Rerupturraten zwischen 0 und 19% für die ipsilaterale Seite, die Prävalenz für eine Ruptur der unverletzten Gegenseite liegt zwischen 7 und 24% (Petersen et al., 2016).

Insgesamt 50% der Rerupturen ereignen sich innerhalb des ersten Jahres nach durchgeführter primärer vorderer Kreuzbandplastik. Jüngere Patienten im Alter zwischen 15 und 20 Jahren sind hierbei häufiger betroffen (Lind et al., 2012; Webster

et al., 2014; Wiggins et al., 2016). Die genauen Ursachen hierfür sind bisher nicht bekannt.

Rerupturen werden von einem chronischen Transplantatversagen unterschieden. In der Literatur gibt es Hinweise, dass dies sogar häufiger als echte Rerupturen vorkommt (Crawford et al., 2013).

Salmon et al (2005) fanden wiederholte VKB-Rupturen während eines Zeitraumes von 5 Jahren bei 12% der Patienten. Bei kontralateraler Verletzung betrug die durchschnittliche Zeit von der ersten Rekonstruktion bis zur Verletzung 22,5 Monate (Nakase et al., 2012).

In einer anderen, 10-jährigen Langzeitstudie konnten die Autoren feststellen, dass sogar 25% der Sportler eine Reruptur erlitten (Vavken et al., 2012).

70% der Betroffenen verletzten sich bei der Reruptur in ähnlichen (Sport)-Situationen wie beim Erstereignis (Nakase et al., 2012). Die meisten Rerupturen passieren hierbei jedoch traumatisch, ganz im Gegenteil zu den häufigen Non-Kontaktverletzungen bei der ersten VKB-Ruptur. Diese haben hier einen Anteil von 80%, während die Rate bei der Reruptur lediglich 5% beträgt (Salmon et al., 2005).

Nach erneuter Verletzung ist, wie bei der ersten Operation, das angestrebte Sport- und Belastungsniveau neben Alter und individueller Symptomatik wichtigstes Entscheidungskriterium vor einem eventuellen Revisionseingriff. Eine konservative Therapie ist in bestimmten Fällen, insbesondere bei geringer Instabilitätssymptomatik und niedrigem körperlichen Belastungsanspruch möglich. Allerdings zeigen Langzeitergebnisse von konservativ behandelten Patienten in vielen Fällen eine fortschreitende Arthrose und persistierende Instabilität im betroffenen Gelenk (Seitz et al., 1994).

In der Literatur ist ein negatives Outcome außerdem mit Re-operierten Patienten mit 3. und 4.gradigen Knorpelschäden sowie einem BMI >28 verbunden (Griffith et al., 2013).

Jede erneute Revisionsrekonstruktion des vorderen Kreuzbandes stellt eine komplizierte Operation dar, die in der Regel schwieriger und technisch anspruchsvoller als die Primäroperation ist. Zum einen verhindern die alten Bohrkanäle die neue „korrekte“ Verankerung des Transplantates oder machen sie unmöglich. Zum anderen

fehlt es an geeigneten Sehnen, da die besten Transplantate bereits für den ersten Kreuzbandriss verbraucht wurden.

Es erfordert zunächst eine Reihe an Diagnostik, um eine neuerliche Operation zu planen. Zu den Standarduntersuchungen vor einem Revisionseingriff gehört eine Kernspintomographie. Sie erlaubt neben der Beurteilung des Transplantats (Ruptur, Elongation) und der Bohrkanäle eine genaue Detektion von Sekundärschäden an Bändern, Menisken und Knorpel (Martinek und Imhoff, 2002). Zudem gehören Röntgenuntersuchung und ggf. CT zur Beurteilung von Position und Form der alten Bohrkanäle (Wirth & Kohn, 1993) zur notwendigen Diagnostik.

Vor der Planung eines Revisionseingriffs steht zunächst die genaue Versagensanalyse. Die Versagensursachen sind hierbei vielfältig: in 46% der Fälle wurden operative Fehler als Ursache für das Versagen der primären Kreuzbandplastik festgestellt (Wright et al., 2012). Hierzu zählen die inkorrekte Transplantatposition (Fehlplatzierung des femoralen und/oder tibialen Bohrkanals), eine falsche Transplantatwahl, die falsche Transplantatfixierung oder nicht mitversorgte Begleitverletzungen (Chen et al., 2013). Außerdem werden mangelnde Erfahrung, Übung oder Wissen des Operateurs als mögliche Fehlerquellen angeführt. Eine weitere Ursache besteht in der traumatischen Reruptur, welche bei 49% der Untersuchten zu einem neuen Riss des Kreuzbandersatzes bei guter Position des Kreuzbandes führte (Wright et al., 2012). Eine unzureichende Einheilung der Kreuzbandplastik wird als biologische Ursache für ein Transplantatversagen bezeichnet. In der Studie wurde dies in 5% der Fälle als Ursache genannt (Wright et al., 2012). Als weitere Versagensursachen werden die falsche Nachbehandlung und Nachsorge genannt (Wright et al., 2012). Nur die ausführliche Ursachenanalyse und somit kritische Auseinandersetzung mit der Primäroperation können mögliche Fehlerquellen aus der Erstoperation identifizieren und eine Wiederholung derselben verhindern.

Die Ergebnisse nach VKB-Revision zeigen im Vergleich zur primären VKB-Plastik klinisch ein signifikant negativeres Outcome (Grassi et al., 2016; Mohan et al., 2018; Wright et al., 2012).

Zudem ist das subjektive Ergebnis nach Revisionsplastik trotz Erzielung einer akzeptablen Kniestabilität ungünstiger als nach einer primären VKB-Rekonstruktion (Lind et al., 2012).

Bei der Transplantatwahl zur Revisionsplastik zeigen Autografts im Vergleich zu Allografts bessere Ergebnisse hinsichtlich Komplikationsrate, Laxizität, und Re-Operationen (Grassi et al., 2017).

## **1.5 Prävention**

Damit es erst gar nicht zur Verletzung kommt, existieren eine Reihe von Präventionsstrategien (Petersen et al., 2012). Dass sich damit das Risiko, eine VKB-Ruptur zu erleiden deutlich senken lässt, haben Metaanalysen bereits gezeigt (Arundale et al., 2018; Dorrel et al., 2015). So lassen sich durch Sprung-, Lauf- und Beweglichkeitsübungen sowie Gleichgewichts- und Krafttraining Verletzungshäufigkeiten nachweislich reduzieren und sollten nach Ansicht von Experten in einem Präventionsprogramm kombiniert werden (Mehl et al., 2018).

Die Effektivität wurde mittlerweile bei Männern und Frauen nachgewiesen, zudem sind die Programme kostengünstig und mit geringen Nebenwirkungen verbunden (Beinert et al., 2021).

Speziell im Fußball konnte durch Trainingsprogramme wie das Fifa 11+ oder das „Prevent injury, enhance performance“-Programm (PEP) die Häufigkeit von Knieverletzungen und insbesondere vorderen Kreuzbandverletzungen verringert werden (Mandelbaum et al., 2005).

Petersen et al. (2016) zufolge sollten Präventionsprogramme Aufklärung über Verletzungsmechanismen, Sprungübungen zur Kraftsteigerung und Bewegungskorrektur, Balanceübungen, Kraftübungen und Lauf- /Beweglichkeitsübungen enthalten.

Die Strategien der einzelnen Programme verfolgen unterschiedliche Ansätze, z.B. Aufklärung und Modifikation von gefährdenden Bewegungen (z. B. Henning Programm, Vermont ACL Prevention Programm), Propriozeptionstraining, gezieltes Sprungtraining, Kräftigungsübungen für die schützenden Kniebeuger (Russian-Hamstrings) und Übungen zur Stärkung der Hüftrotatoren und Rumpfstabilisierung.

Entscheidend sind die Identifikation und die Korrektur von gefährdenden Bewegungsmustern (z.B. dynamischer Valgus). Dies kann dazu beitragen, Knie- und ACL-Verletzungen bei Sportlern zu verhindern, da sich der dynamische valgus als Risikofaktor für Knie- und Kreuzbandverletzungen etabliert hat (Hewett et al., 2010; Petersen et al., 2016). Zur Identifizierung von Risikoathleten können zum Beispiel Sprungtests (Drop vertical jump Test) und einbeinige Kniebeuge genutzt werden. Häufig kann hier bei der Landung nach einem Sprung eine aufrechtere Position mit einem nur leicht gebeugten Kniegelenk beobachtet werden, dabei ist das VKB in dieser Position nur schlecht durch die ischiokrurale Muskulatur geschützt (Petersen et al., 2016). Außerdem besteht bei dieser Risikogruppe oftmals eine Quadrizepsdominanz und die prädestinierende valgische Kniestellung wird durch eine Schwäche der Hüftrotatoren und eine verminderte Rumpfstabilität unterstützt (Huston & Woitya, 1996; Petersen et al., 2016).

Die Präventionsstrategien wurden in den letzten Jahren entwickelt und optimiert. Trotzdem sind sie Trainern, Sportärzten und Physiotherapeuten oft nicht ausreichend bekannt. Somit wird der Prävention von VKB-Rupturen in Deutschland nach wie vor nicht die Bedeutung beigemessen, die sie „verdient“ hätte. Präventionsmaßnahmen sind außerdem zeitaufwändig, darum mangelt es Trainern und Spielern oft an der Bereitschaft, kostbare Trainingszeit dafür zu opfern (Petersen et al., 2012). Allein die Tatsache, dass bis zu 40% Zeitverlust sämtlicher Sportverletzungen auf Verletzungen des Knies zurückzuführen sind, zeigt jedoch die Relevanz des Themas (Truong et al., 2020). Die Verletzung kann also mit langen Ausfallzeiten einhergehen oder sogar das Karriereende bzw. die Aufgabe der entsprechenden Sportart bedeuten.

Es ist davon auszugehen, dass präventive Maßnahmen immer nur in der Hoffnung auf die Erzielung positiver Resultate ausgerichtet bleiben und eine absolute Sicherheit dadurch nicht gewährleistet werden kann (Jöllenbeck et al., 2010).

## 2 Zielstellung

Seit Jahren wird diskutiert, welchen Aufwand es benötigt, um nach der postoperativen Rehabilitation nach VKB-Plastik eine entsprechende Empfehlung zum Return to Sport auszusprechen. Trotz intensiver Forschung seit Jahren kann auch in aktuellen Studien aufgrund von fehlender Validität keine abschließende Empfehlung über sinnvollen Umfang bzw. die richtige Zusammenstellung der Testbatterien gegeben werden (Webster & Hewett, 2019). Für eine optimale Rehabilitation nach VKB- Ersatzplastik sind eine enge Kooperation und ein intensiver Informationsfluss zwischen Operateur, nachsorgendem Arzt, Physiotherapeuten und Patienten elementar. Die Nachbehandlung ist hierbei stets individuell dem Patienten, dem Transplantat, den Begleitverletzungen und dem OP-Ergebnis anzupassen (Petersen et al., 2012), um ein individuell optimales Ergebnis für den Sportler zu erzielen.

Die Sportklinik in Erfurt ist unter anderem auf die operative Versorgung von vorderen Kreuzbandverletzungen spezialisiert und hat mit ca. 700 Fällen pro Jahr eine entsprechende Expertise vorzuweisen. Nach erfolgreicher Operation und Rehabilitation stellt sich auch hier die Frage, welches der geeignete Zeitpunkt zur Wiederaufnahme von sportlichen Aktivitäten ist. Als wertvolles, aber gleichzeitig aufwendiges Hilfsmittel wurde seit 2000 der „Erfurter Sporttest“ als Testbatterie implementiert, welche dem behandelnden Arzt bei dieser Entscheidung helfen soll. In der vorliegenden Arbeit wurde die Aussagekraft der dabei erhobenen Daten im Hinblick auf das postoperative Outcome untersucht und mit Ergebnissen aus der Literatur verglichen. Für die Beurteilung des Outcomes wurden die Parameter Rerupturrate, Schmerzen, Instabilität, Return to Sport und Aktivitätslevel gewählt.

Die Entstehung dieser Testbatterie ist auf das Nachbehandlungskonzept der „Steadman-Klinik“ in Vail/ Colorado Anfang 2000 zurückzuführen. Diese verwendete damals bereits eine eigene Testbatterie mit kamerabasierter Videoanalyse und forschte bereits Anfang der 2000er Jahre intensiv zum Thema Kreuzbandverletzung und Nachbehandlungsstandards (Briggs et al., 2009; Crawford et al., 2007; Decker et al., 2004). Der Erfurter Sporttest entstand als modifizierte Version des „Steadman-Tests“ zu einer Zeit, als die routinemäßige Anwendung von Testbatterien im Nachbehandlungsregime nach VKB-Plastik in Deutschland noch nicht flächendeckend eingesetzt wurde und die intensivere Forschung zum Thema hierzulande erst begann (VBG-Fachwissen, 2015). Zudem wurde der subjektive IKDC-Score im Verlauf der

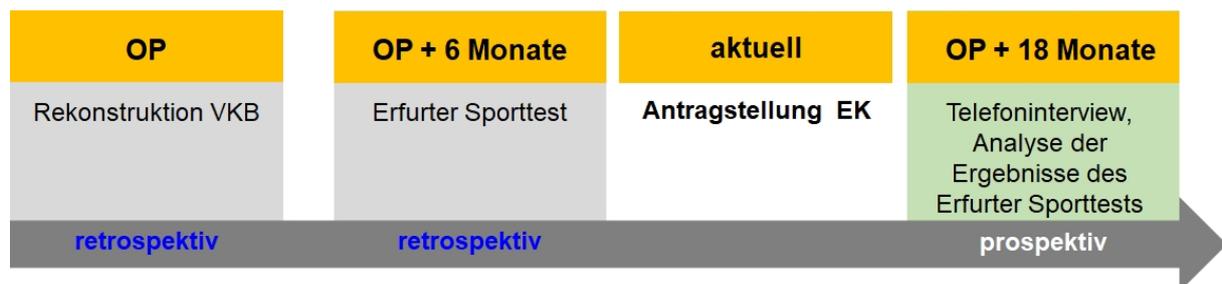
Jahre hinzugefügt. Ziel dieser Arbeit war, anhand einer repräsentativen Studienpopulation eigener Patienten darzustellen, ob sich der mittlerweile langjährig angewendete Test als Kriterium zur Beurteilung des RTS (Wiederaufnahme des Sports) eignet.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Studiendesign

Die Studie bestand aus einem retrospektiven und einem prospektiven Anteil. Retrospektiv wurden Patienten mit erfolgter VKB-Plastik nach vorderer Kreuzbandruptur ausgewählt, die in der Sportklinik Erfurt operativ versorgt wurden. Die Patienten absolvierten 6 Monate postoperativ den „Erfurter Sporttest“. Die erhobenen Daten wurden in einer Excel-Tabelle zusammengetragen. Nach erfolgter Antragstellung bei der Ethik-Kommission des Universitätsklinikums Halle erfolgte prospektiv ein Telefoninterview, hier wurden erneut Daten zu o.g. VKB-Ersatzplastik erhoben und mit den Daten des „Erfurter Sporttests“ analysiert.

Einen Überblick zur Messmethodik gibt Abbildung 1.



**Abb. 1:** Flow chart zum Studiendesign

#### 3.2 Stichprobe/ Patientenkollektiv/ Ein- /Ausschlusskriterien

Die in dieser Arbeit dargestellte Studie wurde in Kooperation des Departments für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie (DOUW) des Universitätsklinikums Halle und der Sportklinik Erfurt durchgeführt.

Insgesamt wurden die Daten von 1026 Patienten, welche im Zeitraum 07/2015 bis 11/2018 eine vordere Kreuzbandplastik in der Sportklinik Erfurt erhielten und nach 6 Monaten den Sporttest absolviert hatten, ausgewertet.

Für die Datenanalyse wurden aufgrund der Ausschlusskriterien n=82 Patienten ausgeschlossen (Ausschluss bei Reruptur vor Sporttest n= 18; Ausschluss bei nicht angetretenem Sporttest n=64). Die zuletzt benannte Gruppe, der aufgrund nicht

angetretenem Sporttest aus der Hauptanalyse ausgeschlossenen Probanden, wurde separat im Hinblick auf Reruptur als Subgruppe betrachtet und diesbezüglich einer eigenen Analyse unterzogen.

Zudem wurden im Hinblick auf das Langzeitoutcome (Reruptur, Schmerzen, Instabilitätsgefühl, RTS-Zeitpunkt und wieder erreichtes Aktivitätslevel) 426 Patienten ausgeschlossen, weil sie telefonisch für das Interview nicht zur Verfügung standen (nicht erreicht, veraltete Telefonnummer, kein Teilnahmewunsch).

Im Telefoninterview konnten 600 Patienten erreicht werden und nahmen an der Befragung teil.

Nach Anwendung der Ausschlusskriterien konnten für die Betrachtung der entsprechenden Endpunkte des Langzeitoutcomes 503 Testergebnisse ausgewertet werden.

In der Datenanalyse wurde nicht zwischen verschiedenen OP-Techniken unterschieden. Eingeschlossen wurden Patienten mit Hamstringtransplantat, Patellarsehnen- sowie Quadricepssehnen- und/ oder Knorpeltransplantat. Es handelte sich bei allen Patienten um Erstversorgungen, bereits als „Reruptur“ geführte Patienten wurden ausgeschlossen. Relevante Begleitverletzungen wurden berücksichtigt und in folgende 4 Gruppen unterteilt:

Gruppe 1: isolierte VKB-Rupturen

Gruppe 2: komplexe Bandverletzungen

Gruppe 3: VKB-Ruptur mit Meniskus- und/ oder Knorpel-Pathologie

Gruppe 4: komplexe Bandverletzung mit Meniskus- und/ oder Knorpel-Pathologie

Erfasst wurden zudem Unfalltag, OP-Datum, Geschlecht, Seite, geplanter Sport und Sportart, BMI, die kompletten Sporttestergebnisse sowie die Werte des Isometrietests für Extensoren und Flexoren. Zudem wurde der subjektive IKDC präoperativ und postoperativ erfasst (vgl. Anlage 2).

### 3.3 Der Erfurter Sporttest

Der Erfurter Sporttest bestand aus einer Reihe von verschiedenen Lauf- und Sprungtests (Testbatterie, Tab. 1) und diente als Instrument zur Beurteilung, wann ein Sportler nach VKB-Plastik in seine Sportart zurückkehren konnte. Der betreuende Arzt entschied u.a. anhand des Sporttestergebnisses, ob der Sportler bereits die Voraussetzungen für die Rückkehr zum sportartspezifischen Training erfüllte, oder weiterhin Optimierungsbedarf in der Rehabilitation bestand. Der Sporttest wurde bei Patienten nach Kreuzbandersatzplastik in der Regel am Ende des 6. postoperativen Monats von Sporttherapeuten nach standardisiertem Ablauf durchgeführt.

Der Test bestand aus insgesamt 3 Teilen:

Sporttest A: Dokumentation/ Patientenfragebogen (Abb. 23)

Sporttest B: Isokinetiktest (Abb. 3)

Sporttest C: sportmotorischer Komplextest (Abb. 4-9, Abb. 24-25)

#### *Sporttest A: Patientenfragebogen*

Die Dokumentation wurde im allgemeinen Teil durch den Patienten ausgefüllt (Name, Geburtsdatum, Größe, Gewicht, etc.).

#### *Sporttest B: Isokinetiktest*

Vor dem Isokinetiktest erfolgte eine 10minütige Erwärmung auf dem Ergometer bei einer mittleren Belastung (1W/ kgKG). Anschließend wurde mit dem Isokinetiktest begonnen.

Das Ziel der isokinetischen Messungen am „Cybex“ (Humac, Australien) stellte die objektive Datenerhebung über den Stand der Therapie, für die Hauptmuskulatur des verletzten Kniegelenkes im Seitenvergleich dar. Das Grundprinzip der Isokinetik besteht darin, in jeder Winkelposition eine konstante Bewegungsgeschwindigkeit zu gewährleisten. Anhand zahlreicher Untersuchungen zur Reliabilität bei isokinetischen

Kraftmessungen hat sich das maximale Drehmoment im Seitenvergleich als verlässlichster Parameter erwiesen (Weineck, 2010).

Deutliche Kraftdefizite der Hauptmuskulatur des definierten Gelenks werden objektiv erfasst, sodass das Gerät für Physiotherapeut und Arzt eine optimale Möglichkeit darstellt, reproduzier- und vergleichbare Messergebnisse zu erhalten. Außerdem wird das Verhältnis Beuge- zu Streckmuskulatur dargestellt und Dysbalancen werden erfasst. Durch 5 Wiederholungen pro Seite kann zudem die Qualität des Kraftkurvenverlaufs ermittelt werden.

Der Test galt als nicht bestanden, wenn Seitendifferenzen >30% bestanden, Schmerzen auftraten oder die Maximalkraft im Verhältnis zum Körpergewicht zu gering war (Unfähigkeit zum Tragen des eigenen Körpergewichts).

#### *Sporttest C: Testbatterie des sportmotorischen Komplextests*

Nach erfolgreich absolviertem Krafttest wurde mit der Testbatterie begonnen (Abb. 2). Diese bestand aus insgesamt 6 Tests, in denen jeweils 0-5 Punkte erzielt werden konnten. Beurteilt und mit Punkten bewertet wurden hierbei:

- Flexion,
- Rhythmus,
- Kondition,
- Landung,
- Beinachse.

Beim Zick-Zack-Parcours und Einbeinsprung wurde Zeitbedarf bzw. Sprungweite gemessen (Erklärung der einzelnen Testparameter siehe Tab. 1).

#### *Sporttestergebnis*

Wurde eine Einzeldisziplin mit 0 Punkten bewertet, galt der gesamte Sporttest als nicht bestanden. Wenn bei einer Disziplin Schmerzen auftraten, wurde vom Ergebnis in dieser Kategorie ein Punkt abgezogen.

Die Maximalpunktzahl (Bewertungsschlüssel) des Sporttests betrug insgesamt 30 Punkte; folgende Staffelung wurde angewendet:

- 29-30 Punkte: sehr gut
- 25-28 Punkte: gut
- 20-24 Punkte: befriedigend
- 16-19 Punkte: ausreichend
- 0-15 Punkte: nicht ausreichend

In der Bewertung des Tests wurden ebenso die Empfehlungen des Therapeuten für die nächsten Wochen erteilt (Abb. 25) und somit ein Hinweis für den Arzt zur Entscheidung zum RTS gegeben.

**Tab. 1:** Übersicht zu Sporttestinhalt und -ablauf sowie Bewertungskriterien

<b>Testbestandteil</b>	<b>Vorbereitung</b>	<b>Inhalt/ Aufforderung</b>	<b>Kriterien</b>	<b>Dauer</b>
<b>Cybox-Test (Abb. 3)</b>	Selbständiges 15minütiges Aufwärmprogramm, Fixieren des Beines am Cybox	Isokinetischer Maximalkrafttest der Kniebeuge- und Streckmuskulatur, je 5 Wiederholungen pro Seite, Testgeschwindigkeit 60°/s.	Absolutkraft (pro kg Körpergewicht), Kraftdifferenz rechts/ links (Dysbalance), Verhältnis Beuger-Strecker, Qualität des Kraftkurvenverlaufs.	3x Probe, dann 5x Wertung, danach Gegenseite
<b>Laufen vorwärts (Abb. 4)</b>	Anlage Bauchgurt und „Sportcord“	2-minütiges, geräuscharmes, tiefes Laufen gegen den Widerstand eines Seilzugsystems („Sportcord“).	Kniebeugewinkel (mind. 70°), Bewegungsrhythmus, Kondition/ Koordination, Beinachsenabweichungen, Schmerz.	2min
<b>Laufen rückwärts (Abb. 5)</b>	Anlage Bauchgurt und „Sportcord“	2-minütiges, geräuscharmes, tiefes Laufen gegen den Widerstand eines Seilzugsystems („Sportcord“).	Kniebeugewinkel (mind. 70°), Bewegungsrhythmus, Kondition/ Koordination, Beinachsenabweichungen, Schmerz.	2min

Seitsteps <b>(Abb. 6)</b>	Anlage Bauchgurt und „Sportcord“	Geräuscharmer, tiefer Ausfallschritt gegen Widerstand eines Seilzugsystems („Sportcord“)	Kniebeugewinkel (mind. 70°), Bewegungsrhythmus, Kondition/ Koordination, Beinachsenab- weichungen, Schmerz.	Je 1min rechts und links
Zick-Zack- Parcours <b>(Abb. 7)</b>		Einbeiniges Springen im Zick- Zack durch definierte Hütchenstrecke, je Seite 1 Versuch.	Zeitbedarf, Zeitdifferenz rechts/ links, Beinachsenab- weichungen, Hemmung/ Angst/ Schmerz, Stabilität im Sprungzyklus.	So schnell wie möglich
Einbein- sprung <b>(Abb. 8)</b>		Absprung + Landing einbeinig, je 3 Versuche mit gesunder und verletzter Seite.	Absolutweite, Weitendifferenz rechts/ links, Hemmung/ Angst/ Schmerz, Beinachsenab- weichungen, Stabilität in der Landephase.	3 Sprünge je Seite
Einbein- kniebeuge <b>(Abb. 9)</b>		3 Minuten Einbeinkniebeuge im Sekundenrhythmus bis mind. 70° Knieflexion gegen den Widerstand eines Seilzugsystems („Sportcord“).	Kniebeugewinkel (mind. 70°), Bewegungs- rhythmus, Kondition (Kraftausdauer) Beinachsenab- weichungen, Schmerz.	Maximal 3min



**Abb. 3:** Isokinetiktest

bestanden



Sporttest Start



**Abb. 4:** Laufen vorwärts



**Abb. 5:** Laufen rückwärts



**Abb. 6:** Seitsteps



**Abb. 7:** Zick-Zack-Parcours



**Abb. 8:** Einbeinsprung



**Abb. 9:** Einbeinkniebeuge

Sporttestergebnis



**Abb. 2:** Sporttestablauf

### *Anforderung an den Messplatz*

Die Messungen sollten in einem ruhigen, abgeschlossenen Raum stattfinden, so dass der Proband ungestört ist. Die Räumlichkeit muss entsprechend der Anforderungen ausgestattet sein (Abb. 10-12).



**Abb. 10:** Räumlichkeit Sporttest 1



**Abb. 11:** Räumlichkeit Sporttest 2



**Abb. 12:** Räumlichkeit Sporttest 3

### **3.4 Subjektiver IKDC-Score**

Der Score des International Knee Documentation Committees (IKDC) dient der Erfassung der Funktionsfähigkeit des Kniegelenkes.

In seiner ursprünglichen Form beinhaltet er 18 Fragen über Symptome, Funktion während Aktivitäten des täglichen Lebens und während sportlicher Aktivität, aktuelle Kniefunktion und Teilnahme an Arbeit und Sport. Je nach Antwort werden Punkte vergeben. Die Summe ist gleichzeitig das Ergebnis, welches einmal präoperativ und einmal postoperativ ermittelt wird. Das Ergebnis wird auf eine Skala mit dem Bereich 0-100 Punkte übertragen. Ein Ergebnis von 100 bedeutet eine uneingeschränkte Belastbarkeit des Knies.

Beim hier verwendeten Score (vgl. Anlage 2) handelt es sich um eine subjektive Selbsteinschätzung des Patienten. Es existieren auch objektive IKDC-Scores. Diese sind deutlich aufwändiger in der Erstellung, da klinische und auch radiologische Untersuchungsbefunde mit einfließen.

### **3.5 Telefoninterview (Reevaluation/ Outcome)**

Die Studienteilnehmer bekamen im Rahmen der operativen Versorgung eine entsprechende Patienteninformation ausgehändigt. Die Patienteninformation enthielt Angaben über den Nutzen, die Risiken und die Freiwilligkeit der Studie (s. Anhang, Anlage 3).

Das Interview wurde von der Ethik-Kommission der Universität Halle/ Wittenberg genehmigt.

Im Verlauf wurden die Patienten anonymisiert angerufen. Nach Aufklärung über Inhalt der Befragung wurden die folgenden 5 Fragen gestellt:

Frage 1: Wurde nach der (ersten) Kreuzband-Operation eine weitere Operation am betreffenden Kniegelenk durchgeführt (falls ja, war erneut das vordere Kreuzband gerissen? ja/nein) oder haben sie sich zu einem späteren Zeitpunkt am anderen Kniegelenk (Gegenseite) einen Kreuzbandriss zugezogen? (ja/nein)

Frage 2: Bestehen aktuell Schmerzen im betreffenden Kniegelenk? (ja/nein)

Frage 3: Besteht aktuell ein Instabilitätsgefühl im betreffenden Kniegelenk? (ja/nein)

Frage 4: Wann konnten Sie nach der Operation wieder Sport treiben? (Angabe in Monaten)

Frage 5: Welches Aktivitätslevel konnten Sie nach der Operation wieder erreichen? (vorher/nachher, Skala von 0-4)

0: aufgrund meiner Kniebeschwerden kann ich keine dieser Aktivitäten ausführen

1: leichte Aktivitäten ((Bsp.: Gehen, Haus- und Gartenarbeit)

2: mäßig anstrengende Aktivitäten (Bsp.: mäßige körperliche Arbeit, Joggen)

3: anstrengende Aktivitäten (Bsp.: schwere körperliche Arbeiten, Skifahren, Tennis)

4: sehr anstrengende Aktivitäten (Bsp.: Springen, schnelle Richtungswechsel bei einseitiger Fußbelastung wie Ballsportarten)

Die Fragen wurden beabsichtigt einfach formuliert, um das Telefoninterview kurz und prägnant zu gestalten und dadurch die Motivation der Patienten zu steigern. Zudem sollte eine Überforderung durch Komplexität und Fachtermini der größtenteils medizinischen Laien vermieden werden.

Die Zusammenstellung der Fragen orientierte sich am ebenfalls im Rahmen der perioperativen Datenerhebung genutzten subjektiven IKDC-Score der Sportklinik Erfurt (vgl. Anlage 2).

Die Ergebnisse wurden mit den Sporttestergebnissen in eine Excel-Tabelle eingetragen und ausgewertet.

### **3.6 Statistische Datenanalyse**

Die statistische Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 28.0 (IBM, Armonk, NY, USA). Aufgrund des explorierenden und beschreibenden Charakters der Studie erfolgte die Ergebnisdarstellung deskriptiv (Minima, Maxima, Mittelwerte, Mediane, Standardabweichungen, 95% Konfidenzintervalle, Häufigkeitsverteilungen). Des Weiteren wurden Chi-Quadrat-Tests und Varianzanalysen durchgeführt und es wurden diesbezüglich Effekte und Signifikanzniveaus berichtet.

Bivariate Korrelationsanalysen (z. B. Sporttest vs. Rerupturrate vs. Schmerzlevel vs. Aktivitätslevel) fanden, in Abhängigkeit vom Skalenniveau, nach Pearson (metrisch) bzw. Spearman (ordinal) statt.

## **4 Ergebnisse**

In dieser Arbeit sollten die Ergebnisse des Erfurter Sporttests im Hinblick auf VKB-Reruptur sowie die Outcome-Parameter Schmerzen, Instabilitätsgefühl, RTS-Zeitpunkt und erreichtes Aktivitätslevel nach RTS evaluiert werden. Zudem wurde für einzelne Parameter eine Subgruppenanalyse der gesammelten Daten erstellt.

Die Ergebnisse wurden im Diskussionsteil mit Aussagen und Daten aus der aktuellen Literatur verglichen.

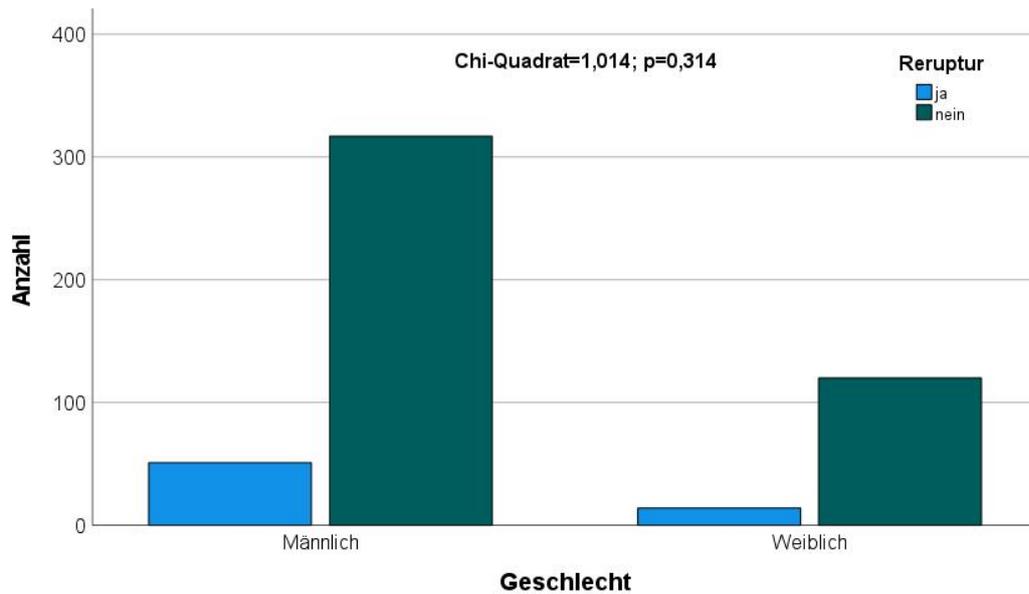
### **4.1 Analyse Sporttest**

Der Altersdurchschnitt der getesteten Probanden betrug 32 Jahre ( $\pm 10,8$  Jahre), wobei der jüngste Patient zum OP-Zeitpunkt 12 Jahre alt war und der älteste Patient zum OP-Zeitpunkt 59 Jahre alt war. Im Moment einer Reruptur waren die Probanden durchschnittlich 31 Jahre alt.

Der BMI der Patienten lag in der Studie bei einem Mittelwert von  $25,3 \text{ kg/m}^2$  (Range:  $16,7 - 38,6 \text{ kg/m}^2$ ). Auch wenn an dieser Stelle weder Alter noch Geschlecht berücksichtigt wurden, lag der Wert über der normwertigen Obergrenze ( $18,5-24,9 \text{ kg/m}^2$ ) der WHO.

Die Geschlechterverteilung der operativ versorgten VKB-Rupturen in der Studie lag bei 73% männlichen ( $n=368$ ) und 27% ( $n=134$ ) weiblichen Patienten.

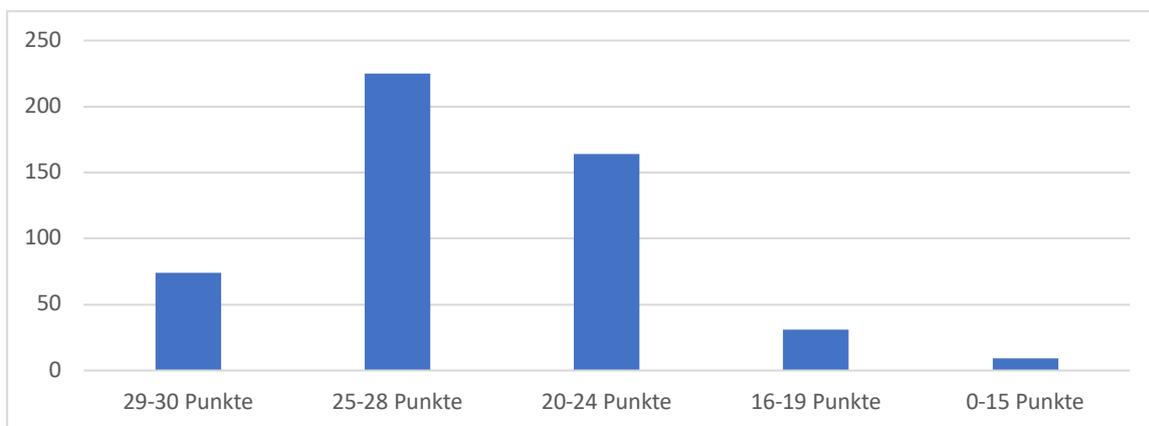
Bezüglich Reruptur zeigte die Geschlechterverteilung bei weiblichen/ männlichen Athleten eine größere Anzahl bei den männlichen Athleten (weiblich  $n=14$ ; männlich  $n=51$ ;  $p=314$ ; Chi-Quadrat= $1,014$ ; Abb. 13). In Relation zur Gesamtanzahl waren das bei den männlichen Athleten ca. 14%, bei den weiblichen Athleten ca. 10% Rerupturrisiko.



**Abb. 13:** Geschlechterverteilung im Sporttest bezüglich Reruptur

Die Betrachtung der Seitenverteilung ergab 59% (n=295) der Verletzungen auf der rechten Seite und 41% (n=207) auf der linken Seite. Nach absolviertem Sporttest erhielten die Patienten eine Empfehlung zu Kräftigungs-, Ausdauer- und Koordinationstraining für die folgenden Wochen. Eine höhere Gesamtpunktzahl im Sporttest zeigte hier eine geringere Empfehlung zu Krafttraining, Ausdauertraining und Koordinationstraining. Die Trennschärfe war dabei größer für die Empfehlung zum Ausdauertraining ( $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,032$ ) als zum Krafttraining ( $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,023$ ) und Koordination  $p < 0,010$ ,  $\eta_p^2 = 0,013$ ).

### Sporttestergebnisse



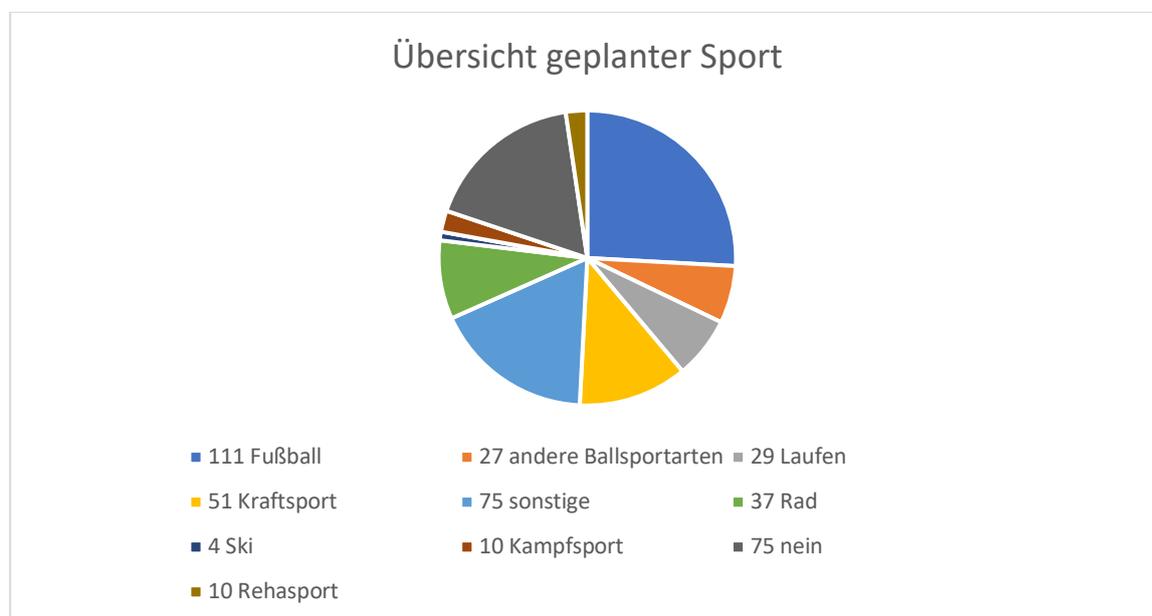
**Abb. 14:** Verteilung der Sporttestergebnisse

Die größte Gruppe (n=225) erreichte im Sporttest das Ergebnis „gut“ (25-28 Punkte; 45%) gefolgt vom Ergebnis „befriedigend“ (n=164; 20-24 Punkte; 33%). 15% (n=74) erreichten das bestmögliche Ergebnis „sehr gut“ (29-30 Punkte), lediglich 6% (n=31) bzw. 2% (n=9) wurden mit „ausreichend“ (16-19 Punkte) bzw. „nicht ausreichend“ (0-15 Punkte) bewertet.

Für die spätere Betrachtung der RTS-Freigabe durch die Sportklinik sind die Probanden mit der Punktzahl 28 von Bedeutung, da in der Entscheidungsfindung von einem Ergebnis „28-30 Punkte im Sporttest“ gesprochen wird. 28 Punkte erreichten 63 Patienten (13%). Der Gruppe „28-30 Punkte“ gehören somit 137 Probanden an (27%).

### *Geplanter Sport*

Die überwiegende Mehrheit plante zum Zeitpunkt des Sporttests, wieder in die angestammte Sportart zurückzukehren. Von insgesamt 429 Probanden die Angaben dazu machten, gaben lediglich 18% (n=75) an, in Zukunft keinen Sport mehr treiben zu wollen. 83% (n=354) wollten in Zukunft den angegebenen Sport wieder aufnehmen (Abb. 15).



**Abb. 15:** geplanter Sport der Sporttestteilnehmer

## 4.2 Ergebnisse Telefoninterview

Das Telefoninterview wurde im Mittel 1569 Tage nach dem Sporttest durchgeführt ( $\pm$  321 Tage; Minimum: 983 Tage, Maximum: 2351 Tage). Bei der Planung der Studie wurde als frühester Zeitpunkt 12 Monate nach Sporttest bzw. 18 Monate nach OP festgelegt. Aufgrund der großen Zeitspanne in Bezug auf das OP-Datum und die Varianz bei der Erreichbarkeit hat sich der Zeitpunkt teils deutlich nach hinten verschoben.

Der häufigste Grund für nicht erreichte Patienten waren veraltete oder falsche Telefonnummern bzw. nicht erreichbare Nummern (n=205), Mailbox (n=92), 13 Personen wollten aus persönlichen Gründen nicht an der Studie teilnehmen, 8 Personen waren verzogen.

### *Frage 1: Reruptur*

Die im Telefoninterview festgestellte Rerupturrate beträgt insgesamt 13% (gesamt n=65, ipsilateral 66%; n=43, kontralateral 34%; n=22).

Die Rerupturrate korrelierte nicht mit dem Sporttestergebnis. Probanden mit einer Reruptur im Outcome wiesen ähnliche Durchschnittswerte in der Gesamtpunktzahl auf, wie die Probanden ohne stattgehabte Reruptur ( $p=0,373$ ; ( $p<0,001$ ,  $\eta_p^2=0,02$ ; Tab. 2).

**Tab. 2:** Rerupturrate im Vergleich zur Sporttestgesamtpunktzahl

<b>Reruptur</b>	<b>MW</b>	<b>SD</b>	<b>n</b>
<b>Ja</b>	25,1	3,2	65
<b>Nein</b>	24,6	3,6	438
<b>gesamt</b>	24,7	3,6	503

Weitere Berechnungen zur Variable „Reruptur“ sind unter 4.3 (Subgruppenanalyse) zusammengefasst.

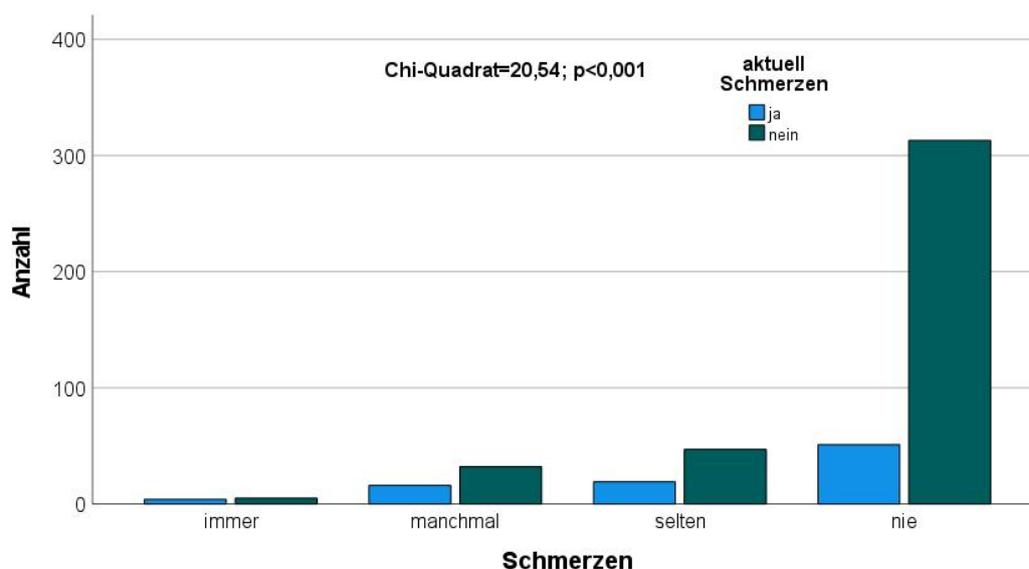
### Frage 3: Schmerzen im Outcome

Die Frage nach Schmerzen im Outcome beantworteten 20% (n=96) mit „ja“.

Diese Subgruppe von Probanden, welche im Telefoninterview Schmerzen angaben, wurde dahingehend untersucht, ob sie bereits Schmerzen im Sporttest hatten (Tab. 3; Abb. 16). Hierbei konnte kein Zusammenhang festgestellt werden ( $p < 0,001$ ; Chi-Quadrat=20,54).

**Tab. 3:** Schmerzen im Sporttest im Vergleich mit dem Outcome-Parameter Schmerzen

<b>Schmerzen gesamt</b>	96
<b>immer</b>	5
<b>manchmal</b>	17
<b>selten</b>	20
<b>nie</b>	53



**Abb. 16:** Schmerzen im Sporttest verglichen mit Outcome-Parameter Schmerzen

Beim Vergleich des Outcome-Parameter Schmerzen mit der Sporttestgesamtpunktzahl zeigten sich keine relevanten Unterschiede ( $p < 0,063$ ;  $\eta_p^2 = 0,007$ ; Tab. 4).

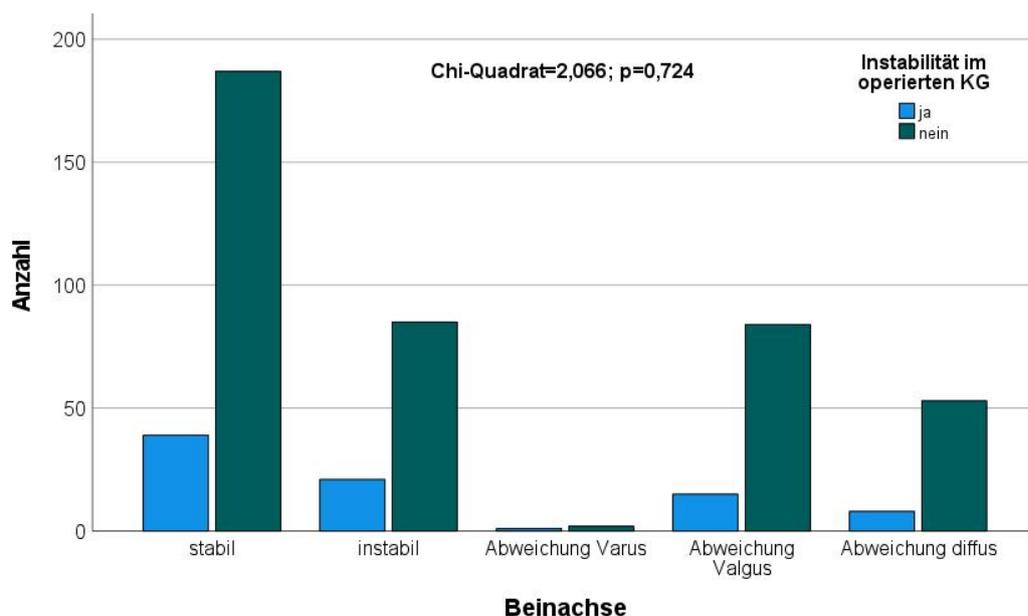
**Tab. 4:** Outcome-Parameter Schmerzen im Vergleich mit der Sporttestgesamtpunktzahl

Schmerzen	Punkte im Sporttest	SD	n
Ja	24,1	3,4	96
nein	24,9	3,6	407

### Frage 3: Instabilität im Outcome

Eine weitere Frage im Telefoninterview beschäftigte sich mit der Instabilität im Outcome. Hierbei gaben 19% ( $n=105$ ) der Befragten eine subjektiv bestehende Instabilität an.

Einer bereits im Sporttest bestehenden Instabilität konnte kein Zusammenhang zu einer Instabilität im Outcome nachgewiesen werden ( $p=0,724$ ; Chi-Quadrat=2,066; Abb. 17). Hierbei hatten von  $n=84$  Patienten dieser Subgruppe die meisten ein stabiles Gelenk ( $n=39$ ), gefolgt von instabil ( $n=21$ ), valgus ( $n=15$ ), diffus ( $n=8$ ) und varus ( $n=1$ ).



**Abb. 17:** Instabilität im Sporttest im Vergleich mit dem Outcome-Parameter Instabilität

Beim Vergleich Instabilitätsgefühl im Outcome mit dem Sporttestergebnis zeigte sich ähnlich wie bei Frage 2 eine Tendenz ohne Signifikanz, dass Probanden ohne Instabilität im Outcome minimal bessere Gesamtpunktwerte vorweisen konnten als solche, die im Telefoninterview eine Instabilität angegeben hatten ( $p < 0,206$ ;  $\eta_p^2 = 0,003$ ; Tab. 5).

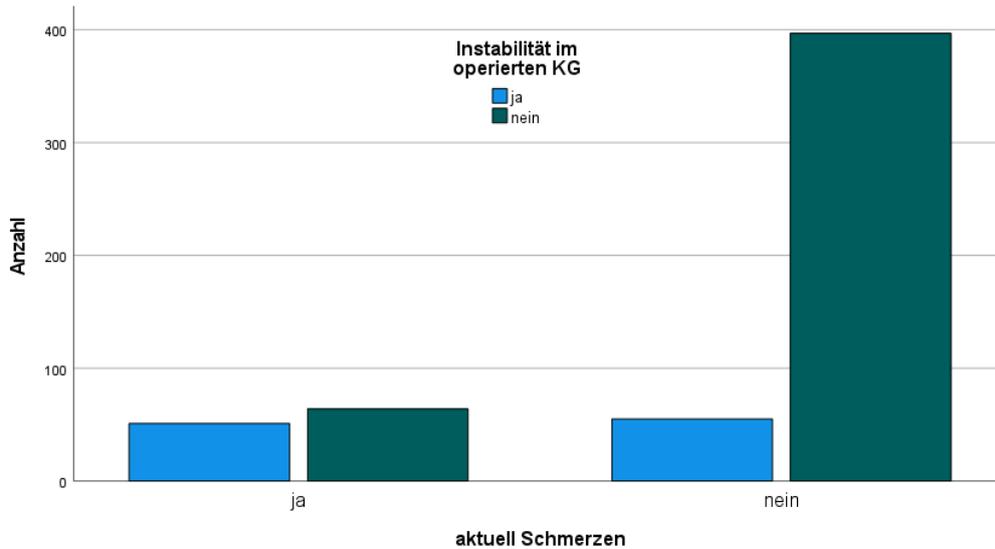
**Tab. 5:** Outcome-Parameter Instabilität im Vergleich mit der Sporttestgesamtpunktzahl

<b>Instabilität</b>	<b>Punkte im Sporttest</b>	<b>SD</b>	<b>n</b>
<b>Ja</b>	24,2	3,3	86
<b>nein</b>	24,8	3,6	417
<b>gesamt</b>	24,7	3,6	503

Im Vergleich der Ergebnisse von Frage 2 und Frage 3 des Telefoninterviews, zeigt sich ein enger Zusammenhang zwischen den Variablen Schmerzen und Instabilitätsgefühl ( $p < 0,001$ ; Chi-Quadrat=50,53). Probanden, die im Telefoninterview über Schmerzen klagten, litten häufig ebenfalls an einem Instabilitätsgefühl im betroffenen Kniegelenk (Tab. 6; Abb. 18).

**Tab. 6:** Outcome-Parameter Schmerzen und Instabilität im Vergleich

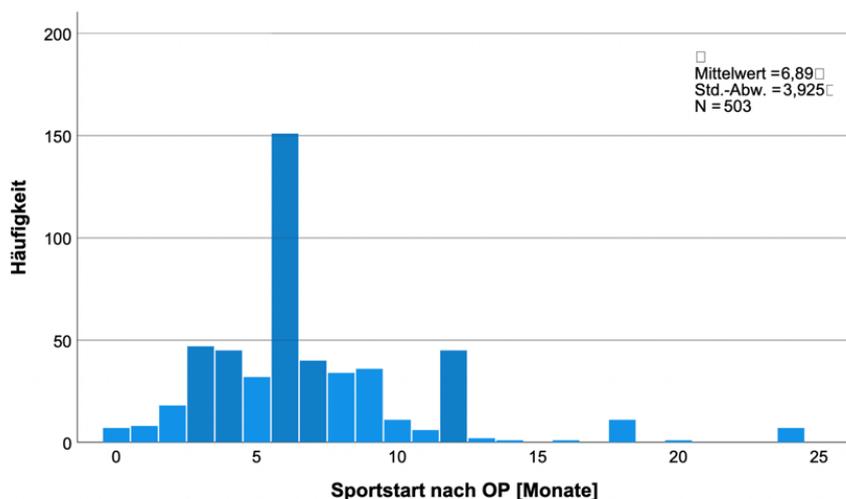
<b>Telefoninterview</b>	<b>Antwort</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
<b>Frage 2: Schmerzen</b>	Ja	96	19
	Nein	407	81
<b>Frage 3: Instabilität</b>	Ja	86	17
	nein	417	83
<b>gesamt</b>		503	100



**Abb. 18:** Vergleich Outcome-Parameter Schmerzen und Instabilität

*Frage 4: Wann konnten Patienten wieder Sport treiben (RTS)?*

Eine weitere Frage beschäftigte sich damit, wann Patienten nach der operativen Versorgung wieder Sport treiben konnten. Die Antworten beinhalteten Ergebnisse zwischen Minimum 0 und Maximum 24 Monaten (Abb. 19). Die meisten Patienten konnten nach 6 Monaten wieder Sport treiben (n=151, 30%), wobei an dieser Stelle nicht die Art des Sports oder das Aktivitätsniveau abgefragt wurden. Im Durchschnitt konnten die Probanden nach knapp 7 Monaten wieder Sport treiben (Mittelwert 6,9 Monate; Standardabweichung 3,9 Monate).



**Abb. 19:** Outcome-Parameter “Return to Sport” in Monaten

Im Vergleich der Daten, wann ein Patient nach der VKB-Plastik wieder Sport treiben konnte mit den Sporttestergebnissen, fand sich keine Korrelation zwischen beiden Parametern ( $r=0,009$ ).

Beim Vergleich des RTS-Zeitpunktes mit der Rerupturrate zeigte sich kein relevanter Unterschied zwischen den Probanden mit und ohne Reruptur ( $p=0,704$ ,  $\eta_p^2=0,000$ ; Tab. 7).

**Tab. 7:** Outcome-Parameter RTS (in Monaten) und Rerupturrate im Vergleich

Reruptur	MW	SD	n
Ja	7,1	5,1	65
Nein	6,9	3,7	438

*Frage 5: Welches Aktivitätslevel konnten Sie nach der OP wieder erreichen?*

Als Gradmaß sollte hier das Aktivitätslevel vor der Verletzung angenommen werden. Als Antwortmöglichkeiten wurde eine numerische Skala von 0 („Aufgrund meiner Kniebeschwerden kann ich keine dieser Aktivitäten ausführen.“) bis 4 („sehr anstrengende Aktivitäten Bsp.: Springen, schnelle Richtungswechsel bei einseitiger Fußbelastung wie Ballsportarten“) gewählt (Tab. 8). Mehr als 54% erreichten wieder das Aktivitätslevel „sehr anstrengend“ (Bsp.: Springen, schnelle Richtungswechsel bei einseitiger Fußbelastung wie Ballsportarten), weitere 34% das Level „anstrengend“ (Bsp.: schwere körperliche Arbeiten, Skifahren, Tennis). Der Mittelwert des wieder erreichten Aktivitätslevels betrug 3,4 (Standardabweichung 0,76).

**Tab. 8:** Outcome-Parameter postoperativ erreichtes Aktivitätslevel

mögliche Aktivitäten	n	%
0 keine	3	0,6
1 leichte	6	1,2
2 mäßige	49	10

<b>3 anstrengende</b>	172	34
<b>4 sehr anstrengende</b>	273	54
<b>gesamt</b>	503	100

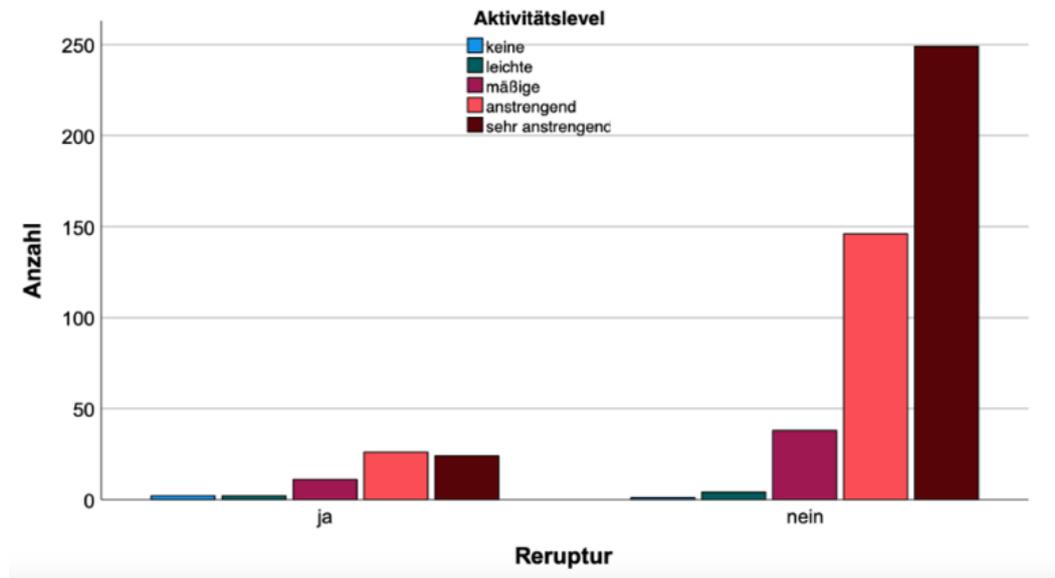
Zwischen dem wiedererlangten Aktivitätslevel und dem erreichten Sporttestergebnis konnte keine relevante Korrelation nachgewiesen werden ( $p=0,001$ ;  $\eta_p^2=0,40$ ; Tab. 9).

In den Untergruppen „mäßig anstrengende Aktivitäten“ und „sehr anstrengende Aktivitäten“ zeigten sich Teilzusammenhänge. In allen anderen Vergleichsgruppen ergaben sich keine Zusammenhänge.

**Tab. 9:** Sporttestgesamtpunktzahl im Vergleich mit Outcome-Parameter postoperativ erreichtes Aktivitätslevel

<b>Aktivitätslevel</b>	<b>MW</b>	<b>SD</b>	<b>n</b>
<b>0 keine</b>	22,2	2,8	3
<b>1 leichte</b>	24,3	2,7	6
<b>3 mäßige</b>	23	3,6	49
<b>4 anstrengende</b>	24,4	3,5	172
<b>5 sehr anstrengende</b>	25,2	3,6	273
<b>gesamt</b>	24,7	3,6	503

Ein Zusammenhang konnte zwischen der Rerupturrate und dem wieder erreichten Aktivitätslevel festgestellt werden: die Probanden mit einer Reruptur gaben im Telefoninterview ein signifikant schlechteres Aktivitätslevel an als diejenigen ohne Reruptur ( $p<0,001$ ; Chi-Quadrat=18,8; Abb. 20; Tab. 10).



**Abb. 20:** Outcome-Parameter postoperativ erreichtes Aktivitätslevel im Hinblick auf Reruptur

**Tab. 10:** Outcome-Parameter Reruptur im Vergleich mit postoperativ erreichtes Aktivitätslevel

		keine	leichte	mäßige	anstrengend	sehr anstrengend	gesamt
Reruptur	Ja	2	2	11	26	24	65
	nein	1	4	38	146	249	438
gesamt		3	6	49	172	273	503

### 4.3 Subgruppenanalyse

#### *Alter*

Die Rerupturrate bei jungen Patienten <21 Jahren betrug 17% (n=102/ davon n=17 Rerupturen) und war damit höher als der Durchschnitt mit 13%.

Junge Patienten <21 Jahre konnten nicht schneller eine Rückkehr zum Sport erreichen als ältere Probanden. Beide Gruppen erreichten den RTS nach knapp 7 Monaten (Tab. 11).

**Tab. 11:** RTS in Monaten, Vergleich Patienten < 21Jahre und > 21 Jahre

<b>Altersgruppe</b>	<b>n</b>	<b>RTS in Monaten</b>	<b>SD</b>
<b>&lt; 21 Jahre</b>	102	6,9	3,9
<b>&gt; 21 Jahre</b>	398	6,9	3,9

#### *Geschlecht*

Die Geschlechterverteilung bei der Reruptur betrug 22% (n=14) bei weiblichen Probandinnen, 79% (n=51) bei männlichen Probanden (p=0,314; Chi-Quadrat=1,014).

#### *BMI*

Ein signifikant erhöhtes Risiko für eine Reruptur in Abhängigkeit vom BMI konnte nicht festgestellt werden (ja:  $25,8 \pm 3,88$  kg/m<sup>2</sup>; nein:  $25,3 \pm 3,36$  kg/m<sup>2</sup>; p=2,52;  $\eta_p^2=0,03$ ).

Zu den anderen im Telefoninterview abgefragten Parametern konnten keine Zusammenhänge mit dem BMI ermittelt werden. Weder bei postoperativ rezidivierenden Schmerzen (p=0,358;  $\eta_p^2=0,002$ ; Tab. 12) noch bei Instabilität (p=0,120;  $\eta_p^2=0,005$ ; Tab. 13), Return to sport (p=0,770;  $\eta_p^2=0,013$ ) oder dem wieder erreichten Aktivitätslevel (p=0,568;  $\eta_p^2=0,006$ ; Tab. 14) zeigte sich eine Abhängigkeit.

**Tab. 12:** BMI (kg/m<sup>2</sup>) in Abhängigkeit vom Outcome-Parameter Schmerzen

<b>Schmerzen</b>	<b>n</b>	<b>MW</b>	<b>SD</b>
<b>ja</b>	96	25,6	3,2
<b>nein</b>	402	25,2	3,2
<b>gesamt</b>	498	25,3	3,4

**Tab. 13:** BMI (kg/m<sup>2</sup>) in Abhängigkeit vom Outcome-Parameter Instabilität

<b>Instabilität</b>	<b>n</b>	<b>MW</b>	<b>SD</b>
<b>ja</b>	85	25,8	3,5
<b>nein</b>	413	25,2	3,4
<b>gesamt</b>	498	25,3	3,4

**Tab. 14:** BMI (kg/m<sup>2</sup>) in Abhängigkeit vom Outcome-Parameter postoperativ erreichtes Aktivitätslevel

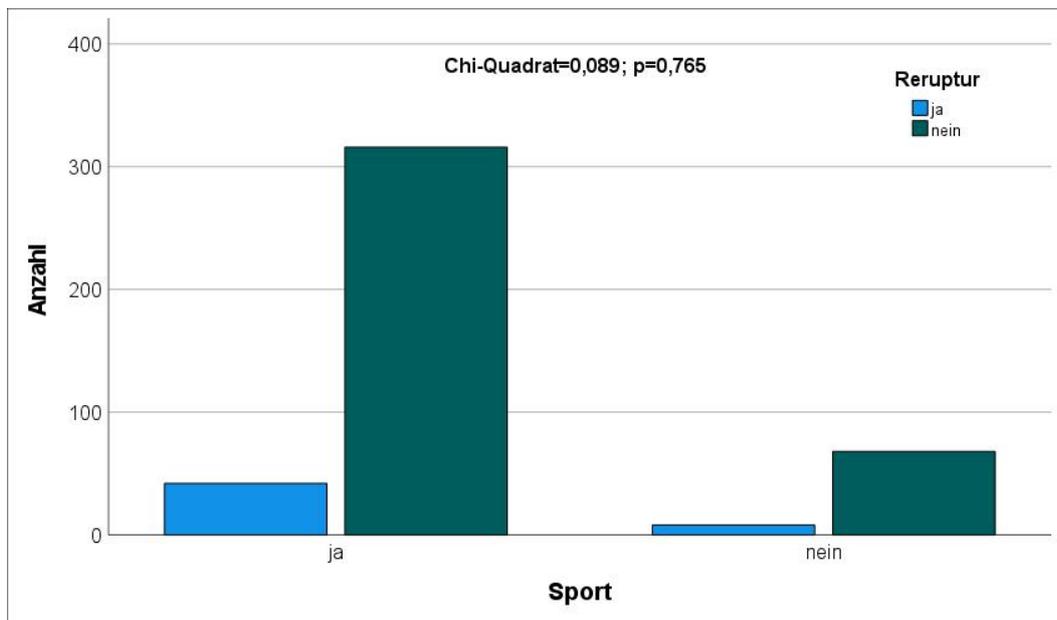
<b>Aktivitätslevel</b>	<b>n</b>	<b>MW</b>	<b>SD</b>
<b>keine</b>	3	25,8	1,1
<b>leichte</b>	6	25,1	3,6
<b>mäßige</b>	49	25,7	3,7
<b>anstrengend</b>	171	25,6	3,4
<b>sehr anstrengend</b>	269	25,1	3,4
<b>gesamt</b>	498	25,3	3,4

### Wieder sportlich aktiv vs. Reruptur

Studienteilnehmer, die nach erfolgter VKB-OP wieder Sport treiben, weisen kein höheres Rerupturrisiko auf als Probanden, die keinen Sport mehr treiben ( $p=0,765$ ; Chi-Quadrat=0,089; Tab. 15; Abb. 21).

**Tab. 15:** Wieder sportlich aktive Probanden im Hinblick auf den Outcome-Parameter Reruptur

		Sport		gesamt
		ja	nein	
Reruptur	ja	42	8	50
	nein	316	68	384
gesamt		358	76	434



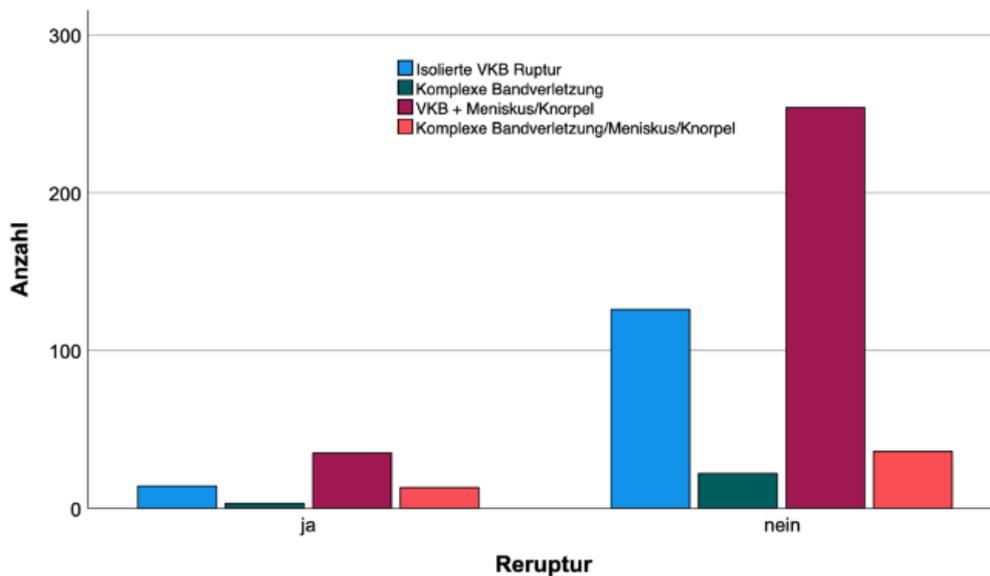
**Abb. 21:** Outcome-Parameter Rerupturrate bei wieder sportlich aktiven Probanden

### *Subgruppe der nicht angetretenen Sporttests und Reruptur*

Bei 64 Personen wurde der Sporttest mit 0 Punkten gewertet, d.h. aufgrund von Schmerzen abgebrochen oder aufgrund schlechter Kraftwerte im Cybex-Test nicht zum Sporttest zugelassen. Davon erlitten 11% (n=7) eine Reruptur.

### *Rerupturrate in Abhängigkeit von den Begleitverletzungen*

Es fand sich ein Zusammenhang zwischen der Schwere der Verletzung und der Rerupturrate ( $p < 0,025$ ; Chi-Quadrat=9,32). Die komplexeren Verletzungen haben in Relation zur Gesamtanzahl ein höheres Risiko eine erneute VKB-Verletzung zu erleiden als die Probanden mit z. B. isolierter VKB-Ruptur (Abb. 22; Tab. 16).



**Abb. 22:** Outcome-Parameter Rerupturrate in Abhängigkeit von Begleitverletzungen

**Tab. 16:** Outcome-Parameter Rerupturrate in Abhängigkeit von Begleitverletzungen

		<b>Isolierte VKB-Ruptur</b>	<b>Komplexe Band- verletzung</b>	<b>VKB+ Meniskus/ Knorpel</b>	<b>Komplexe Band- verletzung + Meniskus/ Knorpel</b>	<b>gesamt</b>
<b>Reruptur</b>	<b>Ja</b>	14 (10%)	3 (12%)	35 (12%)	13 (27%)	65 (13%)
	<b>nein</b>	126	22	254	36	438
<b>gesamt</b>		140	25	289	49	503

#### 4.4 Subjektiver IKDC-Score

Es konnten n=732 präoperative und n=751 postoperative Patienten erfasst werden.

Beim subjektiven IKDC-Score zeigte sich eine signifikante Verbesserung im Vergleich der präoperativen zu den postoperativen Werten (präoperativ: 62,1 ± 13 Punkte; postoperativ: 80,2 ± 11,6; p<0,001;  $\eta_p^2=0,599$ ).

Im Vergleich der Score-Ergebnisse IKDC präoperativ und IKDC postoperativ verglichen mit dem Parameter Reruptur konnte keine relevante Korrelation beobachtet werden.

## 5 Diskussion

### 5.1 Ergebnisdiskussion

Der Erfurter Sporttest dient den ärztlichen Kollegen der Sportklinik Erfurt seit Jahren als bedeutsames Instrument und somit wichtiger Baustein zur Beurteilung, wann und in welcher Geschwindigkeit nach erfolgter Kreuzbandoperation ein „Return to Sport“ erfolgen kann.

In der vorliegenden Arbeit sollte eine repräsentative Stichprobe der Ergebnisse des, seit mehr als 20 Jahren angewandten Sporttests ausgewertet und entsprechend der Fragestellung analysiert werden. Diese Studie betrachtet erstmals die selbst erhobenen Daten der Sportklinik Erfurt in diesem Umfang und dieser Komplexität.

Von primär 1026 bearbeiteten Fällen konnten 600 für die Langzeitbetrachtung evaluiert werden, davon konnten nach Ausschlusskriterien für die Betrachtung der Rerupturrate 503 Testergebnisse ausgewertet werden. Vorher ausgeschlossen wurden unter anderem 18 Rerupturen, die bereits vor Antritt zum Sporttest passierten. Damit liegt der Wert von Rerupturen vor RTS bzw. RTC mit 4% ähnlich hoch wie der von Waldén et al. (2016).

Der Altersdurchschnitt der getesteten Probanden in der vorliegenden Studie beträgt 31 Jahre, was sich mit der in der Literatur zu findenden Risikoaltersgruppe für vordere Kreuzbandrupturen (16 - 39 Jahre) deckt (Granán, 2009). In anderen Studien wird der Altersgipfel zwischen 15 und 30 Jahren (Majewski et al., 2006; Teske et al., 2010) angegeben.

Die Geschlechterverteilung der operativ versorgten VKB-Rupturen in der Studie lag bei 73% männlichen (n=368) und 27% (n=134) weiblichen Patienten. Bei Straccolini et al. (2015) war der Anteil der ACL-Verletzungen an Gesamtverletzungen bei Jungen und Mädchen zwischen 13 und 17 Jahren ähnlich. Mädchen wiesen jedoch im Verlauf durch die Pubertät einen signifikant steileren Anstieg des ACL-Verletzungsanteils gegenüber Jungen auf (Straccolini et al., 2015). Eine andere Arbeit spricht von 4-6mal höheren Inzidenzen bei ACL-Verletzungen für Frauen im Vergleich zu männlichen Athleten (Hewett et al., 2006). In unserer Arbeit war das männliche Geschlecht deutlich stärker vertreten als das weibliche (ca.  $\frac{3}{4}$  zu  $\frac{1}{4}$ ). Da es sich hierbei um eine Stichprobe handelt, kann dies nicht als Referenz für alle VKB-Verletzungen gelten.

Die Seitenverteilung ergab 59% (n=295) Verletzungen auf der rechten Seite und 41% (n=207) Verletzungen auf der linken Seite.

Mittlerweile sind Parameter wie Kraftmessungen oder funktionelle Tests (z. B. single leg hop etc.) vielerorts fester Bestandteil der Return to Sport-Entscheidung. Es ist bekannt, dass hierbei neuromuskuläre Defizite, welche im Verdacht stehen, für eine erneute Verletzung eine entscheidende Rolle zu spielen, aufgezeigt werden (Hewett et al., 2013). In einer Arbeit von Herbst et al. (2015) wird anhand einer Testbatterie gezeigt, dass die meisten Patienten im Hinblick auf die neuromuskulären Fertigkeiten im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen höchstwahrscheinlich nicht bereit sind, sogar 8 Monate nach der Operation wieder in den Sport zurückzukehren. Eine vorzeitige Rückkehr in den Sport erhöht das Risiko einer Folgeverletzung. Eine 2017 veröffentlichte Studie legt nahe, dass die Mehrheit der Patienten 6 Monate nach VKB-Plastik sogar eine zusätzliche Rehabilitation benötigt, um die RTS-Kriterien zu erfüllen (Gokeler et al., 2017). Es existiert trotz intensiver Forschung weiterhin kein durchweg anerkannter Zeitpunkt, wann ein Sportler nach Kreuzbandersatzplastik zum uneingeschränkten Mannschaftstraining bzw. zum Wettkampfsport zurückkehren kann (Barber-Westin & Noyes., 2011). In vielen Studien findet sich als einziges Kriterium der zeitliche Abstand zur OP, häufig wird eine Rückkehr bzw. Sportfreigabe nach 6 Monaten genannt. Jedoch hat eine Umfrage unter AGA- Instruktoeren ergeben, dass die Mehrzahl der Operateure einen zeitlichen Abstand von 6 Monaten als zu früh erachtet (Petersen et al., 2016).

In unserer Studienpopulation konnten die Probanden nach durchschnittlich knapp 7 Monaten ( $\pm 3,9$  Monate) wieder Sport treiben. Die größte Subgruppe (30%) konnte nach 6 Monaten wieder Sporttreiben. Diese Werte ähneln den Aussagen in der Literatur, beispielsweise bei Petersen et al. (2016) (6-10 Monate).

Die Testbatterien verfolgen das Ziel, Aussagen über die Rückkehr zum Wettkampfsport zu treffen und das Risiko für eine Reruptur abzuschätzen. Bisher konnte für keine dieser Testbatterien bzw. Kombinationen mit funktionellen Tests eine direkte Korrelation mit dem postoperativen Outcome nachgewiesen werden. In den existierenden Arbeiten besteht diesbezüglich kein Konsens. Kyritsis et al. (2016) testeten männliche Athleten, hierbei konnten diejenigen Probanden eine verringerte Re-Verletzungsrate erzielen, die entsprechende Return to Sport-Parameter bestanden hatten. In anderen Studien konnten die Testparameter die Wahrscheinlichkeit

vorhersagen, ob die Rückkehr zum Sport gelingt. Aber eine zuverlässige Vorhersage bezüglich VKB-Reruptur konnte nicht getroffen werden (Vavken et al., 2012; Welling et al., 2020).

In den Testbatterien erschweren heterogene Kriterien der einzelnen Tests die Vergleichbarkeit und somit valide Aussagen für den richtigen Zeitpunkt des „Return to Sport“.

Eine generelle Empfehlung für den Umfang und die richtige Auswahl an Tests kann nicht gegeben werden, da die Validität für viele Tests noch nicht ausreichend untersucht ist (Webster & Hewett, 2019). In der Literatur existieren eine Reihe von Arbeiten, welche verschiedene Testkombinationen zur Überprüfung der Sportfähigkeit zum schrittweisen Wiedereinstieg in den Sport, thematisieren. Die Studie von Gokeler et al. (2017) nutzt eine RTS-Batterie mit Isokinetiktest, 3 Hop-Tests und Jump Test sowie IKDC-Score und ähnelt diesbezüglich der Zusammenstellung des Erfurter Sporttests. Die dort angegebene Teilnehmerzahl ist mit 22 männlichen und 6 weiblichen Probanden relativ klein. Sie kann aber genau wie die vorliegende Studie als Grundlage für zukünftige Forschung dienen, um multivariate Modelle zu implementieren und die Entscheidungsfindung bezüglich RTS nach VKB-Ruptur mit dem Ziel zu optimieren, das Auftreten von erneuten Verletzungen zu reduzieren. Allerdings sind diese komplexen Tests zeitintensiv und mit hohem Personalaufwand sowie Kosten verbunden (Kalberer et al., 2013; Wilke et al. 2018), eine Kostenübernahme durch die Krankenkassen oder die gesetzliche Unfallversicherung ist aktuell nicht möglich.

In einer Befragung unter Operateuren wünschten sich >80% eine praxistaugliche Return to Sport-Testbatterie (Valle et al., 2018). Denn auch erfahrene Operateure in der Kreuzbandchirurgie weichen in Nachbehandlung und Therapieempfehlung teils deutlich voneinander ab. Nachbehandlungsschemata und Trainingspläne entsprechen hierbei nicht immer den aktuellen Literaturempfehlungen (Valle et al., 2018). In einer Studie mit 111 Probanden hatten Grindem et al. (2018) festgestellt, dass nur 5% aller Probanden eine Rehabilitation nach evidenzbasierten Leitlinien erhalten hatten, 45% 3 Monate postoperativ noch keinen Therapeuten gesehen hatten und 70% niemals Übungen für die Agilität oder die Landung durchgeführt hatten. Eine falsche Nachbehandlung und Nachsorge werden im Review von Wright et al. (2012) als eine entscheidende Versagensursache nach Kreuzbandplastik genannt.

In der Sportklinik Erfurt wird jeder Patient ca. 6 Monate postoperativ nach absolviertem Sporttest ärztlich untersucht und das weitere Procedere festgelegt. Der Sporttest dient der Orientierung für den Patienten. Anhand des Ergebnisses wird besprochen, wie weit die Patienten noch vom Optimal-Ergebnis entfernt sind.

Die RTS-Freigabe wird hierbei nur direkt erteilt, wenn im Sporttest 28-30 Punkte erreicht wurden und der Isokinetiktest keine relevanten Seitendifferenzen (>30%) zeigt. Außerdem muss das Kniegelenk klinisch stabil und reizlos sein, der Beckenlift stabil demonstriert werden und mindestens 30 Minuten schmerzfreies Laufen möglich sein. Allen von diesen Voraussetzungen abweichenden Patienten werden spezifische Trainings verordnet, die Zeit zum RTS wird somit verlängert.

In unserer Studie erreichten 137 Probanden eine Punktzahl 28-30 Punkte im Sporttest (27%). Somit müsste der überwiegende Anteil von >70% der Probanden nach 6 Monaten in spezifischen Rehabilitationsmaßnahmen weiterbehandelt werden. Die Patientenangaben zum RTS-Zeitpunkt ergaben einen mittleren RTS-Zeitpunkt nach etwa 7 Monaten. Dass diese Differenz von 4 Wochen entscheidend zur Verhinderung von Re-Verletzungen beitrug, kann diese Arbeit nicht anhand von Zahlen belegen.

Es bleibt aufgrund der Komplexität der notwendigen Voraussetzungen eine individuelle Entscheidung, wann der Patient zum RTS freigegeben wird.

Primär wurde zum Zeitpunkt der Studie von Seiten der Sportklinik beim Profisportler im Schnitt mit 6 Monaten und beim Amateursportler mit 9 Monaten Nachbehandlungsdauer gerechnet.

Der nächste Schritt ist die Wiederherstellung der Wettkampffähigkeit des Sportlers (Return to Competition, RTC). Diese wird im postoperativen Arzt- Patienten Setting der Sportklinik nicht explizit besprochen, diese Entscheidung liegt in der Hand der Sportler und des entsprechenden Betreuerteams.

Eine relevante Korrelation zwischen RTS-Zeitpunkt und der Rerupturrate fand sich in unserer Datenanalyse nicht. Sportler mit einer Reruptur begannen nicht eher mit dem Sport als solche ohne Reruptur (7,1 Monate vs. 6,9 Monate). Wann genau eine Reruptur passierte, konnte anhand unserer Daten nicht erfasst werden.

Nach dem Wiedererlangen der Belastbarkeit und der Wettkampftauglichkeit besteht weiterhin ein gewisses Risiko einer erneuten Verletzung. Die meisten Sportler gehen nach einer Kreuzbandrekonstruktion, wenn auch nicht auf dem Niveau vor der Verletzung, wieder ihrer gewohnten sportlichen Aktivität nach (Wright et al., 2012).

Die Reruptur-Raten variieren je nach Quelle, meist zwischen 10 und 20% für die ipsilaterale Seite, die Prävalenz für eine Ruptur der unverletzten Gegenseite liegt zwischen 7 und 24% (Kalberer et al., 2013; Petersen et al., 2016).

Bei unserer Stichprobe erlitten insgesamt 13% der nachuntersuchten Probanden eine Reruptur (n=67). Bei 66% (n=43) dieser Gruppe war die ipsilaterale Seite betroffen, bei 34% (n=22) die kontralaterale Seite. Umgerechnet auf die Gesamtzahl der Probanden lag die Rerupturrate der ipsilateralen Seite mit 9% knapp unterhalb der bereits genannten Prävalenz von 10-20%. Mit knapp 5% Rerupturrate der unverletzten Gegenseite lag der Wert der Studie niedriger als in den zitierten Arbeiten von Petersen et al. (2016) und Kalberer et al. (2013).

Andere Studien kommen zu abweichenden Ergebnissen mit niedrigeren Rerupturraten. Kvist et al. (2014) ermittelten eine Rerupturrate von 7%, wobei die Sportler unter 19 Jahren höhere Re-Verletzungsraten zeigten. Bei Sanders et al. (2016) zeigten sich eine Transplantatüberlebensrate von 91% nach 25 Jahren. Auch hier waren die Rerupturraten bei den unter 22jährigen Probanden signifikant erhöht. Auch bei Wiggins et al. (2016) zählte junges Patientenalter zum Operationszeitpunkt zu den größten Risikofaktoren für eine Reruptur.

Die zunächst relativ hoch erscheinende Gesamtrate der Rerupturen in der vorliegenden Arbeit ist mit der hohen Anzahl von Aktivsportlern in Risikosportarten, ähnlich der Studie von Myklebust et al. (2003) erklärbar. Die Autoren eruierten gewissermaßen eine „Negativselektion“ von Risikoathleten, weil sie ausschließlich Handballspieler betrachtet hatten. In der vorliegenden Studie wurden die zukünftig geplanten Sportarten zum Zeitpunkt des Sporttests abgefragt. Mehr als 82% der Probanden planten demnach wieder sportlich aktiv zu werden, viele davon in Ballsport- und Kontaktsportarten, welche zu den Risikosportarten für eine erneute Verletzung zählen (Ettlinger et al., 2015; Zantop et al., 2007).

In einer 10-jährigen Langzeitstudie konnten die Autoren bei 180 nachuntersuchten Patienten feststellen, dass sogar 25% der Sportler eine Reruptur erlitten (Pincezewski, 2007). Weitere Autoren kamen zum Ergebnis, dass 50% der Patienten innerhalb des ersten Jahres nach einer OP (Lind et al., 2012) bzw. 70% der Patienten innerhalb der ersten 2 Jahre postoperativ eine VKB-Reruptur erlitten (Krüger-Franke et al., 1997). Unser Telefoninterview und somit die Zeit bis zum Outcome fand im Schnitt gut 4 Jahre

(1569 Tage) nach bestandener Sporttest statt ( $\pm 321$  Tage; Minimum: 983 Tage, Maximum: 2351 Tage). Das Follow-up fand also Minimum 3 Jahre postoperativ statt, wenn die 6 Monate von der OP bis zum Sporttest eingerechnet werden. Interessant wäre eine Folgestudie mit erneuter Befragung der hier eingeschlossenen Probanden als 10-Jahres-Follow-up, um die Ergebnisse der zitierten Studien mit den eigenen Daten zu vergleichen.

Als Risikofaktoren für eine Reruptur nach vorderer Kreuzbandplastik wird in der Literatur häufig ein junges Alter genannt (Firth et al., 2022; Kaeding et al., 2015; Lind et al., 2012; Majewski et al., 2006; Webster et al., 2014). Die genauen Ursachen hierfür sind bisher nicht bekannt. Das Alter bei Reruptur liegt in der vorliegenden Studie bei durchschnittlich 31 ( $\pm 11$ ) Jahren. Unsere Daten zeigen, dass Probanden <21 Jahren mit 17% häufiger von einer Reruptur betroffen sind als die Rerupturrate der gesamten Studienpopulation mit 13%. Als Ursache wird in der Literatur vermutet, dass jüngere Patienten schneller wieder in den Sport einsteigen als Ältere (Kaeding et al., 2015). Diese Vermutung kann durch die Daten der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. Jüngere Sportler (<21 Jahre) schafften den RTS genau wie Ältere nach knapp 7 Monaten. Interessanterweise verringerte sich in der Literatur die erhöhte Rerupturrate bei Jüngeren auch nicht, wenn der Zeitraum für RTS auf 12 Monate angehoben wurde. Webster et al. (2021) untersuchten dafür 142 Patienten unter 20 Jahren. Scheinbar ist bei jüngeren Sportlern mit VKB-Ruptur nicht allein die Zeit bis zum RTS entscheidend, um die höhere Rerupturrate zu erklären. Eine mögliche Hypothese könnte darin bestehen, dass die Jüngeren am ehesten in ihre Risikosportart zurückkehren, was als Risikofaktor für eine Reruptur bekannt ist (Petersen et al., 2016). Die genaue Sportart wurde in unserer Studie allerdings nicht im Zusammenhang mit dem Alter differenziert, weshalb sich diese Hypothese anhand unserer Daten nicht belegen lässt.

Eine amerikanische Studie aus dem Jahr 2018 zu Langzeitergebnissen im Hinblick auf Lebensqualität und Einschränkungen nach VKB-Plastik identifizierte u.a. einen hohen BMI, weibliches Geschlecht und höheres Alter als Faktoren für ein negatives Outcome nach VKB-Plastik (MOON Knee Group, 2018). In einer Studie aus dem Jahr 2002 zeigten die Ergebnisse auch bei über 40-jährigen Patienten mit symptomatischer VKB-Ruptur gute Behandlungsergebnisse, welche sich nicht signifikant von denen bei jüngeren Patienten unterschieden (Wirth et al., 2002).

Eine signifikante Abhängigkeit vom BMI konnte in unserer Studie bezüglich Rerupturrate nicht festgestellt werden (ja  $25,8 \pm 3,88$ ; nein  $25,3 \pm 3,36$   $p=2,52$ ,  $\eta_p^2=0,03$ ). Bowers et al. (2005) vermuteten, dass ein normwertiger BMI das Outcome verbessert. Der BMI in der vorliegenden Studie lag im Mittel bei 25,3 (Minimum: 16,7; Maximum: 38,6). Auch wenn dieser Wert nur leicht überschritten wird, spricht die WHO ab einem BMI von 25 bereits von Übergewicht. Zu den Parametern Schmerzen, Instabilität, RTS-Zeitpunkt und Aktivitätslevel im Telefoninterview konnte im Hinblick auf den BMI keine relevante Korrelation nachgewiesen werden.

Nicht zu den Risikofaktoren für eine Reruptur nach Kreuzbandplastik zählt bei Kaeding et al. (2015) das weibliche Geschlecht. Obwohl ein erhöhtes Risiko weiblicher Sportler bei der primären Kreuzbandverletzung besteht, konnte hier kein Unterschied bei den Geschlechtern ermittelt werden. Im Outcome einer anderen Arbeit waren Frauen in den ersten 2 Jahren von Rerupturen häufiger betroffen, in längeren Studienzeiträumen fanden sich jedoch keine geschlechterspezifischen Unterschiede mehr (Sutton und Bullock, 2013).

Die Zahlen unserer Arbeit konnten die Aussagen bestätigen, dass es keine geschlechterspezifische Verteilung bei den Rerupturen zu Ungunsten der weiblichen Probanden gibt. Bei der Unterscheidung der Probanden nach Geschlecht waren männliche Athleten mit knapp 14% häufiger von einer Reruptur betroffen als weibliche Athleten mit gut 10%.

In unserer Auswertung der Sporttestergebnisse nahmen wir die erreichte Gesamtpunktzahl des Sporttestes als repräsentativen Wert für den Heilungsfortschritt nach VKB-Plastik zum Zeitpunkt des Sporttests an und verglichen diesen u.a. mit den einzelnen Parametern des Telefoninterviews.

Das Sporttestergebnis zeigte varianzanalytisch keine relevante Differenz zwischen den beiden Substichproben basierend auf dem ermittelten Rerupturrisiko (ja:  $25,1 \pm 3,19$ ; nein:  $24,6 \pm 3,64$ ;  $p=0,373$ ,  $\eta_p^2=0,002$ ). Die Vermutung, dass Probanden mit besseren Sporttestergebnissen das geringere Rerupturrisiko nach operativ versorgter vorderer Kreuzbandruptur besitzen, konnte anhand unserer Zahlen nicht nachgewiesen werden. Die durchschnittlichen Punktwerte für Teilnehmer mit Reruptur und solche ohne Reruptur sind nahezu identisch. Eine mögliche Interpretation dieses Ergebnisses besteht darin, dass die entsprechenden Risikoathleten durch den

Sporttest vorher selektiert und entsprechend geleitet wurden, um das Risiko einer Reruptur zu minimieren.

Die Rerupturrate in der Subgruppe der Personen, die den Sporttest aufgrund von Schmerzen oder schlechten Kraftwerten nicht antreten konnten, lag bei 11% (ja: 7, nein: 57). Auch dieser Aspekt stützt die genannte Hypothese. Demnach sind die Rerupturraten in dieser „Risikogruppe“ leicht niedriger als die Gesamt-Rerupturrate von 13%.

Bei fehlender Signifikanz ist anhand dieser Zahlen nicht abschließend beweisbar, dass die vorsichtiger Nachbehandlung wirklich das Risiko einer erneuten Verletzung senkt, jedoch wurden Probanden mit schwächeren Sporttestergebnissen entsprechend restriktiver nachbehandelt und erst später zum sportartspezifischen Training freigegeben.

Das zeigen die Auswertungen der Sporttestdaten im Sporttest Teil C2 („Empfehlungen für die nächsten Wochen“). Die Empfehlungen zu Kraft-, Ausdauer- und Koordinationstraining zeigten hierbei bei höherer Gesamtpunktzahl eine geringere Empfehlung zu allen 3 Parametern, was im Umkehrschluss das Fortsetzen einer auf Rehabilitation ausgelegten Weiterbehandlung bei schlechteren Sporttestergebnissen plausibel erscheinen lässt.

Im Outcome nach Knieverletzungen sind neben der Rerupturrate auch die Parameter Schmerzen, Instabilität und wieder erreichtes Aktivitätslevel von großer Bedeutung. Aufgrund der Subjektivität ist eine zuverlässige Bestimmung nicht immer möglich, die Parameter werden aber in fast jedem Knie-Score abgefragt. In der vorliegenden Studie wurden u.a. postoperative Schmerzen und Instabilität im Sporttest erfasst. Im Telefoninterview wurden neben der Rerupturrate und aktuell bestehenden Schmerzen sowie subjektivem Instabilitätsgefühl, noch RTS-Zeitpunkt und das postoperativ wieder erreichte Aktivitätslevel im Vergleich zum Zustand vor der Verletzung abgefragt.

Die Ergebnisse der Studie zeigten Schmerzen im Langzeitoutcome bei 19% der Probanden. Eine Korrelation zu bereits bestehenden Schmerzen im Sporttest konnte bei dieser Subgruppe von 96 Teilnehmern nicht nachgewiesen werden.

Ein subjektives Instabilitätsgefühl beklagten 17% der Studienteilnehmer im Outcome. Zwischen diesem Parameter und dem Sporttestergebnis konnte kein Zusammenhang

hergestellt werden. Beim Vergleich Schmerzen im Outcome mit dem Sporttestergebnis sowie Instabilitätsgefühl im Outcome mit dem Sporttestergebnis zeigte sich eine Tendenz ohne Signifikanz zu leicht besseren Gesamtpunktwerten bei Probanden, die im Telefoninterview keine Schmerzen bzw. kein Instabilitätsgefühl angegeben hatten.

Allerdings fand sich zwischen den Variablen Schmerzen und Instabilität im Outcome ein enger Zusammenhang. (Chi-Quadrat=50,53;  $p < 0,001$ ). Mutmaßlich war bei den beschriebenen Probanden die Instabilität zumindest Teilursache der Schmerzen im betroffenen Gelenk. Es handelte sich bei den erhobenen Parametern um subjektive Angaben der Probanden. Eine weitere Nachuntersuchung in einigen Jahren, ob sich diese Variablenkombination als prognostischer Parameter für ein Transplantatversagen eignet, wäre sicherlich interessant.

Aus Sicht des Verletzten ist das Wiedererlangen des präoperativen Aktivitäts- und Leistungsniveaus entscheidendstes Ziel der Therapie. Dies schaffen unter den Top Sportlern im Durchschnitt 83% (Bandbreite: 77% – 88%). Bei Breiten- und Hobbysportlern liegt die RTS-Rate mit 60% um einiges niedriger (Lai et al., 2017). Insgesamt schafften Verletzte nach VKB-Plastik eine hohe RTP- Rate, allerdings nur 2/3 auf „high Level“ nach 3 Jahren (Waldén et al., 2016). Auch in der Metaanalyse von Arden et al. (2011) konnte gezeigt werden, dass in 81% der Fälle nach VKB-Rekonstruktion sportliche Aktivitäten wiederaufgenommen werden konnten. Allerdings konnten auch in dieser Studie nur 65% auf das vor dem Unfall bestehende Leistungsniveau zurückkehren und nur 55% konnten auf Wettkampfniveau Sport treiben. Andere Untersuchungen kamen zum Ergebnis, dass Sportart und Wettkampfniveau nicht relevant für das Langzeitoutcome waren (MOON Knee Group, 2018).

Auch wenn sich bei unserer Erhebung des postoperativ wiedererlangten Aktivitätslevels keine genaue Bestimmung des Zustandes vor der Verletzung sowie Differenzierung nach Leistung- oder Hobbysportler möglich war, zeigten die Ergebnisse ein positives Outcome. Der Mittelwert des wieder erreichten Aktivitätslevels in der Studie betrug 3,4 (SD: 0,76) bei einer numerischen Skala von 0-4 (0=keine bis 4= sehr anstrengende Aktivitäten).

Wenn die Antwortmöglichkeiten 3 und 4 („anstrengende und sehr anstrengende Aktivitäten“) mit dem vorher bestehenden Aktivitätslevel gleichsetzt werden, sind die

Werte denen der zitierten Literatur ähnlich. In der vorliegenden Studie schafften 54% wieder sehr anstrengende und weitere 34% anstrengende Tätigkeiten. Insgesamt schafften somit 88% der Probanden ein sehr gutes bzw. gutes Aktivitätslevel, was den Daten aus der Literatur nah kommt.

Zwischen dem wiedererlangten Aktivitätslevel und dem erreichten Sporttestergebnis konnte kein relevanter Zusammenhang nachgewiesen werden ( $p=0,001$ ,  $\eta_p^2=0,40$ ). Lediglich in den Untergruppen „mäßig anstrengende Aktivitäten“ und „sehr anstrengende Aktivitäten“ zeigten sich Teilzusammenhänge. In allen anderen Vergleichsgruppen ergaben sich keine Zusammenhänge, so dass hier keine entsprechend aussagekräftige Hypothese aufgestellt werden konnte.

Ein interessanter Zusammenhang ließ sich zwischen der Rerupturrate und dem wieder erreichten Aktivitätslevel darstellen. Die Probanden mit einer Reruptur gaben im Telefoninterview ein signifikant schlechteres Aktivitätslevel an als diejenigen ohne Reruptur. Eine Reruptur führt also auch längerfristig zu einem schlechteren Outcome (das Follow-up wurde immerhin Minimum 3,3 Jahre nach operativer Versorgung erhoben).

In der Literatur gibt es Hinweise, dass umgekehrt mit steigendem Aktivitätslevel das Rerupturrisiko steigt, dies konnte in einer großen Kohorten-Studie mit 2488 Probanden gezeigt werden (Kaeding et al., 2015). Zum gleichen Ergebnis kamen Wiggins et al. (2016).

Unabhängig vom erreichten Aktivitätslevel konnten unsere Ergebnisse zeigen, dass sportliche Betätigung nach operativ versorgter VKB-Ruptur kein Risikofaktor für eine Reruptur ist. 88% der wieder sportlich aktiven Patienten blieben ohne Reruptur. Die Rerupturrate bei den sportlich wieder aktiven (12%) war ähnlich wie bei Probanden, die sich nicht wieder sportlich betätigten (11%).

Bei dem in der Sportklinik verwendeten subjektiven IKDC-Score gab es eine signifikante Verbesserung der postoperativen Werte im Vergleich zu den präoperativen Werten (präoperativer IKDC: 62,1;  $\pm 13$  Punkte/ postoperativer IKDC 80,2;  $\pm 11,6$  Punkte;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,599$ ). Die Ergebnisse sind auch in der Literatur so beschrieben. Die MOON Knee Group (2018) eruierte, dass sich die Werte des IKDC postoperativ erhöhten und auch nach 10 Jahren anhielten. Der Score erfüllt im Hinblick auf die RTS-Thematik relevante Aufgaben und gibt Aufschluss über bestehende

Defizite sowie Verlauf und Fortschritt im Heilungsprozess. In unserer Studie konnte der hier verwendete subjektive IKDC-Score jedoch bezüglich Rerupturrisiko keine richtungsweisenden Aussagen treffen.

In dieser Arbeit wurde das Hauptaugenmerk nicht auf die präoperativ bestehenden Begleitverletzungen gelegt, trotzdem wurden diese erfasst und entsprechend der Schwere der Verletzung in 4 Gruppen unterteilt. Gruppe 1 waren hierbei die isolierten VKB-Rupturen, Gruppe 4 die schwersten Verletzungen mit komplexer Bandverletzung und zusätzlicher Meniskus- / oder Knorpelverletzung. Im Hinblick auf eine Reruptur zeigte sich unter Betrachtung der Relation bezüglich Gesamtzahl ein relevanter Zusammenhang zwischen der Schwere der Verletzung und einer höheren Rerupturrate ( $p < 0,025$ ; Chi-Quadrat=9,32). Die komplexeren Verletzungen scheinen also mitverantwortlich für ein erhöhtes Rerupturrisiko zu stehen. In der Literatur besitzen initiale Meniskus- und Knorpelschäden eine große Bedeutung für das Ergebnis nach VKB-Ersatzplastik. Sie stehen im Verdacht, für die radiologischen Arthrosezeichen auch bei Patienten nach VKB-Rekonstruktion verantwortlich zu sein, obwohl sie diese verhindern sollen (Mayr et al., 2004) (ein Grund für die OP-Indikation zur VKB-Rekonstruktion sollte die Verhinderung einer Osteoarthrose nach VKB-Ruptur sein). Diese Kombination aus erhöhtem Risiko, eine Reruptur zu erleiden sowie erhöhtem Osteoarthroserisiko nach ACL-Verletzungen (Abermann et al., 2015, Lohmander et al., 2004) lassen die Notwendigkeit von besseren Therapiestrategien erkennen.

Der Ausbau der Prävention, eine Optimierung der OP-Technik und der Bereich der Rehabilitation sowie eine Reduktion des Erfolgsdruckes im Profisport (RTC erst nach vollständigem Remodeling) stellen mögliche Ansatzpunkte für weitere Verbesserungen dar.

Auf dem Gebiet der Prävention können Sprungtests (z. B. Drop jump) und einbeinige Kniebeugen zur Identifikation von Risikoathleten eingesetzt werden, gezielte Arbeit an deren Bewegungsmodifikation kann zur Reduktion von Verletzungen beitragen (Petersen et al., 2016). Der single leg vertical hop (SLVH) ist ein leicht anzuwendender, sicherer Test, der geschlechtsübergreifend und altersunabhängig angewandt werden kann, um funktionelle Defizite zu detektieren (Tenfelde & Höher, 2022).

Damit es erst gar nicht zur Verletzung kommt, existieren eine Reihe von Präventionsstrategien (Petersen et al., 2012). Diese Strategien wurden bereits vor über 10 Jahren entwickelt, sind aber immer noch einigen Trainern, Sportärzten und Physiotherapeuten unbekannt. Auch deshalb wird der Prävention von VKB-Rupturen in Deutschland aktuell noch immer nur eine untergeordnete Bedeutung beigemessen. Dass sich Prävention lohnt und sich damit das Risiko, eine VKB-Ruptur zu erleiden, deutlich senken lässt, haben Metaanalysen bereits gezeigt (Dorrel et al., 2015). Ein flächendeckender Einsatz dieser Screeningmethoden ist aufgrund der großen Anzahl an Risikoathleten schwer umzusetzen, aber zumindest denkbar. Zur Modifikation existieren Übungen, welchen allen die Korrektur der Risiko-Bewegungsmuster zugrunde liegt. Diese verschiedenen Elemente wurden in sportartspezifischen Aufwärmprogrammen kombiniert und in Studien analysiert. Beispielhaft wurden auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse Konzepte wie das STOP-X Präventionskonzept durch die Deutsche Kniegesellschaft entwickelt. Das Programm soll in der Lage sein, Risiken für schwere Kniegelenkverletzungen zu reduzieren (Stoffels et al., 2020). Metaanalysen hierzu haben zeigen können, dass Verletzungen des Kniegelenks mit diesen Programmen um 27% und Rupturen des vorderen Kreuzbandes gar um 51% reduziert werden können (Petersen et al., 2016). Die Strategien verfolgen unterschiedliche Ansätze, z. B. Aufklärung und Modifikation von gefährdenden Bewegungen (z.B. das Henning Programm, Vermont ACL Prevention Programm), Propriozeptionstraining, gezieltes Sprungtraining, Kräftigungsübungen für die schützenden Kniebeuger (Russian-Hamstrings) und Übungen zur Stärkung der Hüftrotatoren und Rumpfstabilisierung. Diese Elemente sollten nach Ansicht von Experten in einem Präventionsprogramm kombiniert werden.

Für weitere operative Verbesserungen gibt es laut Expertenmeinungen keinen Raum. Die Veränderung der chirurgischen Vorgehensweise mit anatomischer Bohrkanaalplatzierung und Mitbehandlung anterolateraler und posteromedialer Begleitinstabilitäten haben das Standardverfahren in den letzten Jahren optimiert (Rauch et al., 2019).

Der Rehabilitationsphase wird dagegen Potential eingeräumt (Vavken et al., 2012). An dieser Schnittstelle sind eine enge Kooperation und ein intensiver Informationsfluss zwischen Operateur, nachsorgendem Arzt, Physiotherapeuten und Patienten unabdingbar. Die Nachbehandlung ist hierbei stets individuell dem Patienten, dem

Transplantat, den Begleitverletzungen und dem OP-Ergebnis anzupassen (Petersen et al., 2012), um ein individuell optimales Ergebnis für den Patienten zu erzielen.

Im Bereich der Sporttests bieten eine Reihe von Verbesserungen in den Untersuchungs- und Messverfahren neue Möglichkeiten. So kommen zukünftig beispielsweise digitale Hilfsmittel wie z. B. ein tragbarer Bewegungssensor im Sporttest zum Einsatz, um die Tests weiter zu objektivieren und mit geringem Personal- und Kostenaufwand valide Ergebnisse zu liefern (Tenfelde & Höher, 2022). Bei der Erfassung objektiver Parameter können tragbare Sensoren, „smart phones“ oder „smart watches“ in Zukunft eine große Rolle spielen (Petersen et al., 2021). Außerdem bietet eine mögliche Digitalisierung bei der Nachbehandlung von Kreuzbandverletzten Chancen zur flächendeckenden Anwendung von Return to Sport- Testungen (Tenfelde & Höher, 2022).

Allein der Fakt, dass es trotz jahrzehntelanger Forschung noch immer keine einheitliche Meinung bzw. valide Daten bezüglich des bestmöglichen Zeitpunkts zur Rückkehr in die Wettkampftauglichkeit gibt, zeigt die Komplexität der Aufgabe, Verbesserungen aufzuzeigen und vor allem auch durchzusetzen. Nicht zuletzt aufgrund der Tatsache, dass die Ergebnisse der VKB-Revision im Vergleich zur primären VKB-Plastik klinisch signifikant schlechter abschneiden (Grassi et al., 2016; Mohan et al., 2018; Wright et al., 2012) sollte weiterhin versucht werden, die Reruptur und somit Re-OP-Rate so weit wie möglich zu senken.

Aus all den genannten Gründen wird eine Optimierung des Managements beim Thema Kreuzbandverletzungen weiter im Fokus orthopädisch/ unfallchirurgischer Forschung bleiben.

## **5.2 Methodendiskussion (Limitationen)**

Einerseits besitzt die Studie aufgrund der hohen Fallzahl und umfangreich ausgewerteten Daten eine hohe Aussagekraft. Andererseits wurden zur Ergebniserstellung sowohl subjektive als auch objektive Ergebnisse verwendet. Die Vergleichbarkeit mit anderen Arbeiten ist aufgrund von verschiedenen Messparametern, unterschiedlichen Fragestellungen und verschiedenen Messmethoden der Studien eingeschränkt. Diesbezüglich sind Details oft nur punktuell vergleichbar.

In den Testbatterien kommen variierende Bedingungen (verschiedene Sporttherapeuten, subjektive Wahrnehmung des jeweiligen Therapeuten etc.) zur Anwendung. Dies erschwert eine Vergleichbarkeit sowie valide Aussagen für den richtigen Zeitpunkt des „Return to Sport“. Der prospektive Anteil der Studie brachte, retrospektiv betrachtet, verschiedene Hindernisse und besondere Anforderungen mit sich. Zum einen waren Probanden aufgrund von veralteten Rufnummern nicht erreichbar oder nicht gewillt, teilzunehmen und somit Teil der Ausschlusskandidaten. Zum anderen handelte es sich beim Telefoninterview um die subjektive Sicht von medizinischen Laien und bot deshalb eine gewisse Fehleranfälligkeit. Die Fragen im Telefoninterview wurden zur Minimierung dieser Fehleranfälligkeit bewusst verständlich strukturiert und formuliert, was jedoch zu einer eingeschränkten Vergleichbarkeit mit anderen Studien führte. Die Anwendung international anerkannter Scores wie Lysholm- oder Tegner-Score wäre deutlich präziser gewesen. Beim gewählten Studiendesign hätte das aufgrund der Vielzahl an Fragen mit vielen Auswahlmöglichkeiten, insbesondere im Telefoninterview, wahrscheinlich zu Ablehnung und Verständnisproblemen geführt.

Eine weitere Schwachstelle lag in der an mancher Stelle inkompletten Erfassung von Daten sowie einer gewissen Ungenauigkeit durch die subjektive Bewertung der Sporttherapeuten bei den Sporttests. Objektiver wären z. B. Sensoren oder Kameras, eine Anschaffung war bislang allerdings nicht möglich, da dies mit erheblichen zusätzlichen Kosten sowie Aufwand (kamerabasierte Gang- und Videoanalyse) verbunden wäre. Inhaltlich wurde eine Reihe von Daten nicht oder im Detail nicht ausreichend genau erfasst. So wurde beispielsweise nicht die Zeit von der OP bis zu einer Reruptur erfasst, wie genau eine Reruptur passierte bzw. in Frage 4 des Telefoninterviews, um welchen Sport es sich genau handelte. Außerdem wurden die unterschiedlichen OP-Verfahren nicht aufgeschlüsselt, der einheitliche Endpunkt fehlte (da das Telefoninterview immer einen unterschiedlichen Abstand zum Sporttest hatte). All diese Punkte verringerten die Vergleichbarkeit mit anderen Arbeiten.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist eine der häufigsten Knieverletzungen weltweit und eine Rekonstruktion in den verschiedenen Techniken demzufolge eine der häufigsten Knie-Operationen überhaupt. Betroffen sind sowohl Profi- als auch Hobbysportler fast jeder Altersgruppe. Unabhängig von Geschlecht und Sportart stellen die Verletzungen eine langwierige Trainings- und Wettkampfpause mit ungewissem Ausgang dar. Aber nicht nur die Entstehung und die operative Versorgung der Verletzung, sondern auch Rehabilitations- und Präventionsprogramme sind aufgrund der hohen persönlichen und wirtschaftlichen Bedeutung an der Wiederherstellung des verletzten Athleten, Gegenstand der Forschung. In der vorliegenden Arbeit wurden Sporttestergebnisse von insgesamt 1026 Probanden retrospektiv ausgewertet. Diese absolvierten zwischen 07/2015 und 11/2018 in der Sportklinik Erfurt nach VKB-Ersatzplastik in Vorbereitung auf den „Return to Sport“ den „Erfurter Sporttest“. Der Sporttest bestand aus einer standardisierten Testbatterie, welche 6 Monate nach erfolgter VKB-Plastik in einem Rehabilitationszentrum von entsprechend geschulten Sporttherapeuten durchgeführt wurde. Neben den Ergebnissen des Sporttests wurden diese Probanden prospektiv mittels Telefoninterview, durchschnittlich 1569 Tage nach absolviertem Sporttest, zu den Parametern Reruptur, Schmerzen, subjektives Instabilitätsgefühl, RTS-Zeitpunkt sowie wieder erreichtem Aktivitätslevel nachbefragt.

Das Ziel der Arbeit bestand darin, die eigenen Ergebnisse der Sportklinik Erfurt anhand einer aussagekräftigen Kohorte zu evaluieren und mit Daten aus der Literatur zu den Themen „Reruptur“ und „Outcome nach vorderer Kreuzbandersatzplastik“ zu vergleichen. Bezüglich der Rerupturrate (13%) konnte in der Stichprobe keine relevante Korrelation zum Ergebnis des Sporttests aufgezeigt werden. Probanden mit Reruptur hatten im Schnitt etwa die gleichen Sporttestergebnisse wie Probanden ohne Reruptur. Probanden mit niedrigerem Punktwert wurde in der Auswertung jedoch signifikant häufiger spezifisches Aufbaustraining (Kraft, Ausdauer, Koordination) empfohlen. Dies könnte ein Erklärungsansatz für die nahezu gleich hohen Rerupturraten sein. Wenn auch nicht signifikant: auch die Tatsache, dass die vorm Sporttest ausgeschlossene und somit verlängert in Rehabilitationsmaßnahmen betreute Subgruppe ein niedrigeres Rerupturrisiko (11%) aufwies, stützt diese These. Als Risikofaktor für eine Reruptur zeigten sich, wie bereits öfter publiziert, ein Alter

unter 21 Jahren und eine komplexere Verletzung mit Beteiligung weiterer Bandstrukturen bzw. Knorpel und Menisci im Vergleich zu den isolierten VKB-Rupturen. In unserer Analyse konnten das weibliche Geschlecht oder der BMI nicht als Risikofaktor identifiziert werden. Auch konnte wieder aufgenommene sportliche Betätigung nach einer VKB-Rekonstruktion nicht als Risikofaktor für eine erneute Verletzung ausgemacht werden, wobei hier nicht nach der Art des Sportes unterschieden wurde. Der RTS-Zeitpunkt (MW: 7 Monate) hatte in unserer Studie keinen relevanten Einfluss auf die Rerupturrate. In der Auswertung des Telefoninterviews fanden sich hohe Korrelationen zwischen den beiden Variablen Schmerzen und Instabilität im Outcome. Das lässt einen direkten Zusammenhang von postoperativ rezidivierendem Instabilitätsgefühl mit chronischen Schmerzen nach VKB-Ersatz vermuten. Einen relevanten Zusammenhang zeigte ebenfalls der Vergleich Rerupturrate im Hinblick auf das erreichte Aktivitätslevel: Studienteilnehmer mit Reruptur gaben im Telefoninterview ein signifikant schlechteres Aktivitätslevel an als solche ohne Reruptur. Der subjektive IKDC-Score erwies sich als hilfreiches Tool zur Kontrolle des Heilungsfortschrittes nach VKB-Plastik, eine verlässliche Prognose bezüglich des Outcomes bzw. Rerupturrisikos konnte der Score allerdings nicht geben.

In der Sportklinik Erfurt hat eine Anpassung des Sporttests bereits im Januar 2021 stattgefunden. Die Testbatterie wurde mit digitaler Unterstützung und Einsatz eines Sensors umgestellt. Aktuell beinhaltet diese neben dem Isokinetiktest acht App-basierte Übungen sowie einen Ausdauerstest ohne Sensor. Möglich wurden diese Neuerungen durch die Entwicklung von kostengünstigerem Equipment in Kombination mit dem Fortschritt der Technik. Das genutzte System benötigt keinen speziell eingerichteten Raum und kein extra Kamerasystem, ist also deutlich preiswerter in der Anschaffung und in der Anwendung unkomplizierter zu handhaben als die bislang notwendige vergleichbare Technik einer Gang- und Videoanalyse. Erwartet werden im Vergleich zur bisherigen Sporttestform eine stärkere Objektivierung sowie wesentliche Erleichterung bei der Auswertung der Ergebnisse. Bereits jetzt wurde der Zeitpunkt des Sporttests von 6 Monaten postoperativ auf 9 Monate postoperativ angepasst. Dies wird den RTS-Zeitpunkt konsequenterweise ebenfalls verzögern.

## 7 Literaturverzeichnis

Abermann E, Hoser C, Benedetto KP, Hepperger C, Fink C (2015) Arthroserentwicklung nach vorderer Kreuzbandruptur. *Arthroskopie* 28: 26–30.

Ajuied A, Wong F, Smith C (2013) Anterior Cruciate Ligament Injury and Radiologic Progression of Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med* 42 (9): 2242-2252.

Anderson MJ, Browning WM, Urband CE, Kluczynski MA, Bisson LJ (2016) A Systematic Summary of Systematic Reviews on the Topic of the Anterior Cruciate Ligament. *Orthop J Sports Med* 4 (3): 2325967116634074.

Ardern CL (2011) Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *Br J Sports Med* 45 (7): 596–606.

Arundale AJH, Bizzini M, Giordano A et al (2018) Exercise-Based Knee and Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 48 (9): A1-A42.

Barber-Westin SD, Noyes FR (2011) Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *J of Arthroscopy* 27: 1697–1705.

Bartels T, Brehme K, Pyschik M, Pollak R, Schaffrath N, Schulze S, Delank KS, Laudner K, Schwesig R (2019) Postural stability and regulation before and after anterior cruciate ligament reconstruction. A two year longitudinal study. *Physical Therapy in Sport* 38: 49-58.

Beinert K, Freiwald J, Kugler A, Meier HP, Pohl T, Roser M, Schweda S (2022) *Sportwissenschaft, 1. Auflage, Prävention*: 331-341.

Briggs K, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey W, Kocher MS, Steadman R (2009) 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* 37 (5): 890-7.

Buchmann S, Musahl V, Imhoff AB, Brucker PU (2008) Allografts for cruciate ligament reconstruction. *Orthopäde* 37: 772–778.

Buchner M, Bauer G, Benedetto KP, Dann K, Ellermann A, Mayr H, Schmitt H (2010) GOTS-Expertenmeeting, Vorderes Kreuzband, Transplantatwahl: 59–66.

Bollen S (2000) Epidemiology of knee injuries: diagnosis and triage. *Br J Sports Med* 34: 227–228.

Bowers AL, Spindler KP, MC Carthy EC, Arrigain S (2005) Height, weight, and BMI predict intra-articular injuries observed during ACL reconstruction. *Clin J sport Med* 15 (1): 9-13.

Chen JL, Allen CR, Stephens TE, Haas AK, Huston LJ, Wright RW (2013) Differences in mechanisms of failure, intraoperative findings, and surgical characteristics between single- and multiple-revision ACL reconstructions: a MARS cohort study. *Am J Sports Med* 41 (7): 1571–1578.

Crawford SN, Waterman BR, Lubowitz JH (2013) Long term Failure of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 29 (9): 1566-71.

Crawford K, Briggs K, Rodkey W, Steadman R (2007) Reliability, Validity, and Responsiveness of the IKDC Score for Meniscus Injuries of the Knee. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* 23: 839-844.

Dandy DJ (1982) Arthroscopic surgery of the knee. *TBr J Hosp MedT* 27: 360, 362, 365.

Decker MJ, Torry MR, Noonan TJ, Sterett WI, Steadman JR (2004) Gait retraining after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Phys Med Rehabil* 85: 848-56.

Dorrel BS, Long T, Shaffer S, Myer GD (2015) Evaluation of the Functional Movement Screen as an Injury Prediction Tool Among Active Adult Populations: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health* 7: 532–537.

Eberhardt C, Jäger A, Schwetlick G, Rauschmann MA (2002) Geschichte der Chirurgie des vorderen Kreuzbandes. *Orthopäde* 31 (8): 702–709.

Ettlinger CF, Johnson RJ, Shealy JE (2015) A method to help reduce the risk of serious knee sprains incurred in alpine skiing. *Am J Sports Med* 23: 531–537.

Feagin J, Curl W (1976) Isolated tear of the anterior cruciate ligament. 5-years follow-up study. *Am J Sports Med* 4: 95–100.

Firth AD et al (2022) Predictors of Graft Failure in Young Active Patients Undergoing Hamstring Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. With or Without a Lateral Extra-articular Tenodesis. *Am J Sports Med* 50: 384–395.

Franz M, Wick HC (2007) Evaluation einer Methode zur Beurteilung der Sporttauglichkeit bei Patienten mit vorderer Kreuzband Ersatzplastik. Diplomarbeit Sportklinik Erfurt.

Frobell RB, Roos EM, Roos HP, Ranstam J, Lohmander LS (2010) A Randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears. *N Engl J Med* 363 (4): 331-42.

Garrick JG, Requa RK (2000) Anterior cruciate ligament injuries in men and women: How common are they? Prevention of noncontact ACL injuries. *J Am Acad Orthop Surg* 8 (3): 141-450.

Gifstad T, Foss OA, Engebretsen L, Lind M, Forssblad M, Albrektsen G (2014) Lower risk with patellar tendon autografts compared with hamstring autografts: a registry study based on 45,998 primary ACL reconstructions in Scandinavia. *Am J Sports Med* 42 (10): 2319–2328.

Grassi A, Ardern CL, Marcheggiani Muccioli GM, Neri MP, Marcacci M, Zaffagnini S (2016) Does revision ACL reconstruction measure up to primary surgery? A meta-analysis comparing patient-reported and clinician-reported outcomes, and radiographic results. *Br J Sports Med* 50 (12): 716–724.

Grassi A, Nitri M, Moulton SG, Marcheggiani Muccioli GM, Bondi A, Romagnoli M (2017) Does the type of graft affect the outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction? A meta-analysis of 32 studies. *Bone Joint J* 99 (6): 714–723.

Grindem H, Arundale AJH, Andern C (2018) Alarming underutilisation of rehabilitation in athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: four ways to change the game. *BJ Sports Med* Sep 52 (18):1162-1163.

Griffith TB, Allen BJ, Levy BA, Stuart MJ, Dahm DL (2013) Outcomes of repeat revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 41(6): 1296-301.

Gokeler A, Welling W, Zaffagnini S, Seil R, Padua D (2017) Development of a test battery to enhance safe return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy* 25 (1): 192–199.

Gokeler A, Zantop T, Jöllenbeck T (2010) GOTS-Expertenmeeting: Vorderes Kreuzband, Epidemiologie: 3–14.

Granan LP (2009) The Scandinavian ACL registries 2004–2007: baseline epidemiology. *Acta Orthop* 80 (5): 563–567.

Herbst E, Hoser C, Hildebrandt C, Raschner C, Hepperger C, Pointner H, Fink C (2015) 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* 23 (5): 1283–1291.

Hewett TE, Di Stasi SL, Myer GD (2013) Current Concepts for Injury Prevention in Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *American Journal of Sports Medicine* 41 (1): 216–224.

Hewett T, Ford K, Hoogenboom B, Myer G (2010) Understanding and preventing ACL injuries: Current biomechanical and epidemiologic considerations. *North American Journal of Sports Physical Therapy* 5: 234–243.

Hewett TE, Ford KR, Myer GD (2006) Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a metaanalysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med* 34: 490–498.

Höher J, Tiling T (2000) Differenzierte Transplantatauswahl in der Kreuzbandchirurgie. *Chirurg* 71: 1045-1054.

Huston LJ, Woitys EM (1996) Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes. *Am J Sports Med* 24: 427–436.

Jöllenbeck T, Freiwald J, Dann K, Gokeler A, Zantop T, Seil R, Miltner O (2010) Prävention von Kreuzbandverletzungen. GOTS-Expertenmeeting: Vorderes Kreuzband: 15–26.

Johnson WR (2015) Patient outcomes and predictors of success after revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 3 (10): 2325967115611660.

Kaeding C, Petroza A, Spindler K (2015) Risk Factors and Predictors of Subsequent ACL Injury in Either Knee After ACL Reconstruction: Prospective Analysis of 2488 Primary ACL Reconstructions from the MOON Cohort. *AJS Volume* 43 (7): 1583-90.

Kalberer L, Meyer S, Gojanovic B (2013) Einsatz eines neuen, multifaktoriellen Return to Competition Score für Athleten nach einer vorderen Kreuzbandruptur. Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie 61 (2): 31–34.

Kohl S (2013) Vordere Kreuzband-OP-Technik: State of the Art und Zukunft. Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie 61 (2): 25–30.

Kohn D, Adam F (2000) Das Knie. Scoring-Systeme, Thieme: Stuttgart.

Krause M, Freudenthaler F, Frosch KH, Achtnich A, Petersen W, Akoto R (2018) Operative versus konservative Therapie der vorderen Kreuzbandruptur. Systematisches Review zum Funktionsgewinn beim Erwachsenen. Dtsch Arztebl Int 115 (51-52): 855-62.

Krüger-Franke M, Buchner M, Rosemeyer B (1997) Mittelfristige Ergebnisse nach operativ versorgter Reruptur des vorderen Kreuzbands. Unfallchirurg 100: 274–279.

Kvist J, Kartus J, Karlsson J, Forssblad M (2014) Results from the Swedish national anterior cruciate ligament register. Arthroscopy 30 (7): 803-810.

Kyritsis P, Bahr R, Landreau P, Miladi R, Witvrouw E (2016) Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. Br J Sports Med 50: 946–951.

Lai CCH, Ardern CL, Feller JA, Webster KE (2017) Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. Br J Sports Med 52 (2): 128-138.

Lind M, Menhert F, Pedersen AB (2012) Incidence and outcome after revision anterior cruciate ligament reconstruction: results from the Danish registry for knee ligament reconstructions. Am J Sports Med 40 (7): 1551–1557.

Lohmander LS, Ostenberg A, Englund M, Roos H (2004) High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. Arthritis Rheum 50: 3145–52.

Luig P, Bloch H, Burkhardt K, Klein C, Kühn N (2018) VBG-Sportreport 2018. Analyse des Unfallgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball und Handball. Hamburg: VBG.

Majewski M, Susanne H, Klaus S (2006) Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year study, *Knee* 13 (3): 184–188.

Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS et al (2005) Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *The American journal of sports medicine* 33 (7): 1003-1010.

Martinek V, Imhoff AB (2002) Revision of failed anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopade* 31 (8): 778-784.

Mayr HO, Weig TG, Plitz W (2004) Arthrofibrosis following ACL reconstruction: reasons and outcomes. *Arch Orthop Trauma Surg* 124: 518–522.

Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, Petersen W, Achtnich A (2018) Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL- injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg* 138: 51-61.

Mohan R, Webster KE, Johnson NR, Stuart MJ, Hewett TE, Krych AJ (2018) Clinical Outcomes in Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-analysis. *Arthroscopy* 34 (1): 289–300.

Monk AP, Davies LJ, Hopewell S, Harris K, Beard DJ, Price AJ (2016) Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries. *Cochrane Database Syst Rev* 4 (4): CD011166.

MOON Knee Group (2018) Ten-Year Outcomes and Risk Factors After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A MOON Longitudinal Prospective Cohort Study. *Am J Sports Med* 46 (4): 815-825.

Müller B, Rupp S, Kohn D (2000) Entnahmestellenproblematik nach vorderer Kreuzbandplastik mit dem mittleren Drittel der Patellarsehne. *Unfallchirurg* 103: 662–667.

Myklebust G, Bahr R, Engebretsen L (2003) Clinical, functional and radiological outcome 6–11 years after ACL injuries in team handball players: a follow-up study. *Am J Sports Med* 31: 981–9.

Nakase J, Tsuchiya H, Kitaoka K (2012) Contralateral anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction: a case controlled study. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol* 10 4 (1): 46.

Osti M, El Attal R, Doskar W, Höck P, Smekal V (2018) High complication rate following dynamic intraligamentary stabilization for primary repair of the anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*: 1-8.

Pässler HH. (2002). *Orthopädische Nachrichten* 08/2002.

Pauzenberger L, Syre S, Schurz M (2013) “Ligamentization” in hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of the literature and a glimpse into the future. *Arthroscopy* 29 (10): 1712–1721.

Persson A, Fjeldsgaard K, Gjertsen JE, Kjellsen AB, Engebretsen L, Hole RM (2014) Increased risk of revision with hamstring tendon grafts compared with patellar tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction: a study of 12,643 patients from the Norwegian Cruciate Ligament Registry, 2004–2012. *Am J Sports Med* 42 (2): 285–291.

Petersen W (2009) *Das vordere Kreuzband*, Dt. Ärzteverlag: Köln.

Petersen W (2005) Anterior Cruciate Ligament Ruptures in Female Athletes. Part 1: Epidemiology, Injury Mechanisms, and Causes. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 6: 150-156.

Petersen W, Bierke S, Häner M (2021) Qualität in der Sportorthopädie und -traumatologie: mehr als nur „return to play“. *Chirurg* 92: 897–903.

Petersen W, Diermeier T, Mehl J, Stöhr A, Ellermann A, Müller P, Höher J, Herbort M, Akoto R, Zantop T, Herbst E, Jung T, Patt T, Stein T, Best R, Stoffels T, Achtnich A (2016) Prävention von Knieverletzungen und VKB-Rupturen. Empfehlungen des DKG Komitees Ligamentverletzungen. *OUP* 10: 542–550.

Petersen W, Forkel P, Achtnich A, Metzloff S, Zantop T (2012) Verletzungen des vorderen Kreuzbandes: Von der Prävention zur Therapie. *OUP* 10: 232-243.

Petersen W, Forkel P, Achtnich A, Metzloff S, Zantop T (2013) Anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament in single bundle technique. *OperOrthop Traumatol* 25: 185–204.

Petersen W, Scheffler S, Mehl J (2018) Der präventive Effekt der Kreuzband-Plastik im Hinblick auf sekundäre Meniskus- und Knorpelschäden. *Sports Orthop Traumatol* 34: 93-104.

Petersen W, Stöhr A, Ellermann A, Achtnich A, Müller PE, Stoffels TH, Patt TH, Höher J, Herbort M, Akoto R, Jung T, Zantop C, Zantop T, Best R (2016) Wiederkehr zum Sport nach VKB-Rekonstruktion Empfehlungen der DKG-Expertengruppe. *OUP* 3: 166–176.

Petersen W, Tillmann B (2002) Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes. *Der Orthopäde* 31 (8): 710-718.

Petersen W, Zantop T (2013) Return to play following ACL reconstruction: survey among experienced arthroscopic surgeons (AGA instructors). *Arch Orthop Trauma Surg* 133: 969–977.

Petersen W, Zantop T, Becker R (2009) Das vordere Kreuzband: Grundlagen und aktuelle Praxis der operativen Therapie. 1. Aufl., Köln, Deutscher Ärzte-Verl. XV: 250 S.

Petersen W, Zantop T, Rosenbaum D, Raschke M (2005) Rupturen des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Teil 2: Präventionsstrategien und Präventionsprogramme. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 6: 157–164.

Pincezweski L (2007) A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled prospective trial. *AJSM* 35: 564–574.

Rahr-Wagner L, Thillemann TM, Pedersen AB, Lind M (2014) Comparison of hamstring tendon and patellar tendon grafts in anterior cruciate ligament reconstruction in a nationwide population-based cohort study: results from the danish registry of knee ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 42 (2): 278–284.

Rauch G, Schoepp C, Herbort M, Krutsch W (2019) Medizinreport. Vordere Kreuzbandverletzungen: Bewährte und neue Therapien. *Dtsch Arztebl* 116 (13).

Salmon L, Russell V, Musgrove T, Pinczewski L, Refshauge K (2005) Incidence and Risk Factors for Graft Rupture and Contralateral Rupture After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J of Arthroscopy* 21 (8): 948–957.

Sanders TL, Pareek A, Hewett TE, Levy BA, Dahm DL, Stuart MJ (2017) Long-term rate of graft failure after ACL reconstruction: a geographic population cohort analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25 (1): 222-228.

Seitz H, Chrysopoulos A, Egkher E, Mousavi M (1994) Long-term results of replacement of the anterior cruciate ligament in comparison with conservative therapy. *Chirurg* 65 (11): 992-998.

Sobau C, Zimmerer A, Schopf W, Ellermann A (2017) Vordere Kreuzbandruptur: wann ist eine konservative Therapie möglich, wann eine Operation notwendig? *OUP* 7/8: 374–379.

Stoffels T, Petersen W, Achtnich A (2020) STOP-X: Prävention von Knieverletzungen. [sportaerztezeitung.com/rubriken/training/3559/stop-x](http://sportaerztezeitung.com/rubriken/training/3559/stop-x).

Stracciolini A, Stein CJ, Zurakowski D, Meehan WP, Myer GD, Micheli LJ (2015) Anterior cruciate ligament injuries in pediatric athletes presenting to sports medicine clinic: a comparison of males and females through growth and development. *Sports Health* 7 (2): 130–136.

Sutton KM, Bullock JM (2013) Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg* 21: 41-50.

Tenfelde O, Höher J (2022) Vorderes Kreuzband: Return to Sport - Testung nach Verletzung des vorderen Kreuzbandes in der orthopädischen Praxis. *Orthopädische-Unfallchirurgische Nachrichten*, 05-06.

Teske W, Anastasiadis A, Lichtinger T, Schulze Pellengahr C, Engelhardt L, Theodoridis T (2010) Ruptur des vorderen Kreuzbands. *Orthopäde* 39 (9): 883–900.

Truong LK, Mosewich AD, Holt CJ et al (2020) Psychological, social and contextual factors across recovery stages following a sport-related knee injury: a scoping review. *British journal of sports medicine* 54(19): 1149-1156.

Valle C, Hirschmüller A, Schmitt-Sody M, Haller B, Keller M, Schoch W, Hoffman H, Minzlaff P (2018) *Sportverl Sportschad* 32: 103–110.

Vavken P, Sadoghi, P, Valderrabano V, Pagenstert G (2012) Nachbehandlungsschema und Return to Sports nach Kreuzbandplastik. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie* 60 (2): 83–87.

VBG-Fachwissen (2015) Return-to-Competition. Testmanual zur Beurteilung der Spielfähigkeit nach Ruptur des vorderen Kreuzbands. Version 1.0/2015-11.

Waldén M, Hägglund M, Magnusson H, Ekstrand J (2016) ACL injuries in men's professional football: a 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. *Br J Sports Med* 50 (12): 744-50.

Webster KE et al (2021) Second ACL Injury Rates in Younger Athletes Who Were Advised to Delay Return to Sport Until 12 Months After ACL Reconstruction. *Orthop J Sports Med* 9 (2): 2325967120985636.

Webster KE, Feller JA, Leigh WB, Richmond AK (2014) Younger Patients Are at Increased Risk for Graft Rupture and Contralateral Injury After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 42 (3): 641-647.

Webster KE, Hewett TE (2019) What is the Evidence for and Validity of Return-to-Sport Testing after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 49 (6): 917–929.

Welling W, Benjaminse A, Lemmink K, Gokeler A (2020) Passing return to sports tests after ACL reconstruction is associated with greater likelihood for return to sport but fail to identify second injury risk. *The Knee* 27: 949–957.

Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, MyerGD (2016) Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med* 44 (7): 2769-76.

Wilke C, Grimm L, Hoffmann B, Froböse I (2018) Functional Testing as Guideline Criteria for Return to Competition after ACL Rupture in Game Sports. *Sportverletz Sportschaden* 32 (03): 171-186.

Wirth J, Bohnsack M, Rühmann O, Lück K (2002) The Influence of Age on the Outcome of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Zeitschrift für Orthopädie* 140 (2): 194-198.

Wirth CJ, Kohn D (1993) Revision surgery after failed anterior cruciate ligament repair. *Orthopäde* 22 (6): 399-404.

Wright RW, Gill CS, Chen L, Brophy RH, Matava MJ, Smith MV, Mall NA (2012) Outcome of Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *J Bone Joint Surg Am* 94 (6): 531-6.

Wright RW, Magnussen R, Dunn WR, Spindler K (2011) Ipsilateral Graft and Contralateral ACL Rupture at Five Years or More Following ACL Reconstruction. *J Bone Joint Surg* 93: 1159–1165.

Xie X, Liu X, Chen Z, Yu, Peng S, Li Q (2015) A meta-analysis of bone-patellar tendon-bone autograft versus fourstrand hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee* 22 (2): 100–110.

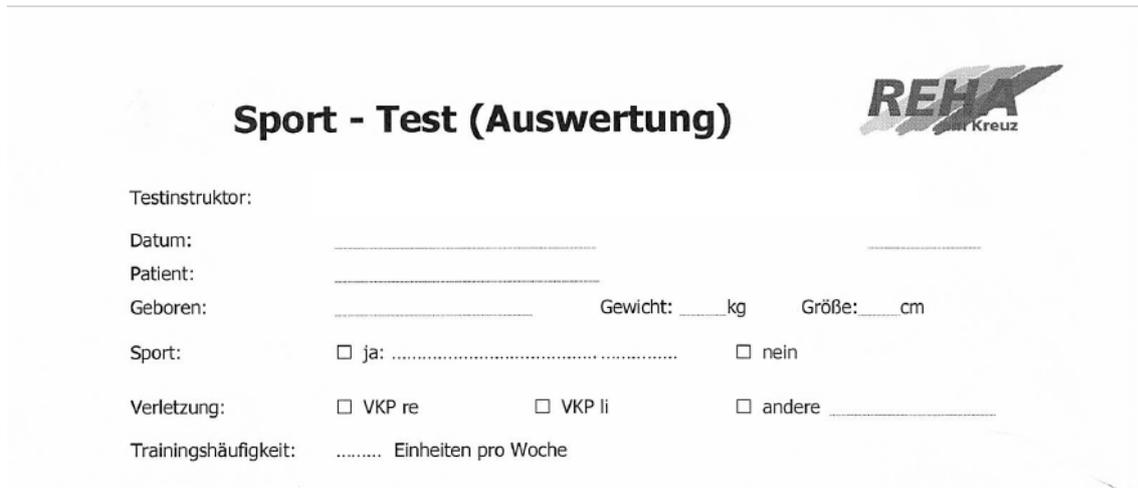
Zantop T, Herbort M, Raschke MJ, Fu FH, Petersen W (2007) The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation. *Am J Sports Med* 35: 223–227.

## 8 Thesen

1. Das Ergebnis des Erfurter Sporttests korreliert mit der Rerupturrate nach operativ versorgter VKB-Ruptur.
2. Es bestehen Zusammenhänge zwischen dem BMI und dem Outcome (gemessen an den Parametern Rerupturrate, postoperative Schmerzen, postoperatives Instabilitätsgefühl, postoperativ erreichtes Aktivitätslevel und Zeitpunkt des Return to sport) nach VKB-Plastik.
3. Es bestehen Zusammenhänge zwischen Patientenalter (hier besonders die Subgruppe „junge Patienten <21 Jahren“) und Outcome (gemessen an den Parametern Rerupturrate und Zeitpunkt des Return to sport) nach VKB-Plastik.
4. Die Schwere der Begleitverletzungen korreliert mit einem ungünstigeren Outcome (gemessen an der Rerupturrate) nach VKB-Plastik.
5. Das erreichte Aktivitätslevel korreliert mit der Rerupturrate nach VKB-Plastik.
6. Es bestehen geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Rerupturrate.
7. Der Zeitpunkt des RTS hängt vom Patientenalter ab.
8. Der Zeitpunkt des RTS hat Einfluss auf die Rerupturrate.
9. Der IKDC-Score kann als prognostische Variable bezüglich Rerupturrate dienen.

## Anhang

### Anlage 1: Sporttest-Auswertungsbogen



**Sport - Test (Auswertung)** 

Testinstruktor: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Patient: \_\_\_\_\_

Geboren: \_\_\_\_\_ Gewicht: \_\_\_\_\_ kg Größe: \_\_\_\_\_ cm

Sport:  ja: .....  nein

Verletzung:  VKP re  VKP li  andere \_\_\_\_\_

Trainingshäufigkeit: ..... Einheiten pro Woche

**Abb. 23:** Sporttest A: Dokumentation/ Patientenfragebogen

Betroffene Seite:

- re  
 li

## Sport - Test (Protokoll)



Name: \_\_\_\_\_

	Flexion 70° erreicht				Rhythmus		Kondition			Landung			Beinachse			Punkte		
	Schmerz	ja	überwiegend	teilweise	nicht	flüssig	stockend	ohne Probleme	zum Ende	Abbruch	keine Hemmung	zaghaftes Landen	kein Vertrauen	stabil	leichte Abweichung	instabil	Soll	Ist
<b>Laufen vw</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5	
Bemerkung: 2:00 min 70° Kniewinkel																		
<b>Laufen rw</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5	
Bemerkung: 2:00 min 70° Kniewinkel																		
<b>Seitsteps</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5	
Bemerkung: 50 x li+re 70° Kniewinkel																		
<b>Zick-Zack-Parc</b>	<input type="checkbox"/>	links:				rechts:				<input type="checkbox"/>		5						
Bemerkung: 1 x li+re Zeitbedarf (sek.)	Differenz >20 % <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein																	
<b>Einbeinsprung</b>	<input type="checkbox"/>	links:				rechts:				<input type="checkbox"/>		5						
Bemerkung: 3 x li+re einbeinig landen	Sprungbein <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> ? Differenz > 20 % <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein																	
<b>Einbeinkniebeuge</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5	
Bemerkung: 3:00 min 70° Kniewinkel Sekundentakt																		
<b>Summe</b>																30		

**Abb. 24:** Sporttest C1: sportmotorischer Komplextest 1

Bewertungsschlüssel:	<input type="checkbox"/>	Sehr gut	29-30 Punkte
	<input type="checkbox"/>	Gut	25-28 Punkte
	<input type="checkbox"/>	Befriedigend	20-24 Punkte
	<input type="checkbox"/>	Ausreichend	16-19 Punkte
	<input type="checkbox"/>	Nicht Ausreichend	0-15 Punkte

Wird eine Einzeldisziplin mit 0 Punkten bewertet, gilt der gesamte Sporttest als nicht bestanden!

**Bewertung:** Gesamtpunktzahl \_\_\_\_\_ von 30 möglichen Punkten

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> schnelle Eingliederung in das sportartspezifische Training | <input type="checkbox"/> für den Leistungssport (> 10-15 h / Wo.) |
| <input type="checkbox"/> langsamer Beginn des sportartspezifischen Trainings        | <input type="checkbox"/> für den Freizeitsport                    |
| <input type="checkbox"/> kein sportartspezifisches Training                         |   |

- |                    |                                 |                                      |                                       |   |              |
|--------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---|--------------|
| Kniewinkel wurden: | <input type="checkbox"/> immer  | <input type="checkbox"/> überwiegend | <input type="checkbox"/> teilweise    | <input type="checkbox"/> nie                                      | eingehalten. |
| Beinachse:         | <input type="checkbox"/> stabil | <input type="checkbox"/> instabil    | <input type="checkbox"/> Abweichungen | ( <input type="checkbox"/> Varus <input type="checkbox"/> Valgus) |              |
| Schmerzen:         | <input type="checkbox"/> immer  | <input type="checkbox"/> manchmal    | <input type="checkbox"/> selten       | <input type="checkbox"/> nie                                      |              |

Empfehlung für die nächsten Wochen:

- |   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> <b>Kräftigung:</b>       | <input type="checkbox"/> Extensoren           | <input type="checkbox"/> Flexoren                      | <input type="checkbox"/> gesamte Beinmuskulatur |
| <input type="checkbox"/> <b>Ausdauertraining:</b> | <input type="checkbox"/> Radfahren            | <input type="checkbox"/> Laufen                        | <input type="checkbox"/> Walken                 |
| <input type="checkbox"/> Stabilisationstraining   | <input type="checkbox"/> Reaktivkrafttraining | <input type="checkbox"/> sportartspezifisches Training |   |

**Abb. 25:** Sporttest C2: sportmotorischer Komplextest 2

## Anlage 2: Subjektiver IKDC-Score der Sportklinik Erfurt



### Patientenfragebogen Kreuzband-Operation

Vollständiger Name: \_\_\_\_\_ Geb. Datum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Heutiges Datum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Unfalldatum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Geschlecht:  m  w

Email: \_\_\_\_\_ Tel. Mobil: \_\_\_\_\_

Dieser Fragebogen dient der Selbsteinschätzung Ihres Kniegelenkes und gibt uns Aufschluss darüber, wie es Ihnen mit Ihrem Knie geht und inwiefern Sie Ihre gewohnten Aktivitäten durchführen können. Beantworten Sie bitte jede Frage, indem Sie die passende Antwort ankreuzen. Wenn Sie sich unsicher sind, kreuzen Sie die bestmögliche Antwort an. Bitte setzen Sie nur 1 Kreuz pro Frage.

1. Welches Aktivitätslevel können Sie ohne erhebliche Schmerzen im Knie ausüben?

- 4  Sehr anstrengende Aktivitäten *Bsp.: Springen, schnelle Richtungswechsel bei einseitiger Fußbelastung (wie Ballsportarten)*
- 3  Anstrengende Aktivitäten *Bsp.: schwere körperliche Arbeiten, Skifahren, Tennis*
- 2  Mäßig anstrengende Aktivitäten *Bsp.: mäßig körperliche Arbeit, Joggen*
- 1  Leichte Aktivitäten *Bsp.: Gehen, Haus- und Gartenarbeit*
- 0  Aufgrund meiner Knieschmerzen kann ich keine dieser Aktivitäten ausführen.

2. Wie oft hatten Sie in den **vergangenen 4 Wochen** Schmerzen?

Nie | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  | Ständig

3. Wie stark waren **diese** Schmerzen?

Keine | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  | Unerträglich

4. Wie unbeweglich oder geschwollen war das betroffene Knie in den **vergangenen 4 Wochen**?

- 4  überhaupt nicht
- 3  etwas
- 2  ziemlich
- 1  sehr
- 0  extrem

5. Welches Aktivitätslevel können Sie ohne erhebliches Anschwellen des Kniegelenkes ausüben?

- 4 Sehr anstrengende Aktivitäten *Bsp.: Springen, schnelle Richtungswechsel bei einseitiger Fußbelastung (wie Ballsportarten)*
- 3 Anstrengende Aktivitäten *Bsp.: schwere körperliche Arbeiten, Skifahren, Tennis*
- 2 Mäßig anstrengende Aktivitäten *Bsp.: mäßig körperliche Arbeit, Joggen*
- 1 Leichte Aktivitäten *Bsp.: Gehen, Haus- und Gartenarbeit*
- 0 Aufgrund des geschwellenen Knies, kann ich keine dieser Aktivitäten ausführen.

6. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen ein blockiertes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?

- JA
- NEIN

7. Welches Aktivitätslevel können Sie ohne nennenswertes Einknicken/ Instabilitätsgefühl ausüben?

- 4 Sehr anstrengende Aktivitäten *Bsp.: Springen, schnelle Richtungswechsel bei einseitiger Fußbelastung (wie Ballsportarten)*
- 3 Anstrengende Aktivitäten *Bsp.: schwere körperliche Arbeiten, Skifahren, Tennis*
- 2 Mäßig anstrengende Aktivitäten *Bsp.: mäßig körperliche Arbeit, Joggen*
- 1 Leichte Aktivitäten *Bsp.: Gehen, Haus- und Gartenarbeit*
- 0 Aufgrund der Knieschwäche, kann ich keine dieser Aktivitäten ausführen.

**Sportliche Betätigung:**

8. Welches Aktivitätslevel können Sie regelmäßig ausüben?

- 4 Sehr anstrengende Aktivitäten *Bsp.: Springen, schnelle Richtungswechsel bei einseitiger Fußbelastung (wie Ballsportarten)*
- 3 Anstrengende Aktivitäten *Bsp.: schwere körperliche Arbeiten, Skifahren, Tennis*
- 2 Mäßig anstrengende Aktivitäten *Bsp.: mäßig körperliche Arbeit, Joggen*
- 1 Leichte Aktivitäten *Bsp.: Gehen, Haus- und Gartenarbeit*
- 0 Aufgrund meiner Kniebeschwerden kann ich keine dieser Aktivitäten ausführen.

9. Wie schwierig sind aufgrund Ihres Kniegelenkes die folgenden Aktivitäten für Sie?

		überhaupt nicht schwierig	minimal schwierig	ziemlich schwierig	extrem schwierig	unmöglich
a.	Treppensteigen	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
b.	Treppe hinunter gehen	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
c.	Auf dem verletzten Knie knien	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
d.	Hockstellung	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
e.	Normal sitzen	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
f.	Vom Stuhl aufstehen	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
g.	Geradeaus laufen	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
h.	Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
i.	Beim Gehen/ Laufen schnell anhalten bzw. starten	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>

**Funktion:**

10. Wie würden Sie die Funktionsfähigkeit Ihres Knies auf einer Skala von 0 bis 10 beurteilen, wobei 10 eine normale und uneingeschränkte Funktionsfähigkeit beschreibt und 0 die Unfähigkeit, irgendeine Ihrer täglichen Aktivitäten auszuführen?

10.1. FUNKTIONSFÄHIGKEIT **VOR** DER KNIEVERLETZUNG:

unmöglich | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  | keine Einschränkungen

10.2. **DERZEITIGE** KNIEGELENKFUNKTION:

unmöglich | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  | keine Einschränkungen

(Der erfragte Zeitraum in Frage 10.2 bezieht sich bei der 1. Befragung auf die Zeit unmittelbar vor der Operation und bei der 2. Befragung auf die vergangenen 4 Wochen)

**Bitte kontrollieren Sie, ob Sie alle Fragen tatsächlich beantwortet haben.  
Vielen Dank für Ihre Zeit!**

## Anlage 3: Patenteninformation



1



Universitätsklinikum  
Halle (Saale)

### Patienteninformation

#### Evaluierung des Erfurter Sporttests nach vorderer Kreuzbandersatzplastik hinsichtlich Rerupturrate und Risikofaktorenanalyse

##### Sehr geehrte Damen und Herren,

Im Rahmen des o.g. Forschungsprojektes führt die Sportklinik Erfurt in Kooperation mit dem Department Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie (DOUW) des Universitätsklinikums Halle/Saale eine Studie durch. In diesem Zusammenhang möchten wir Sie, die Sie eine operative Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes ihres Kniegelenkes erfahren und den Erfurter Sporttest bereits absolviert haben, zur Teilnahme an o.g. wissenschaftlicher Studie einladen.

##### Was ist das Ziel der Studie?

Mit Hilfe dieser Untersuchung soll ermittelt werden, welche Aussagekraft der Erfurter Sporttest hinsichtlich des Risikos eines erneuten Kreuzbandrisses nach vorderer Kreuzbandplastik besitzt. Zudem soll geprüft werden, ob Faktoren wie z. B. Alter und Geschlecht einen Einfluss auf das Ergebnis des Sporttests nach VKB-Plastik haben.

Darüber hinaus dient die Studie dem Ziel, den Erfurter Sporttest weiter zu optimieren (z. B. Tests entfernen oder hinzufügen) und folglich der Qualitätssicherung der operativen Arbeit in der Sportklinik Erfurt. Somit verfolgt die Studie nicht nur wissenschaftliche Zwecke, sondern zielt mittelbar für den Patienten darauf ab, Komplikationsraten zu senken sowie das Ergebnis nach operativer Versorgung zu verbessern.

##### Wie läuft die Studie ab?

Nach der operativen Versorgung ihrer Verletzung (vordere Kreuzbandersatzplastik) wurde mit Ihnen 6 Monate später der Erfurter Sporttest durchgeführt. Um das Ergebnis der Operation sowie die Aussagekraft des Erfurter Sporttests besser beurteilen zu können, möchten wir die Testdaten einer umfangreichen wissenschaftlichen Analyse unterziehen sowie mit Ihnen ca. 1 Jahr nach absolviertem Sporttest ein Telefoninterview durchführen. Dieses dauert ca. 5 min und wird von einem Arzt (Martin Jacobi) der Sportklinik Erfurt durchgeführt.

##### Wie gelange ich zum Untersuchungsort und wer übernimmt die Reisekosten?

Eine Anreise zum Untersuchungsort (Sportklinik Erfurt) ist nicht erforderlich, so dass Ihnen keine zusätzlichen Reisekosten entstehen.

Department für Orthopädie,  
Unfall- und Wiederherstellungs-  
chirurgie

Universitätsklinik und Poliklinik  
für Orthopädie  
Direktor:  
Prof. Dr. Karl-Stefan Delank

Hausanschrift:  
Ernst-Grube-Str. 40  
06120 Halle (Saale)

[orthopaedie@uk-halle.de](mailto:orthopaedie@uk-halle.de)

[www.medicin.uni-halle.de/kor/](http://www.medicin.uni-halle.de/kor/)

Sekretariat des Klinikdirektors:  
Telefon 0345 557-4805  
Telefax 0345 557-4809

Ambulanz:  
Telefon 0345 557-4870  
Telefax 0345 557-4879

Station 1:  
Telefon 0345 557-4810  
Telefax 0345 557-4819

Station 2:  
Telefon 0345 557-4820  
Telefax 0345 557-4829

Station für minimalinvasive  
Chirurgie:  
Telefon 0345 557-4830  
Telefax 0345 557-4839

Station 4 (Klinikum Kröllwitz):  
Telefon 0345 557-5203  
Telefax 0345 557-5202

Tagesstation:  
Telefon 0345 557-4840  
Telefax 0345 557-4774

**Wer kann an der Untersuchung teilnehmen?**

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig und kostenfrei. Voraussetzung für die Studienteilnahme ist die Erfüllung der Einschlusskriterien (vordere Kreuzbandersatzplastik, vorliegender Erfurter Sporttest), Ihre Volljährigkeit sowie Ihre schriftliche Einwilligung.

**Was habe ich für Vorteile, wenn ich an der Studie teilnehme?**

Der unmittelbare Nutzen für Sie liegt in der umfangreichen wissenschaftlichen Auswertung Ihrer Operations- und Testergebnisse. Dadurch erhalten Sie eine Rückmeldung bezüglich des Ist-Zustandes und etwaiger Auffälligkeiten des operierten Kniegelenkes. Diese Informationen geben Ihnen in Verbindung mit dem Telefoninterview wertvolle Hinweise für die Optimierung der aktuellen und weiterführenden Therapie und Empfehlungen hinsichtlich der Rückkehr in den Beruf bzw. zur vormals ausgeübten sportlichen Tätigkeit.

**Welche Risiken ergeben sich durch die Untersuchungen?**

Es werden mit Ihnen keine zusätzlichen Untersuchungen durchgeführt, weshalb sich auch keine zusätzlichen Risiken ergeben. Die einzig zusätzliche Maßnahme ist das Telefoninterview.

**Rechtsgrundlage der Datenverarbeitung**

Die Rechtsgrundlage zur Verarbeitung der Sie betreffenden personenbezogenen Daten bildet Ihre freiwillige schriftliche Einwilligung gemäß Art. 6 Abs. 1 S. 1 lit. A) DS-GVO.

**Erhobene Daten – Dauer der Datenverarbeitung bzw. -speicherung**

Ihre Daten werden für einen Zeitraum von 15 Jahren verarbeitet bzw. gespeichert und danach gelöscht, sofern nicht längere Aufbewahrungsfristen gem. Art. 6 DS-GVO bestehen.

Die von Ihnen erhobenen Daten werden pseudonymisiert. Sie erhalten dazu eine Identifikationsnummer, die in die Prüfbögen (CRF) mit den entsprechenden studienspezifischen Messungen eingetragen wird. Weder ihr Name noch ihr Geburtsdatum werden in den CRF vermerkt. Dabei ergibt sich das Pseudonym aus der internen Studiennummer (Bearbeitungsnummer der Ethik-Kommission), gefolgt von einem fortlaufenden, bei 101 beginnenden Index. Die Schlüsseliste wird vom Studienleiter im Studienordner geführt, und 15 Jahre nach Abschluss der Studie gelöscht. Die Schlüsseliste der Pseudonymisierung wird ausschließlich beim Studienleiter verwahrt. Weitere Personen haben keinen Zugriff darauf.

Sie können Ihre Mitwirkung an der Studie jederzeit, ohne Angabe von Gründen, widerrufen und die Löschung Ihrer Daten verlangen.

**Was ist mit dem Datenschutz?**

Alle Daten werden streng vertraulich behandelt und nur zum angegebenen Forschungszweck verwendet. Alle Studienmitarbeiter werden auf die Datenschutzvorschriften der Datenschutzgesetze verpflichtet und unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht. Die Daten werden nur in pseudonymisierter Form (verschlüsselt) ausgewertet. Es erfolgt keine Weitergabe personenbezogener Daten an Dritte. Eine Nutzung Ihrer Daten für kommerzielle Zwecke ist ausgeschlossen. Die Sicherheit des Datenflusses innerhalb des Untersuchungsortes (Sportklinik Erfurt) und Dateneingabe/-verarbeitung (Sportklinik Erfurt/ DOUW) Ihrer Untersuchungs-

ergebnisse ist durch die Verwendung verschlüsselter Datenträger gewährleistet. Überdies hinaus ist der Zugang zu etwaigen Messresultaten lediglich dem Studienleiter (apl. Prof. Dr. René Schwesig) sowie dem Projektmitarbeiter (Martin Jacobi) passwortgeschützt möglich.

#### **Zwecke der Datenverarbeitung**

Ihre Daten werden zur Durchführung und Auswertung der Studie „*Evaluierung des Erfurter Sporttests nach vorderer Kreuzbandersatzplastik hinsichtlich Rerupturrate und Risikofaktorenanalyse*“ und daher ausschließlich für Zwecke der medizinischen Forschung verwendet. Die Datenerhebung dient einzig dem Zweck der medizinischen Forschung.

Hierbei soll die Qualifizierung der Diagnostik (Erfurter Sporttest nach Kreuzbandersatztherapie) im klinischen und sportlichen Setting im Mittelpunkt der Forschungsbemühungen stehen.

#### **Informationen nach der Datenschutz-Grundverordnung**

- Die Daten werden nach Beendigung der Studie mindestens 15 Jahre aufbewahrt. Anschließend werden die Daten, inklusive der Schlüsselliste, gelöscht.
- Es besteht jederzeit ein Beschwerderecht bei der Datenschutz-Aufsichtsbehörde.
- Als Rechtsgrundlage der Datenverarbeitung gilt Art. 6 Abs. 1S. 1lit. A DS-GVO.

#### **Recht auf Auskunft**

Sie haben das Recht auf Auskunft über die Sie betreffenden personenbezogenen Daten, die im Rahmen der Studie erhoben, verarbeitet oder ggf. an Dritte übermittelt werden, einschließlich der Aushändigung einer kostenfreien Kopie dieser Daten (Art. 15 DS-GVO, § 34 BDSG-neu).

#### **Recht auf Berichtigung**

Sie haben das Recht, Sie betreffende unrichtige personenbezogene Daten berichtigen zu lassen (Art. 16 und 19 DS-GVO).

#### **Recht auf Löschung**

Sie haben das Recht auf Löschung Sie betreffender personenbezogener Daten, z.B., wenn diese Daten für den Zweck, für den sie erhoben wurden, nicht mehr notwendig sind (Art. 17 und 19 DSGVO, § 35 BDSG-neu).

#### **Recht auf Einschränkung der Verarbeitung**

Unter bestimmten Voraussetzungen haben Sie das Recht, eine Einschränkung der Verarbeitung zu verlangen, d.h. die Daten dürfen nur gespeichert, aber nicht verarbeitet werden (Art. 18 und 19 DS-GVO).

**Recht auf Datenübertragbarkeit**

Sie haben das Recht, die Sie betreffenden personenbezogenen Daten, die Sie dem Verantwortlichen für die klinische Studie bereitgestellt haben, zu erhalten. Damit können Sie beantragen, dass diese Daten entweder Ihnen oder, soweit technisch möglich, einer anderen von Ihnen benannten Stelle übermittelt werden (Art. 20 DSGVO).

**Einschränkung dieser Rechte im Forschungskontext**

Gemäß Art. 89 DS-GVO iVm § 27 BDSG (neu) sind die vorgenannten Rechte insofern eingeschränkt, als diese Rechte voraussichtlich die Verwirklichung der Forschungszwecke unmöglich machen oder ernsthaft beeinträchtigen und die Beschränkung für die Erfüllung der Forschungszwecke notwendig ist. Allerdings sind die Daten zu anonymisieren, sobald der Forschungszweck dies zulässt und Ihre berechtigten Interessen dem nicht widersprechen.

**Einwilligung zur Verarbeitung personenbezogener Daten und Recht auf Widerruf dieser Einwilligung**

Die Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten ist nur mit Ihrer Einwilligung rechtmäßig (Art. 6 DSGVO). Die Einwilligung ist freiwillig. Sie haben das Recht, Ihre Einwilligung zur Verarbeitung personenbezogener Daten jederzeit ohne Angabe von Gründen zu widerrufen. Durch den Widerruf der Einwilligung wird jedoch die Rechtmäßigkeit, der aufgrund der Einwilligung bis zum Widerruf erfolgten Verarbeitung nicht berührt. Durch einen Widerruf Ihrer Einwilligung werden Sie keine Nachteile im Zusammenhang mit der medizinischen Behandlung erleiden. Im Falle des Widerrufs müssen die personenbezogenen Daten grundsätzlich gelöscht werden (Art. 7 Absatz 3 DS-GVO).

**Für die Datenverarbeitung Verantwortliche**

apl. Prof. Dr. phil. René Schwesig  
Department für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Ernst-Grube-Str. 40  
06120 Halle (Saale)  
E-Mail: [rene.schwesig@uk-halle.de](mailto:rene.schwesig@uk-halle.de)  
Tel.: 0345/557-1317

Martin Jacobi  
Helios Klinikum Gotha  
Heliosstr. 1  
99867 Gotha  
E-Mail: [martin-jacobi@gmx.net](mailto:martin-jacobi@gmx.net)

**Datenschutzbeauftragter:**

Datenschutzbeauftragte des Universitätsklinikums Halle (Saale)  
Kiefernweg 34  
06120 Halle (Saale)  
Tel.: +49 (345) 557-5755

**Beschwerderecht**

Sie haben unbeschadet der genannten Rechte und der Möglichkeit der Geltendmachung anderer Rechtsbehelfe jederzeit die Möglichkeit, Ihr Recht auf Beschwerde bei einer Aufsichtsbehörde, insbesondere in dem Mitgliedstaat Ihres Aufenthaltsorts, Ihres Arbeitsplatzes oder des Orts des mutmaßlichen Verstoßes geltend zu machen, wenn Sie der Ansicht sind, dass die Verarbeitung der Sie betreffenden personenbezogenen Daten gegen datenschutzrechtliche Vorschriften verstößt (Art. 77 DSGVO).

Die grundsätzlich für den Studienstandort zuständige **Datenschutzaufsichtsbehörde** ist:

Adresse: Landesbeauftragter für den Datenschutz Sachsen-Anhalt  
Leiterstraße 9,  
39104 Magdeburg  
Tel.: 0391-818030  
E-Mail: [poststelle@lfd.sachsen-anhalt.de](mailto:poststelle@lfd.sachsen-anhalt.de)

## Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel:

*„Evaluierung des Erfurter Sporttests nach vorderer Kreuzbandersatzplastik hinsichtlich Rerupturrate und Risikofaktoren.“*

unter der Betreuung von Univ.- Prof. Dr. med. Karl-Stefan Delank und Herrn apl. Prof. Dr. phil. René Schwesig selbst angefertigt habe.

Die Ergebnisse wurden bisher weder im In- noch Ausland in gleicher oder ähnlicher Weise publiziert noch anderen Prüfungsbehörden vorgelegt.

Halle (Saale)/ Erfurt, 05.03.2023

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

## Erklärung über frühere Promotionsversuche

Ich erkläre hiermit, dass ich dato keine andere Promotion verfasst und eingereicht habe.

Halle (Saale)/ Erfurt, 05.03.2023

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

## **Danksagung**

Ausdrücklich möchte ich meiner Familie für die ausdauernde Unterstützung und die Bereitschaft für die reichlichen Entbehrungen danken!

Besonders bedanke ich mich bei Herrn apl. Prof. Dr. phil. René Schwesig, der mich mehr als vier Jahre unermüdlich unterstützte und ganz entscheidend den Entstehungsprozess dieser Dissertation anregte und förderte!

Ebenfalls möchte ich Herrn Dr. med. Lars Irlenbusch, das Team der Sportklinik Erfurt und hierbei insbesondere Frau Susan Worech benennen, ohne deren Hilfe diese Studie nicht möglich gewesen wäre. Für das Überlassen des Themas und die Motivation zum Anfertigen dieser Arbeit danke ich außerdem Herrn Dr. med. Peter Ullmann.

Mein besonderer Dank gilt zudem den Patienten, welche an dieser Studie teilnahmen und den Sporttherapeuten der Reha am Urbicher Kreuz in Erfurt.