

Aus der Abteilung Unfallchirurgie, Plastische und
Wiederherstellungschirurgie

(Prof. Dr. med. K. M. Stürmer)

im Zentrum Chirurgie

der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Operative versus konservative Therapie der vorderen Kreuzbandruptur
im Wachstumsalter – eine Metaanalyse

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades

der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Tobias Brodhun

aus

Magdeburg

Göttingen 2011

Dekan: Prof. Dr. med. C. Frömmel

I. Berichterstatter : Prof. Dr. med. KH. Frosch

II. Berichterstatter/in: Prof. Dr. med. AK. Hell

III. Berichterstatter/in: Prof. Dr. med. M. Oppermann

Tag der mündlichen Prüfung: 14.06.2011

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung	10
1.1 Allgemeines zur Kreuzbandruptur im Wachstumsalter.....	10
1.2 Problemstellung	10
1.3. Zielsetzung.....	11
1.4 Anatomie des Kniegelenks.....	11
1.4.1 Tibiofemoralgelenk	11
1.4.2 Patellofemoralgelenk	12
1.4.3 Bandapparat	12
1.5 Mechanik/Gelenkbewegungen.....	13
1.6 Die vordere Kreuzbandruptur.....	14
1.6.1 Definition.....	14
1.6.2 Epidemiologie	14
1.6.3 Ätiopathogenese	14
1.6.4 Pathobiomechanik	15
1.6.5 Diagnostik und Scores.....	15
1.6.5.1 Klinische Diagnostik	15
1.6.5.2 Lachman-Test.....	15
1.6.5.3 Pivot-Shift-Test.....	16
1.6.5.4 Instrumentelle Stabilitätsmessung.....	17
1.6.5.5 Giving-Way-Phänomen	18
1.6.5.6 Fairbank-Klassifikation	18
1.6.5.7 IKDC-Score	18
1.6.5.8 Lysholm-Score.....	19

1.7 Therapie nach Kreuzbandruptur	21
1.7.1 Konservative Therapie	21
1.7.2 Operative Therapie	21
2. Material und Methoden	22
2.1 Allgemeines zur Meta-Analyse.....	22
2.2 Fragestellung der Studie und Zielsetzung.....	22
2.3 Literaturrecherche	23
2.3.1 Auswahl der Artikel	23
2.3.2 Datenextraktion.....	24
2.4 Statistische Analyse	24
2.4.1 Analyse Konservativ versus Operativ	25
2.4.2 Analyse der vergleichenden Studien.....	25
2.4.3 Analyse der operativen Therapie	25
3. Ergebnisse	27
3.1 Ergebnisse der Literaturrecherche	27
3.2 Ergebnisse Konservativ versus Operativ	29
3.2.1 Lysholm-Score	33
3.2.1.1 Gruppiert nach Behandlungsart	33
3.2.1.2 Einfluss der Nachuntersuchungsdauer	34
3.2.2 Giving-Way-Phänomen - gruppiert nach Behandlungsart.....	36
3.2.3 Sportniveau.....	38
3.2.3.1 Gruppiert nach Behandlungsart	38
3.2.3.2 Einfluss der Nachuntersuchungsdauer.....	39

3.2.3.3 Einfluss des Publikationsjahres.....	41
3.2.4 Lachman-Test.....	43
3.2.4.1 Gruppiert nach Behandlungsart	43
3.2.4.2 Einfluss der Nachuntersuchungsdauer.....	44
3.2.4.3 Einfluss des Publikationsjahres.....	46
3.3 Vergleichende Studien	47
3.4 Operative Therapie	52
3.4.1 Risiken der Operativen Therapie	55
4. Diskussion	56
4.1 Konservative Therapie bei VKB-Ruptur	56
4.2 Konservative Therapie versus operative Therapie.....	56
4.2.1 Lysholm-Score	56
4.2.2 Giving Way	57
4.2.3 Sportniveau.....	58
4.2.4 Lachman-Test.....	59
4.3 VKB-Rekonstruktion.....	60
4.3.1 Achsenabweichungen und Beinlängendifferenzen.....	60
4.3.1.1 Genu recurvatum.....	61
4.3.1.2 Beinlängenunterschiede	61
4.3.1.3 Genu valgum	62
4.5 Grenzen der Studie.....	62
5. Zusammenfassung.....	64

Abbildungsverzeichnis

Seite

Abbildung 1 : Blick von kranial auf das Kniegelenk.....	12
Abbildung 2 : Blick von dorsal auf das Kniegelenk.....	13
Abbildung 3a, b u. c : Pathogenese der VKB-Ruptur	14
Abbildung 4 : Lachman-Test.....	16
Abbildung 5 : Pivot-Shift-Test	17
Abbildung 6: Flowchart zur Studienauswahl	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht: konservative Studien und Studien, in denen nur ein Teil der Patienten konservativ behandelt wurden.....	31
Tabelle 2: Überblick über die zur vergleichenden Analyse verwendeten Studien.....	32
Tabelle 3: Anzahl der Kniegelenke, die anhand des Lysholm-Scores evaluiert wurden	33
Tabelle 4: Mittlerer Lysholm-Score der konservativ und operativ behandelten Patienten...	33
Tabelle 5: Mittlerer Lysholm-Score - Signifikanztest	34
Tabelle 6: Anzahl der Kniegelenke, die auf das Giving-Way-Phänomen hin untersucht wurden.....	36
Tabelle 7: Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Giving-Way Phänomens.....	36
Tabelle 8: Giving-Way-Phänomen - Signifikanztest	37
Tabelle 9: Anzahl der Kniegelenke, bei denen das Sportniveau evaluiert wurde	38
Tabelle 10: Wahrscheinlichkeit der Wiedererlangung der Sportniveaus	38
Tabelle 11: Wahrscheinlichkeit der Wiedererlangung des Sportniveaus - Signifikanztest....	39
Tabelle 12: Anzahl der Kniegelenke, die anhand des Lachman-Test evaluiert wurden.....	43
Tabelle 13: Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einen positiven Lachman-Test Grad 2 oder 3.....	43
Tabelle 14: Lachman-Test - Signifikanztest	43
Tabelle 15: Studie Aichroth et al. (2002) im tabellarischen Überblick.....	48
Tabelle 16: Studie Arbes et al. (2007) im tabellarischen Überblick	49
Tabelle 17: Studie Janarv et al. (1996) im tabellarischen Überblick.....	49
Tabelle 18: Studie McCarroll et al. (1988) im tabellarischen Überblick	50
Tabelle 19: Studie Moksnes et al. (2008) im tabellarischen Überblick	51
Tabelle 20: Übersicht operative Studien	53

Diagrammverzeichnis

Seite

Diagramm 1: Mittlerer Lysholm-Score gruppiert nach Behandlungsart	34
Diagramm 2 : Abhängigkeit des Lysholm-Score von der mittleren FU bei OP.....	35
Diagramm 3 : Abhängigkeit des Lysholm-Score von der mittleren FU bei KO.....	35
Diagramm 4 : Auftreten des Giving-Way-Phänomens gruppiert nach Behandlungsart	37
Diagramm 5 : Wiedererlangung des ursprünglichen Sportniveaus gruppiert nach Behandlungsart	39
Diagramm 6 : Einfluss der mittleren Nachuntersuchungsdauer auf die Wahrscheinlichkeit, das ursprüngliche Sportniveau wiederzuerlangen nach operativer Behandlung	40
Diagramm 7 : Einfluss der mittleren Nachuntersuchungsdauer auf die Wahrscheinlichkeit, das ursprüngliche Sportniveau wiederzuerlangen nach konservativer Behandlung	41
Diagramm 8 : Einfluss des Publikationsjahres auf die Wahrscheinlichkeit, das ursprüngliche Sportniveau nach operativer Therapie wiederzuerlangen	42
Diagramm 9 : Einfluss des Publikationsjahres auf die Wahrscheinlichkeit, das ursprüngliche Sportniveau nach konservativer Therapie wiederzuerlangen..	42
Diagramm 10 : Auftreten eines positiven Lachman-Tests gruppiert nach Behandlungsart....	44
Diagramm 11 : Einfluss der mittleren Nachuntersuchungsdauer auf das Auftreten eines positiven Lachman-Tests Grad 2 oder 3 nach operativer Behandlung	45
Diagramm 12 : Einfluss der mittleren Nachuntersuchungsdauer auf das Auftreten eines positiven Lachman-Tests Grad 2 oder 3 nach konservativer Behandlung	45
Diagramm 13 : Einfluss des Publikationsjahres auf das Auftreten eines positiven Lachman-Tests Grad 2 oder 3 nach operativer Behandlung.....	46
Diagramm 14 : Einfluss des Publikationsjahres auf das Auftreten eines positiven Lachman-Tests Grad 2 oder 3 nach konservativer Behandlung	47

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Acl	anterior cruciate ligament
BTB	Bone-Tendon-Bone
bzw.	beziehungsweise
CI	Konfidenzintervall
Diagr.	Diagramm
FG	Freiheitsgrade
F-Quot.	F-Quotient
FU	Follow-up-Zeitraum in Monaten
KO	konservative Behandlung
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
Mittelw.	Mittelwert
OP	operative Behandlung
p	Wahrscheinlichkeit
Stdabw.	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
u.	und
VKB	vorderes Kreuzband

1. Einleitung

1.1 Allgemeines zur vorderen Kreuzbandruptur im Wachstumsalter

Risse des vorderen Kreuzbandes (VKB) bei Kindern und Jugendlichen wurden vor 14 Jahren noch als sehr selten angesehen (Benedetto et al. 1996). Die Inzidenz wurde von Seil und Robert im Jahr 2005 auf 0,1/100.000 Einwohner geschätzt. In den vergangenen Jahren ist die Anzahl der diagnostizierten VKB-Rupturen immer weiter angestiegen. Als Gründe hierfür werden zum einen die verbesserten diagnostischen Möglichkeiten (MRT, CT) angesehen, aber auch die Tatsache, dass immer mehr Kinder und Jugendliche Leistungssport betreiben und dort Höchstleistungen anstreben (Casper 2006). Des Weiteren begünstigt auch die Zunahme risikoreicher Trend- und Kontaktsportarten die zunehmende Inzidenz von vorderen Kreuzbandrissen im Adoleszentenalter.* Zu Beginn der 90er Jahre galt die konservative Behandlung, aus Sorge um die noch nicht geschlossenen Wachstumsfugen, deren Verletzung und den daraus folgenden, möglichen Wachstumsstörungen, als die favorisierte Behandlungsmethode. Diese Ansicht änderte sich im Laufe der Zeit, welche die Hoffnung auf bessere Ergebnisse in der Behandlung von VKB-Rupturen einiger Autoren erfüllen sollte: "We hope that further studies will identify a safe and effective alternative to nonoperative treatment of ACL tears in skeletally immature individuals." (Graf et al. 1992, S.233).

1.2 Problemstellung

Traditionell wurde von der VKB-Rekonstruktion bei Patienten mit offenen Wachstumsfugen abgeraten, aufgrund der Gefahr einer Schädigung der Wachstumsfuge und des damit verbundenen Risikos eines frühzeitigen Verschlusses (Mohtadi und Grant 2006). Auch heute ist noch nicht vollständig geklärt, wie Komplikationen vermieden werden können und wie man die besten klinischen Ergebnisse bei Patienten mit offenen Wachstumsfugen erreichen kann. Mohtadi und Grant befanden 2006 die derzeitige Evidenz als ungenügend und haben sich für weitere prospektive Studien ausgesprochen.

*Autoren im Literaturverzeichnis nach rechts eingerückt

1.3 Zielsetzung

Das Ziel dieser Metaanalyse war es, eine übersichtliche und richtungsweisende Gegenüberstellung konservativer und operativer Behandlungsmethoden der Ruptur des vorderen Kreuzbandes bei Kindern mit offenen Wachstumsfugen anhand einer Analyse von klinischen Ergebnissen und Komplikationen (z.B. Instabilitäten der Kniegelenke, Wachstumsstörungen oder spätere Transplantatinsuffizienz) zu präsentieren. Weiterhin sollte ein kurzer Vergleich der operativen Therapiemöglichkeiten - Naht versus Transplantatrekonstruktion - erfolgen.

Insgesamt soll diese Dissertation die derzeit vorhandene Evidenz zur Behandlung von VKB-Rupturen bei Kindern und Jugendlichen mittels OP oder konservativer Behandlung darlegen und den Erfolg/Misserfolg der beiden Verfahren ermitteln und bewerten.

1.4 Anatomie des Kniegelenks

Das Kniegelenk ist das größte, aber auch das verletzungsempfindlichste Gelenk bei jungen Menschen (Parkkari et al. 2008). Es wird bei gemeinsamer Gelenkkapsel in zwei Teile untergliedert. Zum einen das Tibiafemoralgelenk, wobei hier das Femur mit der Tibia artikuliert und das Kniegelenk im engeren Sinne bildet und zum anderen das Patellofemoralgelenk. Dort fungiert die in der Quadricepssehne eingebettete Patella als Hypomochlion und ist mit ihrer Form dem Gleitlager des Femurs angeglichen (Grifka und Dullien 2009).

1.4.1 Tibiofemoralgelenk

Zwischen den Gelenkflächen befinden sich der Meniscus lateralis und der Meniscus medialis. Sie bestehen aus Faserknorpel und vergrößern durch ihre Halbmondform die Gelenkfläche zwischen den gekrümmten Femurkondylen und dem Tibiakopf. Die beiden Menisci sind untereinander mit dem Lig. transversum genus verbunden. Unter Normalbelastung fangen sie 30-35% der Druckbelastung im Knie auf. Da der innere Meniscus mit dem medialen Seitenband verwachsen ist, treten dort häufiger Verletzungen auf als beim lateralen Meniscus.

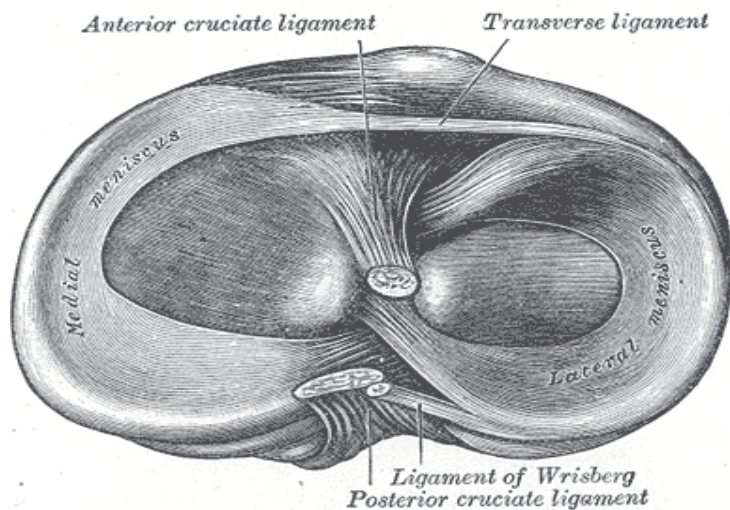


Abbildung 1 : Blick von kranial auf das Kniegelenk*

*Quelle: upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a8/Gray349.png

1.4.2 Patellofemoralgelenk

Die Patella ist das größte Sesambein des menschlichen Körpers. Bei gestrecktem Knie liegt die Patella auf dem Recessus suprapatellaris und lässt sich verschieben.

1.4.3 Bandapparat

Beim Bandapparat kann man zwischen intraartikulären und extraartikulären Bändern unterscheiden.

Zu den intraartikulären zählen das Lig. cruciatum anterius und das Lig. cruciatum posterius. Sie verhindern das Abgleiten der Oberschenkelkondylen von den flachen Gelenkpfannen des Tibiakopfes.

Zu den extraartikulären Bändern zählen das Lig. collaterale laterale und das Lig. collaterale mediale, die außerhalb der Gelenkkapsel liegen, wobei aber das Lig. collaterale mediale mit der Gelenkkapsel verwachsen ist. Sie verhindern eine Ab- und Adduktion des Beines.

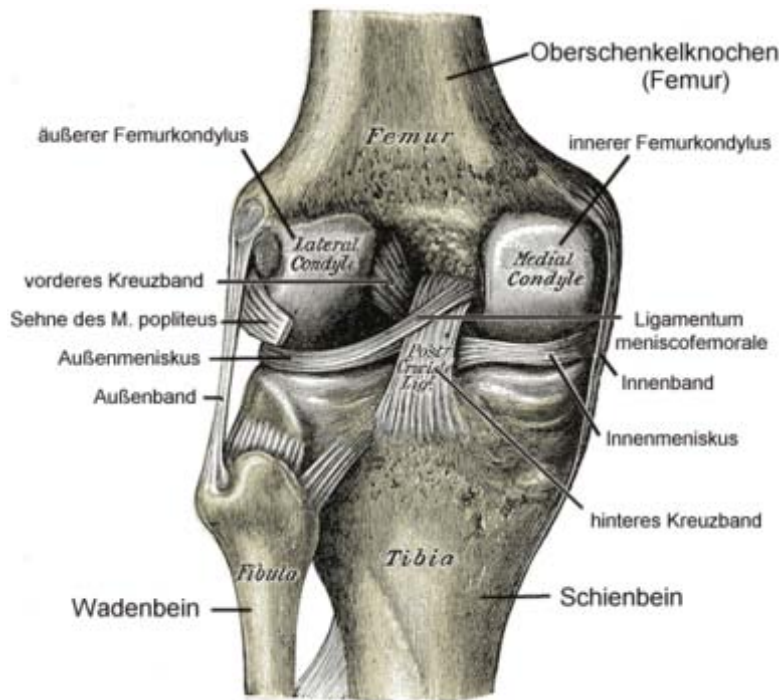


Abbildung 2 : Blick von dorsal auf das Kniegelenk*

*Quelle: upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/50/Gray348-de.png/385px-Gray348-de.png

1.5 Mechanik/Gelenkbewegungen

Zum Bewegungsausmaß des Kniegelenks gehören die Beugung, die Streckung sowie die Innen- und Außenrotation. Die Rotation ist aber nur in Beugstellung möglich (Schiebler 2005).

Die Bewegungen im Art. genus verlaufen aufgrund der sich verschiebenden Menisci und der Roll-Gleit-Bewegungen um keine starren Achsen. Auf dem Tibiaplateau legen die Femurkondylen sowohl lateral als auch medial den Großteil ihrer Kontaktstrecke nach dorsal bereits in der Flexion bis etwa 25° zurück (Frosch et al. 2009). Kinematisch bedeutet dies ein Abrollen der Gelenkflächen in diesem Bereich. Bei zunehmender Flexion und Kontaktpunktwanderung gleitet das Tibiaplateau schließlich nur um die Femurkondylen herum, sodass die beiden Gelenkkontakte auf dem Tibiaplateau weitestgehend ortsfest bleiben (Frosch et al. 2009).

Wenn das Knie rechtwinklig gebeugt ist, ergeben sich die Möglichkeiten eine Innenrotation von 10° sowie eine Außenrotation von bis zu 30° auszuführen (Schiebler 2005). Die Innenrotation wird durch die Kreuzbänder, die Außenrotation durch die Kollateralbänder begrenzt (Schiebler 2005).

1.6 Die vordere Kreuzbandruptur

1.6.1 Definition

Ein vorderer Kreuzbandriss ist die vollständige Ruptur des Bandes nach Überschreiten der Überdehnungsreserve. Liegt die Ruptur länger als 3 Monate zurück, wird sie als chronisch bezeichnet (Strobel und Weiler 2005).

1.6.2 Epidemiologie

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist die häufigste Bandverletzung des Kniegelenks. Untersuchungen gehen, entsprechend den umgesetzten Implantaten von 0,5 bis 1 VKB-Ruptur bzw. Rekonstruktion pro 1000 Einwohner pro Jahr in hoch industrialisierten Ländern (USA, Mitteleuropa) aus (Strobel und Weiler 2005). Das Verhältnis von Verletzungen des vorderen zum hinteren Kreuzband beträgt etwa 10:1 (Strobel und Weiler 2005).

1.6.3 Ätiopathogenese

Besonders häufig kommt es vor, dass bei Kontaktsportarten, zum Beispiel beim Fußball oder auch bei Skiunfällen, Beuge-/Drehbewegungen zu einem ungünstigen Hebelmechanismus führen, der von der Muskulatur nicht gehalten werden kann und dadurch das vordere Kreuzband reißt.* (*Autoren im Literaturverzeichnis nach rechts eingerückt)

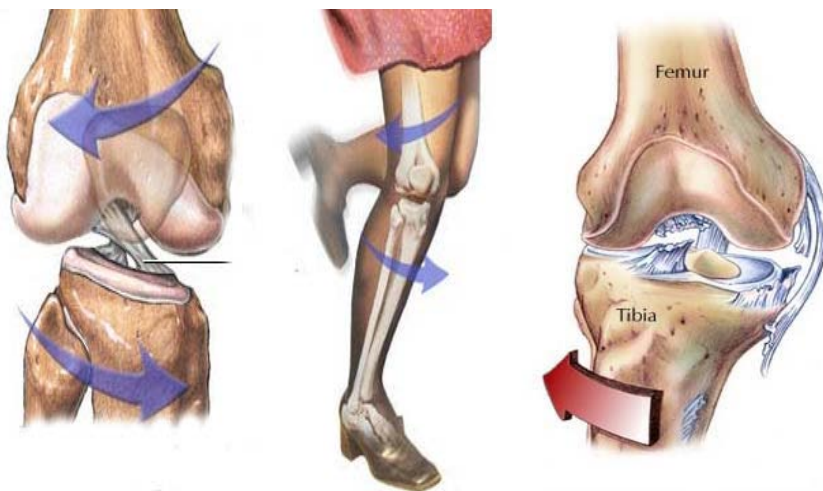


Abbildung 3 a, b u. c : Pathogenese der VKB-Ruptur**

**Quelle: www.orthozentrum.ch/Huefte-und-Knie/Kreuzbandriss.aspx (mit freundlicher Genehmigung durch www.orthozentrum.ch)

Als typisch wird das Valgusrotationstrauma angesehen (s. Abb. 3.c), bei dem oft ein schneller Richtungswechsel (Cutting-Mechanismus) von den Patienten als Ursache angegeben wurde.

1.6.4 Pathobiomechanik

Nach einer VKB-Ruptur kommt es gehäuft zu einem Verschieben der Tibia nach anterior in Relation zum Femurkondylus. Dies führt dann zu einer unphysiologischen Belastung des Knorpels, teilweise der peripheren Bandstrukturen und auch der Menisken, wobei hier insbesondere die Hinterhornbereiche betroffen sind. Die erste klinische Manifestation einer chronischen VKB-Instabilität ist nicht selten die Korbhenkelläsion des Innenmeniskus (Strobel und Weiler 2005).

Bei persistierender Instabilität kann im Laufe der Zeit der Gelenkknorpel insbesondere posteromedial zunehmend geschädigt werden (Strobel und Weiler 2005).

Auch bei den peripheren Bandstrukturen kommt es nicht selten zu Insuffizienzen, da sie als sekundäre Stabilisatoren der anterioren Subluxation entgegen wirken und durch das fehlende vordere Kreuzband überlastet werden.

Bis heute sind noch keine Methoden bekannt, die voraus sagen können, bei welchem Patienten und mit welchem Ausmaß es zu diesen Beschwerden und degenerativen Veränderungen kommt.

1.6.5 Diagnostik und Scores

1.6.5.1 Klinische Diagnostik

Bei Läsionen des VKB dient vorwiegend der Lachman-Test als erstes Mittel zur Diagnosestellung. Zur Prüfung der Rotationsstabilität wird der Pivot-Shift-Test verwendet. Beim Vorliegen eines ausgeprägten Pivot-Shift-Phänomens ist mit einer höheren Inzidenz von sekundären Knorpel- und Meniskusschäden zu rechnen. (Strobel und Weiler 2005)

1.6.5.2 Lachman-Test

Der Lachman-Test ist der wichtigste Test bei der klinischen Untersuchung und eignet sich hervorragend als Screening-Test (Strobel und Weiler 2005).

Hierbei fixiert der Arzt mit einer Hand den Oberschenkel des Patienten und mit der anderen löst er, bei leicht gebeugtem Kniegelenk die vordere Schublade in dem Kniegelenk aus (anteriorer Tibiavorschub) (Abb. 4). Von großer Bedeutung ist im Folgenden die Anschlagcharakteristik am Ende der anterioren Tibiatranslation. Findet sich ein weicher Anschlag, kann man mit sehr großer Wahrscheinlichkeit von einer vollständigen VKB-Ruptur ausgehen.

Bei einem festen Anschlag kann man noch Restfasern des VKB als vorhanden annehmen. Anhand des Ergebnisses des Tests kann man ihn in 3 Grade einteilen:

- Grad 1 Zerrung, maximal geringgradig vermehrte ventrale Translation
- Grad 2 Teilruptur, deutlich vermehrte ventrale Translation mit jedoch hartem Anschlag
- Grad 3 vollständige Ruptur, weicher Anschlag.



Abbildung 4 : Lachman-Test

1.6.5.3 Pivot-Shift-Test

Beim Pivot-Shift-Test drückt der Untersucher den Unterschenkel mit der einen Hand beim liegenden Patienten in Richtung Knie und führt gleichzeitig eine Innenrotation aus. Mit der anderen Hand beugt er das Knie und setzt es unter Valgusstress (Abb. 5).

Auch beim Pivot-Shift-Test kann man eine Graduierung anhand des Ergebnisses vornehmen:

- Grad 1 Zerrung, die anteriore Translation des lateralen Plateaus tritt nur bei maximaler medialer Rotation auf
- Grad 2 Teilruptur, die anteriore Translation tritt bei medialer und neutraler Rotation auf
- Grad 3 vollständige Ruptur, maximale anteriore Laxität bei neutraler und lateraler Rotation.



Abbildung 5 : Pivot-Shift-Test

1.6.5.4 Instrumentelle Stabilitätsmessung

Mit dem KT-1000 oder KT-2000 Kniearthrometer kann man das Ausmaß der Tibiatranslation relativ zum Femur quantifizieren. Es dient auch der Verlaufsbeobachtung (Strobel und Weiler 2005).

1.6.5.5 Giving-Way-Phänomen

Beim Giving-Way-Phänomen handelt es sich um ein Wegknicken bzw. Nachgeben beim Laufen und Gehen. Es tritt häufig beim Treppen-Steigen und Verdrehen auf.

Eine Reizung im Gelenkinnenraum, beispielsweise im Rahmen einer Instabilität nach Kreuzbandverletzung, führt zu einer Beuge- und Strecktonusspannung und zu einer Streckhemmung (Streek et al. 2007).

1.6.5.6 Fairbank-Klassifikation

Bei der Fairbank-Klassifikation handelt es sich um eine Einteilung bei Kniegelenksveränderungen nach Menishektomie (Fairbank 1948). Die Einteilung erfolgt in 3 Grade:

- Grad 1 Kamm-Bildung vom Rand der Femurkondylen ausgehend
- Grad 2 Abflachung der Femurkondylen
- Grad 3 Verkleinerung des Gelenkspalts.

1.6.5.7 IKDC-Score

Der Score errechnet sich aus einem Evaluationsblatt amerikanischer und europäischer Orthopäden zur Beurteilung des Knies. Damit soll eine international einheitliche und vergleichbare Dokumentation erreicht werden. Es werden aus sieben verschiedenen Bereichen Untersuchungsergebnisse erfasst:

- Liegt ein Erguss vor
- Passives Bewegungsdefizit
- Stabilitätsprüfung
- Kompartimentbefunde
- Transplantatentnahmemorbidität
- Röntgenbefund
- Funktionstest.

Dabei können vier Grade erreicht werden, bei deren Auswertung man den Wert A-D erreichen kann. Beim Auswerten dieser Ergebnisse ergeben sich folgende vier Aussagen über die Kniefunktion:

- A = normale Kniefunktion
- B = fast normale Kniefunktion
- C = abnormale Kniefunktion
- D = deutlich abnormale Kniefunktion.

1.6.5.8 Lysholm-Score

Der Lysholm-Score ist ein gut validierter Score, der für Verletzungen der Bänder im Knie entwickelt wurde (Lysholm und Gillquist 1982). Der Score setzt sich wie folgt zusammen:

Hinken	nein	5
	wenig oder zeitweise	3
	stark oder immer	1
Belastung	Vollbelastung	5
	Gehstützen oder Stock	3
	Belastung nicht möglich	0
Blockierung	keine Blockierung und kein Gefühl der Einklemmung	15
	Gefühl der Einklemmung, aber keine Blockierung	10
	gelegentliche Blockierung	6
	häufige Blockierung	2
	blockiertes Gelenk bei Untersuchung	0
Instabilität	Niemals "giving way"-Phänomen	25
	"giving way" selten während des Sports	20
	"giving way" häufig während des Sports	15
	"giving way" gelegentlich während Tätigkeiten des Alltags	10
	"giving way" oft während Tätigkeiten des Alltags	5
	"giving way" bei jedem Schritt	0
Schmerzen	keine	25
	unregelmäßig und gering während schwerer Anstrengung	20
	deutlich/ausgeprägt während schwerer Anstrengung	15
	deutlich während oder nach dem Gehen von mehr als 2 km	10
	deutlich während oder nach dem Gehen von weniger als 2 km	5
	ständig	0
Schwellung	keine	10
	bei schwerer Anstrengung	6
	bei gewöhnlicher Anstrengung	2
	ständig	0
Treppensteigen	kein Problem	10
	ein wenig beeinträchtigt	6
	Schritt für Schritt	2
	nicht möglich	0
Hocken	kein Problem	5
	wenig beeinträchtigt	4
	nicht über 90°	2
	nicht möglich	0

1.7. Therapie nach Kreuzbandruptur

1.7.1 Konservative Therapie

Das Ziel der konservativen Therapie liegt darin, die verlorene Stabilität, durch die Ruptur des vorderen Kreuzbandes, anhand des Aufbaus von Muskeln zu kompensieren. Daher sollte sowohl die ischiokrurale Muskulatur als auch der M. quadriceps trainiert und gestärkt werden. In Ausnahmefällen kann das VKB auch in einer günstigen Position vernarben, sodass das Knie stabil sein kann. Eine symptomatische VKB-Insuffizienz versorgt man, abgesehen von einer Operation, mittels einer funktionellen VKB-Orthese (Strobel und Weiler 2005). Kontaktsportarten sind zu vermeiden. Das Betreiben leichter Sportarten wie Radfahren und Schwimmen aber ist sinnvoll.

1.7.2 Operative Therapie

Das Ziel der operativen Therapie ist es die Stabilität des Kniegelenks wiederherzustellen. Zur VKB-Rekonstruktion werden zum größten Teil körpereigene Transplantate verwendet. Auch die Verwendung von körperfremden Transplantaten ist möglich, wird aber recht selten angewendet (Fuchs et al. 2002, Vaquero et al. 2005).

Die beiden am häufigsten verwendeten Transplantate sind zum einen die Hamstringsehnen (Semitendinosus ggf. in Kombination mit der Gracilissehne) und zum anderen das mittlere Drittel der Patellarsehne (Strobel und Weiler 2005).

Da das Patellarsehnentransplantat an den Enden Knochenblöcke (aus Tuberositas tibiae und Patella) aufweist, wird dieses als BTB-Transplantat (Bone-Tendon-Bone) bezeichnet. Wobei hier anstelle eines zweiten Knochenblocks auch ein tibialer Periostschlauch verwendet werden kann (Seil und Robert 2005).

Hinzu kommen noch die äußerst selten verwendeten Transplantate aus dem zentralen Anteil der Quadricepssehne oder eines Tractus-iliotibialis-Streifens (Fascia lata). Die häufig gebräulichen BTB- und Hamstringsehnen-Transplantate haben heutzutage sogar eine mindestens gleichwertige oder höhere Reißfestigkeit als das native Kreuzband (Strobel und Weiler 2005).

2. Material und Methoden

2.1 Allgemeines zur Meta-Analyse

Meta-Analysen haben den Anspruch – unter Anwendung vorher definierter Ein- und Ausschlusskriterien –, nach Möglichkeit alle publizierten Studien zu einem bestimmten Thema zu berücksichtigen (Ressing et al. 2009). Aus den Publikationen sollen alle für die Analyse relevanten Informationen systematisch extrahiert werden. Dabei zu beachten ist eine Beurteilung der methodischen Qualität der gefundenen und bearbeiteten Veröffentlichungen und eine Untersuchung der Gründe für eventuelle Unterschiede in den Ergebnissen der einzelnen Studien. Die Resultate jeder Studie werden ausführlich dargestellt und jeder Studie sollte ein Evidenzlevel zugeordnet werden. Danach werden die Ergebnisse mittels statistischer Methoden quantitativ zusammengefasst.

2.2 Studienfragen

Im Rahmen dieser Metaanalyse wurden folgende Schlüsselfragen formuliert:

- 1) Operative versus konservative Therapie: Welche Methode erzielt die besseren Ergebnisse bei Patienten mit offenen Wachstumsfugen und VKB-Ruptur?
 - a) Wie wahrscheinlich sind Komplikationen und gute Funktionsresultate nach konservativer Behandlung?
 - b) Beeinflussen Variablen wie das Publikationsjahr der Studien oder die Dauer der Folgeuntersuchungen die Resultate?
 - c) Wie wahrscheinlich sind Komplikationen und gute Funktionsresultate nach operativer Behandlung der VKB-Rupturen bei Patienten mit offenen Wachstumsfugen?
 - d) Hat die Transplantatrekonstruktion ein besseres Outcome als die Naht des vorderen Kreuzbandes?

2.3 Literaturrecherche

Eine der großen medizinische Datenbanken ist MEDLINE (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online). Der Datenbestand umfasst mehr als 18 Millionen Artikel aus ungefähr 5000 Zeitschriften von 1950 bis heute. Mehr als 70 % der aufgeführten Publikationen verfügen über inhaltliche Zusammenfassungen (abstracts) und erleichtern das Ziel, eine überschaubare Anzahl an relevanten Artikeln zu finden.

Außer „MEDLINE“ wurden die Datenbanken „the Cochrane Controlled Trial Register“, „EMBASE“ und „MedPilot“ nach allen Veröffentlichungen von klinischen Beobachtungen über konservative und chirurgische Behandlung von VKB-Rupturen bei Kindern und Jugendlichen von Januar 1980 – März 2009 durchsucht.

Folgende Suchsyntax fand Verwendung: (("acl" OR ("anterior cruciate ligament"[mesh])) OR "reconstruction") AND (((("child*" OR "pediatric" OR ("open growth plates"[mesh])) OR ("growth age"[mesh])) OR ("open physes"[mesh])) OR "young") OR "immature"). Außerdem wurden die Literaturnachweise der gefundenen Artikel nach weiteren relevanten Artikeln durchsucht, die bei der elektronischen Datensuche nicht gefunden wurden.

Alle ausgewählten Artikel wurden anschließend via Fernleihe in der Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen (SUB) bestellt oder in der elektronischen Zeitschriftenbibliothek als Volltexte abgerufen.

2.3.1 Auswahl der Artikel

Berücksichtigung fanden alle Artikel, in denen Patienten mit offenen Wachstumsfugen und VKB-Ruptur behandelt wurden. Sowohl konservativ als auch operativ.

Folgende Einschlusskriterien wurden festgelegt:

- es mußten klinische Ergebnisse vorliegen, die anhand von Folgeuntersuchungen der Patienten evaluiert wurden
- diese Ergebnisse mussten durch allgemeingültige Methoden wie z. B. den Lysholm-Score oder die IKDC-Kriterien als auch durch objektive Bewertungen der Patienten dargestellt werden. (Risberg et al. 1999, Sgaglione et al. 1995)
- Informationen über Komplikationen wie Beinlängendifferenzen oder Achsenabweichungen

- Ersatz vormals eingesetzter Transplantate
- Re-Rupturen.

Folgende Ausschlusskriterien galten für die Wahl der Studien:

- knöcherner VKB-Ausriss
- HKB-Rupturen
- Patienten mit geschlossenen Wachstumsfugen zum Behandlungszeitpunkt
- Tierexperimente
- Expertenmeinungen
- Reviews
- Einzelfalluntersuchungen (Case Reports)

2.3.2 Datenextraktion

Die Daten wurden extrahiert und anschließend in eine elektronische Datenbank übertragen. Folgende Angaben wurden den Studien entnommen: Alter und Anzahl der Patienten, die Behandlungsart, die Operationstechnik, die Dauer der Folgeuntersuchungen, die klinischen Ergebnisse der Folgeuntersuchungen und die Rate der Beinlängendifferenzen und Achsenabweichungen. Ein Beinlängenunterschied von 1 cm oder mehr und eine Achsenabweichung von mehr als 3° (genu varum, valgum oder recurvatum) verglichen mit dem präoperativen Status wurden als „Beinlängenunterschied oder Achsenabweichung“ klassifiziert.

Die Verwendung des Ligamentum patellae als Transplantat erhielt die Bezeichnung bone-tendon-bone (BTB) -Transplantat, auch wenn nur ein Knochenblock Verwendung fand. Der Einbau der Gracilis- oder der Semitendinosussehne wurde als Hamstring designiert. Für jede Studie fand eine level of evidence-Zuordnung anhand der Oxford-Kriterien statt (Bhandari und Haynes 2005).

2.4 Statistische Analyse

Die Durchführung der Analyse der Daten erfolgte explorativ. Nummern, Prozentangaben, Mittelwerte, Raten und Verhältnisse und ihre dazugehörige Messungengenauigkeit, bezogen auf die zugrunde liegende Verteilung der Daten, wurden tabellarisch erfasst.

2.4.1 Analyse Konservativ versus Operativ

Die Analyse und Darstellung der Daten erfolgte anhand von Boxplot-Diagrammen, Scatterplots und deskriptiver Statistik.

Für die Analyse wurden folgende Variablen a priori definiert:

- Behandlungsart
- mittlere Dauer der Folgeuntersuchung
- Rückkehr zum ursprünglichen Sportniveau
- mittlerer Lysholm-Score
- Auftreten eines Giving-Way-Phänomens
- Publikationsjahr
- Lachman-Test Grad 2 oder 3.

Konservativ versus Operativ wurden dabei verglichen:

- Mittlerer Lysholm-Score
- Rückkehr zum ursprünglichem Sportniveau
- Auftreten eines Giving-Way-Phänomens
- Lachman-Test Grad 2 oder 3.

Die Ergebnisse wurden dann durch einen t-Test und einen f-Test auf Signifikanz untersucht. Für die Analyse wurde Statistica 9.0 (Statsoft Inc., Tulsa, Oklahoma, USA) verwendet.

2.4.2 Analyse der vergleichenden Studien

Die Analyse und Darstellung der vergleichenden Studien erfolgte rein deskriptiv. Die extrahierten Daten wurden für jede Studie tabellarisch dargestellt.

2.4.3 Analyse der Operativen Therapie

Die Analyse und Darstellung der operativen Studien erfolgte rein deskriptiv. Die extrahierten Daten der Studien wurden tabellarisch dargestellt.

Anschließend fand eine Berechnung von relativen Risiken der folgenden Variablen statt:

- Re-Ruptur-Risiko
- Achsenabweichungen und Beinlängendifferenzen
- Wahrscheinlichkeit der normalen oder fast normalen Kniefunktion nach OP anhand des IKDC-Scores.

Ein Unterschied der Beinlänge von 1 cm oder mehr oder eine Achsenabweichung von mehr als 3° (Genu varum, valgum oder recurvatum) wurden als „Beinlängendifferenz oder Achsenabweichung“ klassifiziert; verglichen mit dem präoperativen Status.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Literaturrecherche

Insgesamt 60 Artikel wurden für die gegenwärtige Studie als verwendbar eingestuft. 10 Studien, die entweder nur konservativ behandelte Patienten beinhalten oder mindestens eine Teilgruppe mit konservativ behandelten VKB-Rupturen (Tab. 1), konnten für die Betrachtung der Ergebnisse bei konservativer Behandlung verwendet werden. Hierbei handelt es sich um 154 Patienten mit 155 Knien. Sechs Studien verglichen operative mit konservativer Therapie bzw. es fand eine verspätete Rekonstruktion nach initialer konservativer Therapie (Arbes et al. 2007, McCarroll et al. 1988, McCarroll et al. 1994, Aichroth et al. 2002, Janarv et al. 1996, Moksnes et al. 2008) statt und vier Studien beschrieben nur oder fast nur konservative Behandlungen (Graf et al. 1992, Kannus und Järvinen 1988, Mizuta et al. 1995, Woods und O'Connor 2004). 55 Studien gingen in die Analyse der operativ behandelten Knie ein (Tab. 20). Diese umfasst 935 Patienten mit 941 operierten Knien. Das Studienprofil entsprechend QUOROM-Richtlinien (Moher et al. 1999) wird in Abbildung 6 veranschaulicht. Es konnte keine randomisierte oder randomisiert kontrollierte klinische Studie, keine prospektive Kohortenstudie und auch keine Fall-Kontroll-Studie gefunden werden, bei der ein Vergleich zwischen konservativer und operativer Therapie oder ein Vergleich verschiedener operativer Techniken evaluiert wurde. Somit liegt der Oxford-Evidence-Level sämtlicher ausgewerteter Studien bei 3 und 4. Eine Studie strebte einen retrospektiven Vergleich der Ergebnisse nach konservativer Behandlung, Naht und Rekonstruktion an Hand von Hamstring- und BTB-Transplantaten an. Aber 26 von 42 Patienten konnten nicht nachuntersucht werden (Henry et al. 2009); und eine andere Studie evaluierte die Ergebnisse von 20 Patienten, die entweder rekonstruiert, konservativ behandelt oder verspätet rekonstruiert wurden (Arbes et al. 2007).

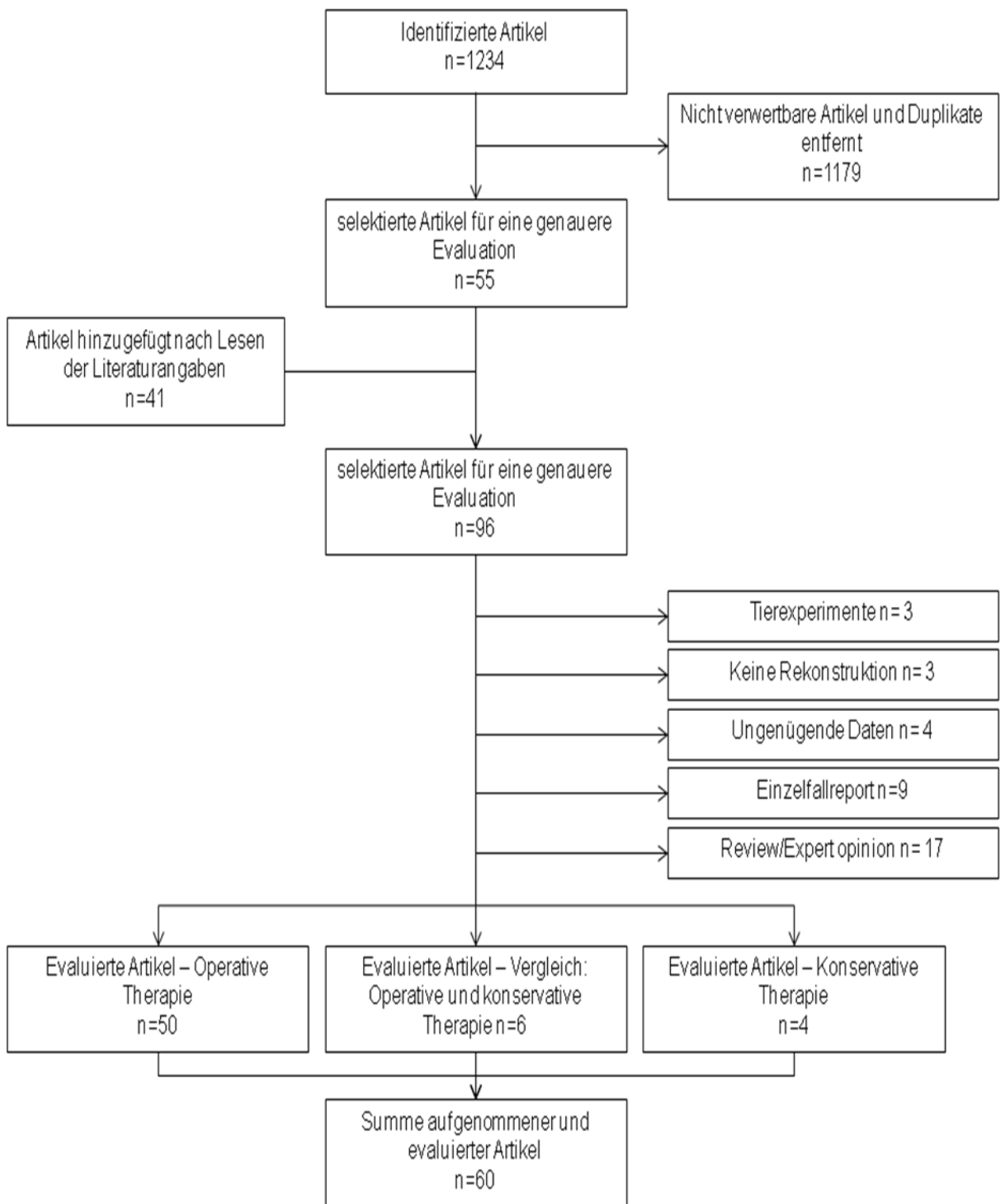


Abbildung 6: Flowchart zur Studienauswahl

3.2 Ergebnisse Konservativ versus Operativ

Die Details der Studien zu konservativ behandelten Patienten wurden in Tabelle 1 aufgeführt.

Der Datensatz umfasste 10 Studien (154 Patienten, 155 Knie). Das mittlere Patientenalter war 12,3 Jahre (10,0-14,4 Jahre). Die Dauer der Folgeuntersuchungen der Patienten ergab einen Median von 29 Monaten (24–72 Monate).

Bezogen auf das Sportniveau konnten zur vergleichenden Analyse acht Studien, herangezogen werden. Das Durchschnittsalter der Patienten lag bei 12,4 Jahren (10,0-14,4 Jahre) mit einem Median der Nachuntersuchungsdauer von 28 Monaten (24-51 Monate).

Bezogen auf das Giving-Way-Phänomen wurden vier Studien mit einem Durchschnittsalter von 13,6 Jahren (12,8-14,4 Jahre) und einem Median der Nachuntersuchungsdauer von 29 Monaten (24-51 Monate) gefunden.

Bezogen auf den mittleren Lysholm-Score konnten vier Studien mit einem Durchschnittsalter von 11,8 Jahren (10,0-12,8 Jahre) und mit einem Median der Nachuntersuchungsdauer von 47 Monaten (24-72 Monate) analysiert werden.

Hinsichtlich des Lachman-Tests Grad 2 oder 3 ließen sich fünf Studien finden, aus denen Daten extrahiert werden konnten, mit einem Durchschnittsalter von 12,4 Jahren (11,9-12,8 Jahre) und mit einem Median der Nachuntersuchungsdauer von 50 Monaten (43-72 Monate). Tabelle 2 gibt einen Überblick über die zur vergleichenden Analyse verwendeten Studien.

Bei keinem der Patienten trat bei der Nachuntersuchung ein Beinlängenunterschied oder eine Achsenabweichung auf.

Vergleichend dazu, wurden folgende Daten bei den Studien der operativ versorgten Patienten gefunden:

Bezogen auf das Sportniveau konnten zur vergleichenden Analyse 27 Studien, herangezogen werden. Das Durchschnittsalter der Patienten lag bei 13,5 Jahren (11,4-15,0 Jahre) mit einem Median der Nachuntersuchungsdauer von 37 Monaten (14-78 Monate).

Bezogen auf das Giving-Way-Phänomen wurden sechs Studien mit einem Durchschnittsalter von 13,8 Jahren (13,2-14,8 Jahre) und einem Median der Nachuntersuchungsdauer von 40 Monaten (32-58 Monate) gefunden.

Bezogen auf den mittleren Lysholm-Score konnten 23 Studien mit einem Durchschnittsalter von 12,9 Jahren (10,0-14,7 Jahre) und mit einem Median der Nachuntersuchungsdauer von 41 Monaten (14-78 Monate) analysiert werden.

Hinsichtlich des Lachman-Tests Grad 2 oder 3 ließen sich 21 Studien finden, aus denen Daten extrahiert werden konnten, mit einem Durchschnittsalter von 13,7 Jahren (12,9-15,0 Jahre) und mit einem Median der Nachuntersuchungsdauer von 49 Monaten (19-89 Monate).

Autor	Jahr	Patienten	Knie	Mittleres Alter, Jahre	Mittlere FU, Monate	Meniskusrisse bei FU	
						medial	lateral
Aichroth et al.	2002	23	23	12,5	72,0		
Arbes et al.	2006	8	8				
Graf et al.	1992	8	8	14,4	24,0	7	4
Janarv et al.	1996	7	7	11,9	42,9	0	0
Kannus und Järvinen	1988	3	3				
McCarrol et al.	1988	16	16		27,0	4	2
McCarrol et al.	1994	38	38		29,0		
Mizuta et al.	1995	18	18	12,8	50,6	4	2
Moksnes et al.	2008	20	21	10,0	24,0		
Woods und Connor	2004	13	13	13,0			

	VKB-Rekonstruktion	Mittlerer Lysholm-Score	Gleiches Sportlevel	Sportlevel ↓	Kein Sport
Aichroth et al.					
Arbes et al.		52,4	4	4	
Graf et al.			0	8	
Janarv et al.	2		6	1	
Kannus und Järvinen		87,9			
McCarrol et al.			7	9	
McCarrol et al.	6		0	38	
Mizuta et al.			1	13	4
Moksnes et al.	6	64,3	13	7	
Woods und Connor	0	88,0	0	13	

	Fairbank Grad 1	Fairbank Grad 2	Fairbank Grad 3	Lachman Grad 2/3	Pivot Grad 2/3
Aichroth et al.	23	4	3	23	23
Arbes et al.				7	
Graf et al.				0	
Janarv et al.				3	
Kannus und Järvinen					
McCarrol et al.					
McCarrol et al.					
Mizuta et al.	5	4	3	18	18
Moksnes et al.					17
Woods und Connor					

Tabelle 1: Übersicht: konservative Studien und Studien, in denen zumindest ein Teil der Patienten konservativ behandelt wurden

untersuchte Variable	konservative Behandlung				operative Behandlung			
	Studienanzahl	Patientenanzahl	Altersdurchschnitt	Nachuntersuchungsdauer (Median)	Studienanzahl	Patientenanzahl	Altersdurchschnitt	Nachuntersuchungsdauer (Median)
Sportniveau	8	129	12,4	28	27	439	13,5	37
Giving-Way-Phänomen	4	67	13,6	29	6	69	13,8	40
Lysholm-Score	4	69	11,8	47	23	452	12,9	41
Lachman-Test	5	59	12,4	50	21	313	13,7	49

Tabelle 2: Überblick über die zur vergleichenden Analyse verwendeten Studien

3.2.1 Lysholm-Score

3.2.1.1 Gruppiert nach Behandlungsart

Es konnten insgesamt 27 Studien mit einer Anzahl von 521 Patienten (Mittelwert 19,3 \pm 14,6) identifiziert werden. In 23 operativen Studien wurden 452 Patienten (Mittelwert 19,6 \pm 15,6) und in vier konservativen Studien 69 Patienten (Mittelwert 17,3 \pm 7,1) mit Evaluation des Lysholm-Scores nachuntersucht. (Tab.3)

	Anzahl Studien N	Mittelw.	Median	Summe	Minimum	Maximum	Stdabw.
Knie	27	19,296	15,000	521	5	61	14,626
Knie OP	23	19,652	15,000	452	5	61	15,651
Knie KO	4	17,250	19,500	69	7	23	7,136

Tabelle 3 : Anzahl der Knie, die anhand des Lysholm-Scores evaluiert wurden

Der Mittelwert des Lysholm-Scores der operativ versorgten Kinder lag bei 95,5 \pm 3,1 (Median 96,5) und bei den Konservativen bei 73,2 \pm 17,8 (Median 76,1). (Tab.4, Abb.2).

	Anzahl Studien N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Stdabw.
Mittlerer Lysholm-Score	27	92,156	95,700	52,400	98,800	10,477
Mittlerer Lysholm-Score OP	23	95,461	96,500	84,100	98,800	3,095
Mittlerer Lysholm-Score KO	4	73,150	76,100	52,400	88,000	17,767

Tabelle 4 : Mittlerer Lysholm-Score der konservativ und operativ Behandelten Patienten

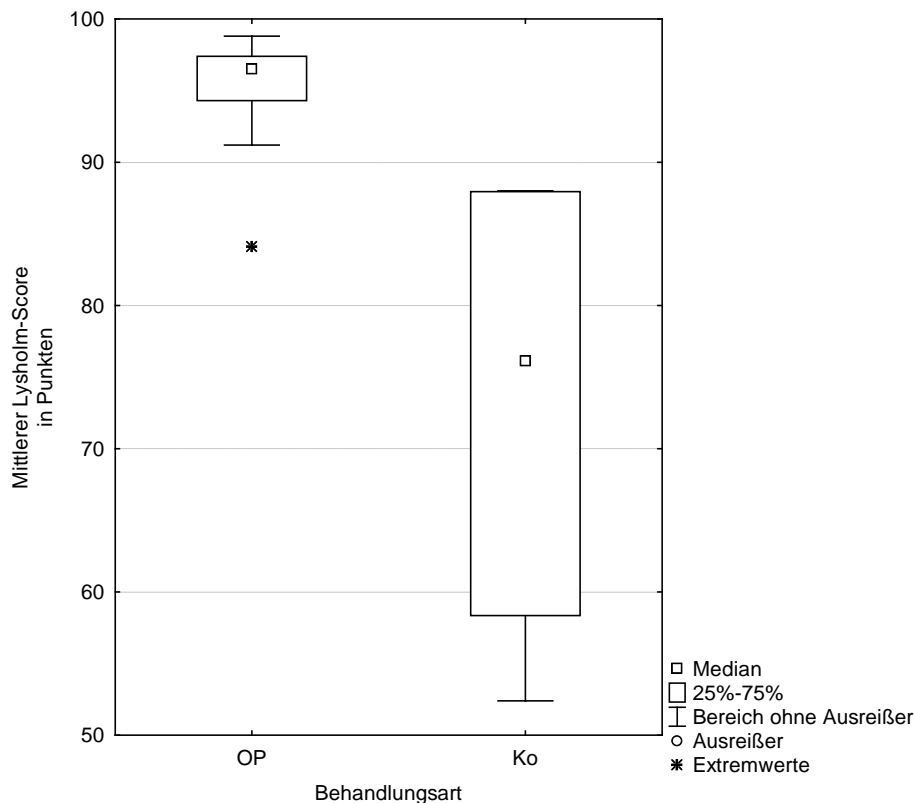


Diagramm 1 : Mittlerer Lysholm-Score gruppiert nach Behandlungsart

Der t-Test und der f-Test für den mittleren Lysholm-Score in Abhängigkeit von der Behandlungsart war signifikant (Tab.5).

	Mittelw. OP	Mittelw. KO	t-Wert	FG	p	N OP	N KO	Stdabw. OP	Stdabw. KO	F-Quot. Varianzen	p Varianzen
Mittlerer Lysholm-Score	95,461	73,150	6,052	25	0,000	23	4	3,095	17,767	32,953	0,000

Tabelle 5 : Mittlerer Lysholm-Score - Signifikanztest

3.2.1.2 Einfluss der Nachuntersuchungsdauer

Die Dauer der Nachuntersuchungen hatte sowohl bei den operativen Studien (Diagr.2) als auch bei den konservativen Studien (Diagr.3) keinen signifikanten Einfluss auf den Lysholm-Score ($p > 0,05$). Wohl aber konnte sich eine leicht positive Korrelation bei den Operierten darstellen lassen. Das heißt, dass mit zunehmender Nachuntersuchungsdauer ein leichter Anstieg des mittleren Lysholm-Scores zu verzeichnen war. Eine tendenziell negative Korrelation gab es bei den konservativ behandelten Patienten, wo mit zunehmender Nachuntersuchungsdauer ein absinken des mittleren Lysholm-Scores zu erkennen war.

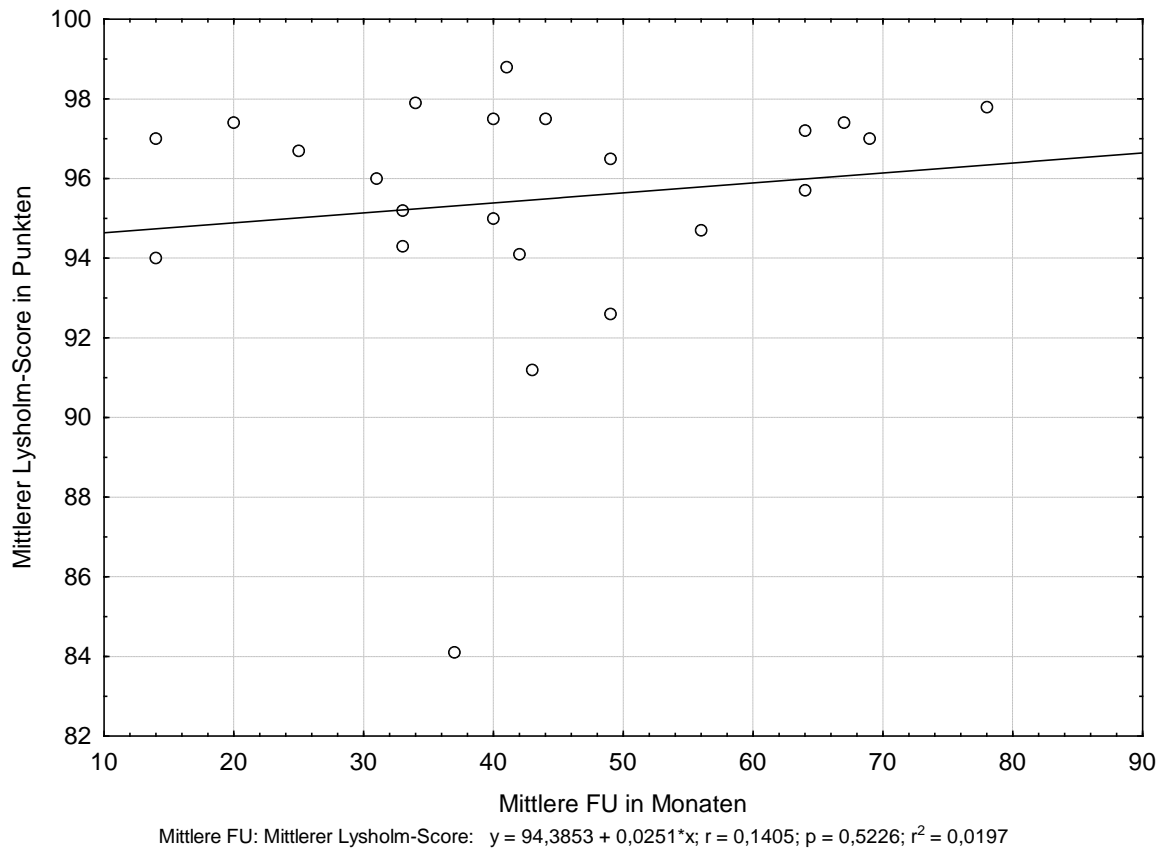


Diagramm 2 : Abhängigkeit des Lysholm-Scores von der mittleren FU bei OP

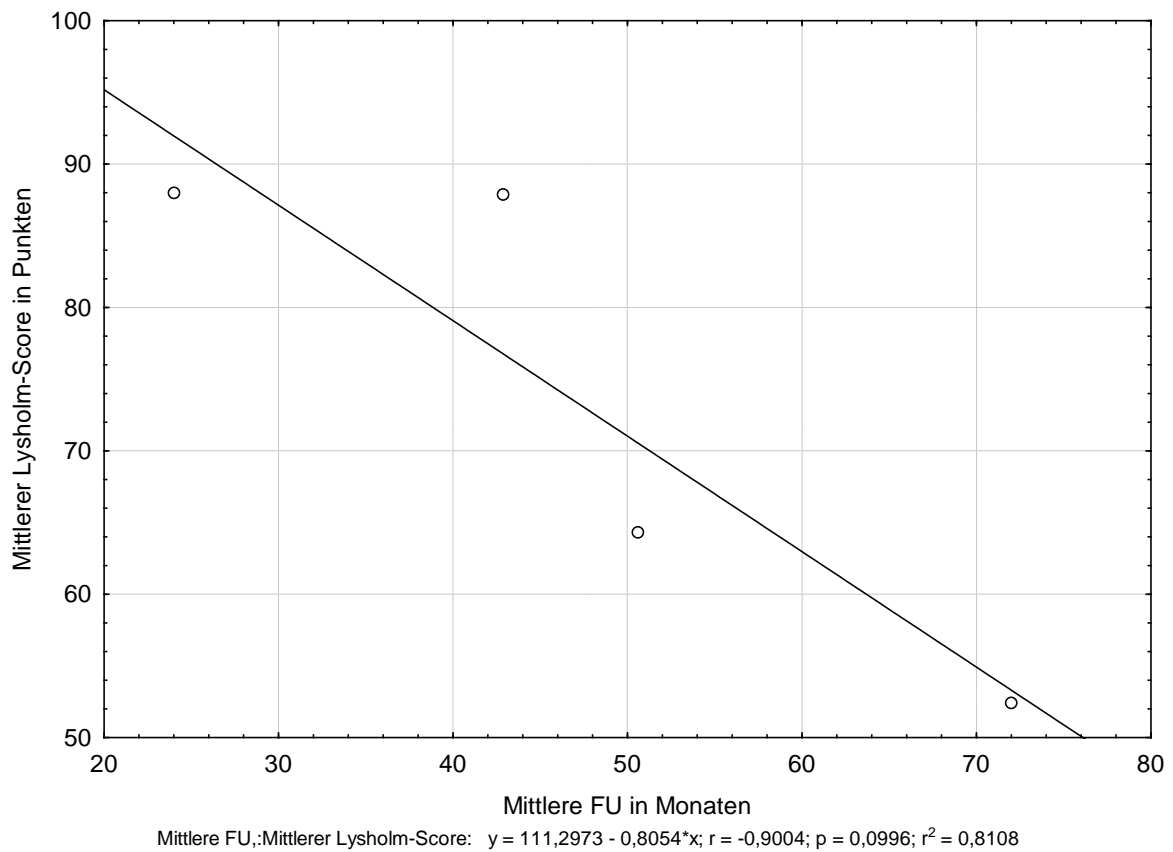


Diagramm 3 : Abhängigkeit des Lysholm-Scores von der mittleren FU bei KO

3.2.2 Giving-Way-Phänomen - Gruppiert nach Behandlungsart

Es konnten insgesamt zehn Studien mit einer Anzahl von 136 untersuchten Patienten (Mittelwert $13,6 \pm 10,5$) identifiziert werden, bei denen das Giving-Way-Phänomen evaluiert wurde. In sechs operativen Studien wurden 69 Patienten (Mittelwert $11,5 \pm 6,4$) und in vier konservativen Studien wurden 67 Patienten (Mittelwert $16,8 \pm 15,5$) mit Evaluation des Giving-Way-Phänomens nachuntersucht. (Tab.6)

	Anzahl Studien N	Mittelw.	Median	Summe	Minimum	Maximum	Stdabw.
Knie	10	13,600	9,000	136,000	3,000	38,000	10,480
Knie OP	6	11,500	9,000	69,000	7,000	24,000	6,380
Knie KO	4	16,750	13,000	67,000	3,000	38,000	15,478

Tabelle 6 : Anzahl der Knie die auf das Giving-Way-Phänomen hin untersucht wurden

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Giving-Way-Phänomens lag bei den operierten VKB-Rupturen bei $2,8 (\pm 6,9)\%$. Bei den konservativ Behandelten lag die Wahrscheinlichkeit im Mittel bei $89,5 (\pm 15,2)\%$ (Tab.7; Diagr.4).

	Anzahl Studien N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Stdabw.
Giving-Way p	10	0,375	0,085	0,000	1,000	0,459
Giving-Way OP p	6	0,028	0,000	0,000	0,170	0,069
Giving-Way KO p	4	0,895	0,955	0,670	1,000	0,152

Tabelle 7: Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Giving-Way-Phänomens

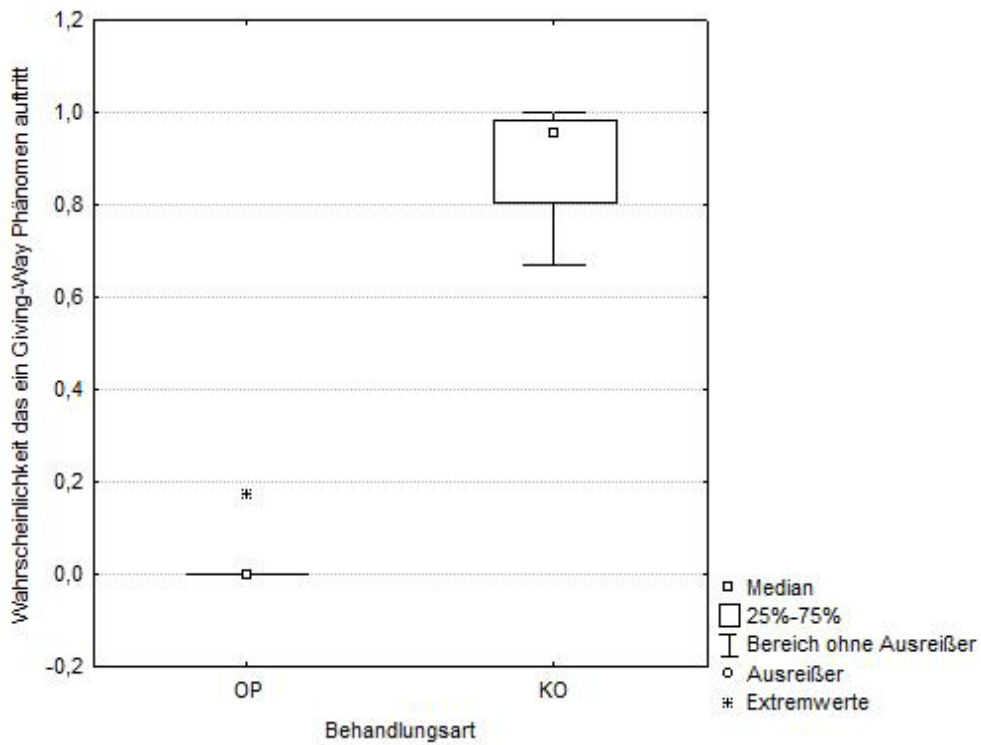


Diagramm 4 : Auftreten des Giving-Way-Phänomens gruppiert nach Behandlungsart

Der t-Test für das Auftreten eines Giving-Way-Phänomens in Abhängigkeit von der Behandlungsart war signifikant (Tab.8).

	Mittelw. OP	Mittelw. KO	t-Wert	FG	p	N OP	N KO	Stdabw. OP	Stdabw. KO	F-Quot. Varianzen	p Varianzen
Giving-Way p	0,028	0,895	-12,427	8	0,000	6	4	0,069	0,152	4,796	0,124

Tabelle 8: Giving-Way Signifikanztest

3.2.3 Sportniveau

3.2.3.1 Gruppiert nach Behandlungsart

Es konnten insgesamt 35 Studien mit einer Anzahl von 568 untersuchten Patienten bzw. Kniegelenken (Mittelwert 16,2 ±13,5) in die Studie eingeschlossen werden. In 27 operativen Studien wurden 439 Patienten (Mittelwert 16,3 ±14,5) und in acht konservativen Studien wurden 129 Patienten (Mittelwert 16,1 ±10,2) mit Evaluation des Sportniveaus nachuntersucht (Tab.9).

	Anzahl Studien N	Mittelw.	Median	Summe	Minimum	Maximum	Stdabw.
Knie	35	16,229	12,000	568,000	3,000	60,000	13,504
Knie OP	27	16,259	11,000	439,000	3,000	60,000	14,504
Knie KO	8	16,125	14,500	129,000	7,000	38,000	10,218

Tabelle 9 : Anzahl der Knie, bei denen das Sportniveau evaluiert wurde

Der Mittelwert der Wahrscheinlichkeit der operativ versorgten Kinder, die ihren ursprünglichen Sportlevel wiedererlangen konnten, lag bei 91,2 (±3,1)% (Median 96,5%) und bei den Konservativen bei 30,9 (±33,8)% (Median 24,7%) (Tab.10, Diagr.5).

	Anzahl Studien N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Stdabw.
Sportniveau p	35	0,774	0,900	0,000	1,000	0,314
Sportniveau OP p	27	0,912	0,950	0,625	1,000	0,108
Sportniveau KO p	8	0,309	0,247	0,000	0,857	0,338

Tabelle 10 : Wahrscheinlichkeit der Wiedererlangung des Sportniveaus

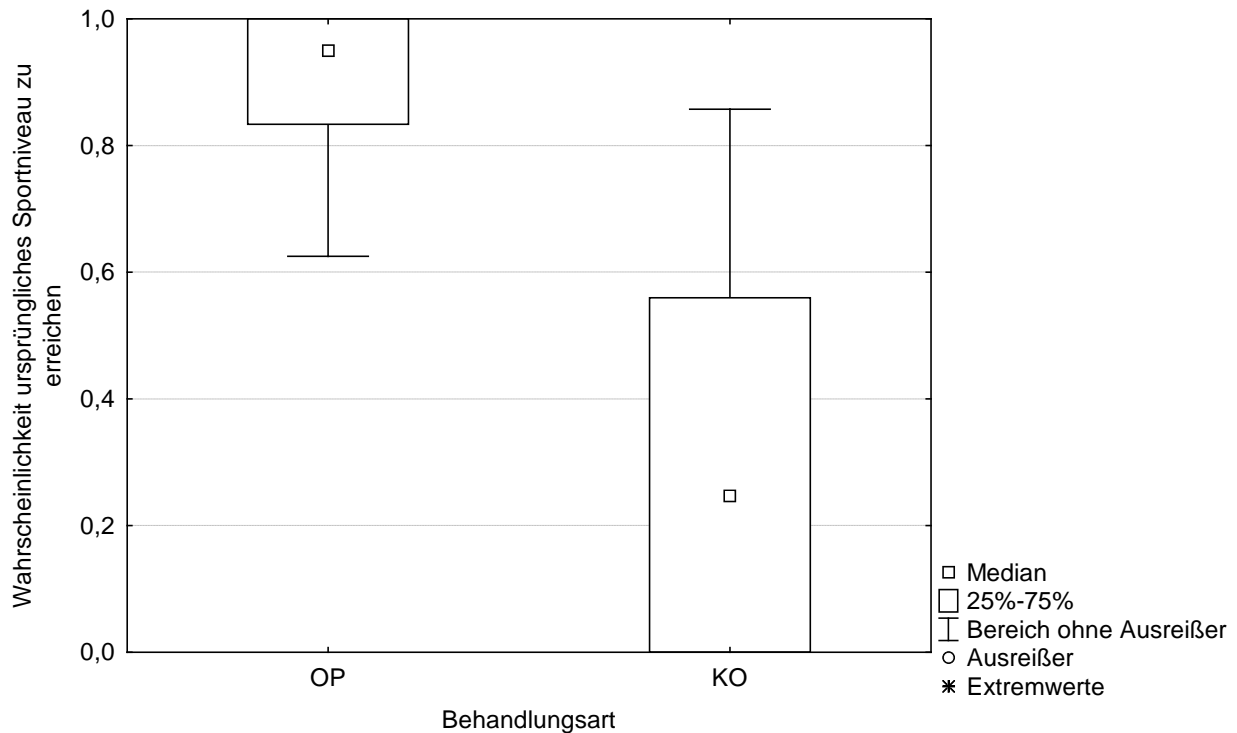


Diagramm 5 : Wiedererlangung des ursprünglichen Sportniveaus gruppiert nach Behandlungsart

Der t-Test und der f-Test für das Wiedererlangen des ursprünglichen Sportniveaus in Abhängigkeit von der Behandlungsart waren signifikant (Tab.11).

	Mittelw. OP	Mittelw. KO	t-Wert	FG	p	N OP	N KO	Stdabw. OP	Stdabw. KO	F-Quot. Varianzen	p Varianzen
Sport-niveau p	0,912	0,309	8,187	33	0,000	27	8	0,108	0,338	9,740	0,000

Tabelle 11 : Wahrscheinlichkeit der Wiedererlangung des Sportniveaus - Signifikanztest

3.2.3.2 Einfluss der Nachuntersuchungsdauer

Die Dauer vom Unfall (konservativ) bzw. Operation bis zur Nachuntersuchung hatte sowohl bei den operativen Studien (Diagr.6) als auch bei den konservativen Studien (Diagr.7) keinen signifikanten Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, das ursprüngliche Sportniveau wieder zu erreichen.

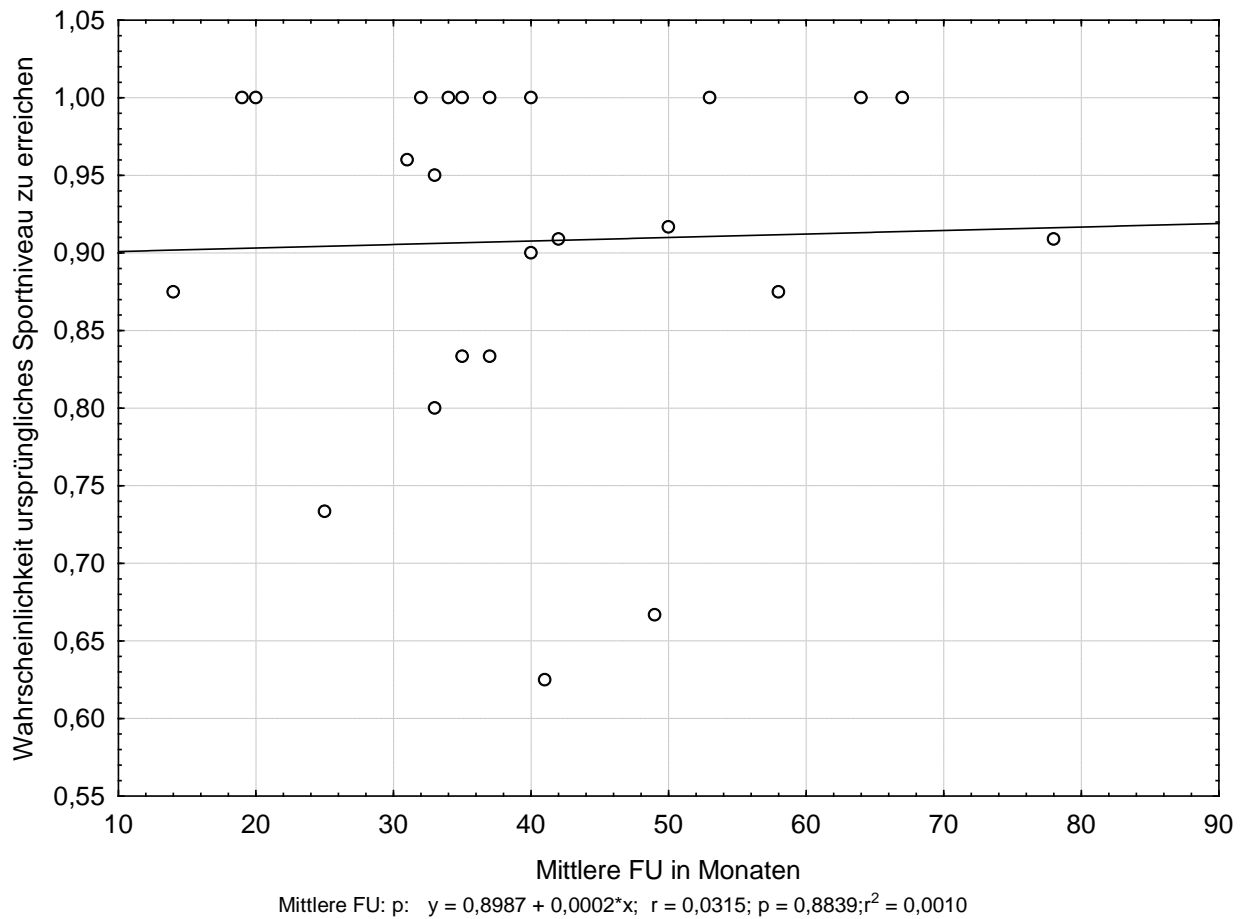


Diagramm 6 : Einfluss der mittleren Nachuntersuchungsdauer auf die Wahrscheinlichkeit, das ursprüngliche Sportniveau wiederzuerlangen nach operativer Behandlung

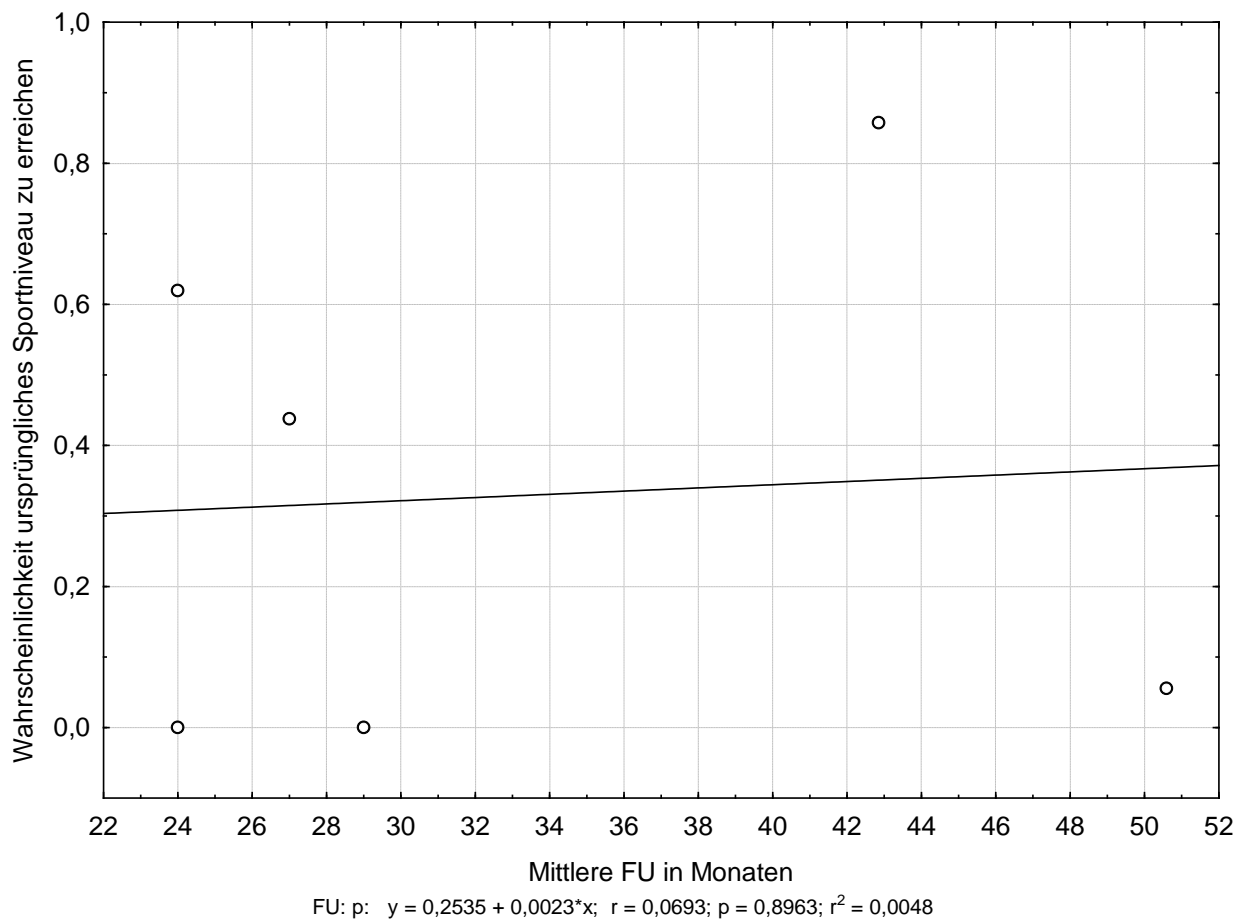


Diagramm 7 : Einfluss der mittleren Nachuntersuchungsdauer auf die Wahrscheinlichkeit, das ursprüngliche Sportniveau wiederzuerlangen nach konservativer Behandlung

3.2.3.4 Einfluss des Publikationsjahres

Das Publikationsjahr hatte weder bei den operativen Studien noch bei den konservativen Studien einen signifikanten Einfluss dasselbe Sportniveau wie vor der VKB-Ruptur zur erreichen. Es ließ sich aber trotzdem bei den operativ versorgten Patienten mit offenen Wachstumsfugen (Diagr.8) tendenziell eine leicht negative Korrelation und bei den konservativ (Diagr.9) versorgten tendenziell eine leicht positive erkennen.

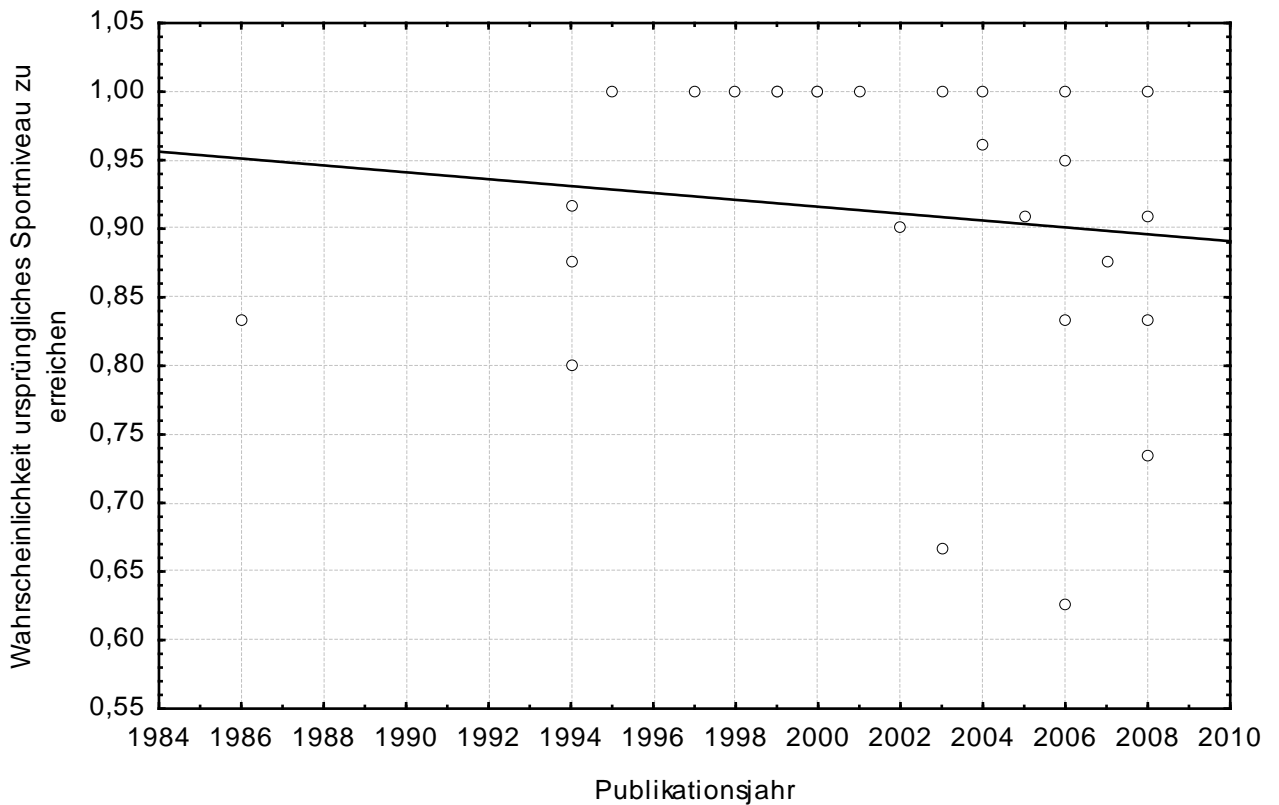


Diagramm 8 : Einfluss des Publikationsjahres auf die Wahrscheinlichkeit, das ursprüngliche Sportniveau nach operativer Therapie wiederzuerlangen

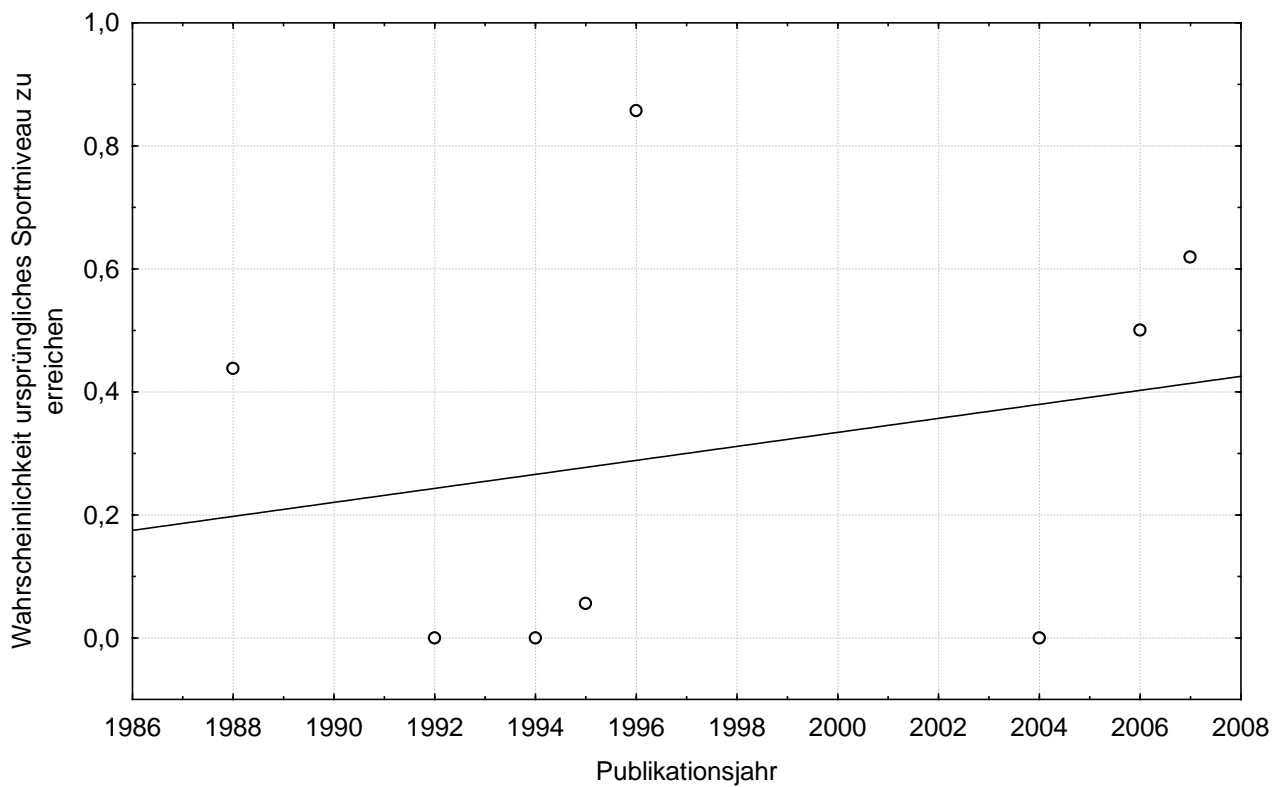


Diagramm 9: Einfluss des Publikationsjahres auf die Wahrscheinlichkeit, das ursprüngliche Sportniveau nach konservativer Therapie wiederzuerlangen

3.2.4 Lachman-Test

3.2.4.1 Gruppierung nach Behandlungsart

Es konnten insgesamt 26 Studien mit einer Anzahl von 372 untersuchten Patienten (Mittelwert 14,3 \pm 13,5) identifiziert werden. In 21 operativen Studien wurden 313 Patienten (Mittelwert 14,9 \pm 14,5) und in fünf konservativen Studien wurden 59 Patienten (Mittelwert 11,8 \pm 8,4) mittels Lachman-Test nachuntersucht (Tab.12).

	Anzahl Studien N	Mittelw.	Median	Summe	Minimum	Maximum	Stdabw.
Lachman p	26	14,308	8,000	372,000	3,000	61,000	13,487
Lachman OP p	21	14,905	8,000	313,000	3,000	61,000	14,543
Lachman KO p	5	11,800	8,000	59,000	3,000	23,000	8,349

Tabelle 12 : Anzahl der Kniegelenke, die anhand des Lachman-Tests evaluiert wurden

Der Mittelwert der operativ versorgten Kinder, die bei der Nachuntersuchung einen positiven Lachman-Test Grad 2 oder 3 aufwiesen, lag bei 13,6 (\pm 2,4)% und bei den Konservativen bei 77,5 (\pm 43,7)% (Tab.13, Diagra.5).

	Anzahl Studien N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Stdabw.
Lachman p	26	0,259	0,000	0,000	1,000	0,376
Lachman OP p	21	0,136	0,000	0,000	0,800	0,238
Lachman KO p	5	0,775	1,000	0,000	1,000	0,437

Tabelle 13 : Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines positiven Lachman-Tests Grad 2 oder 3

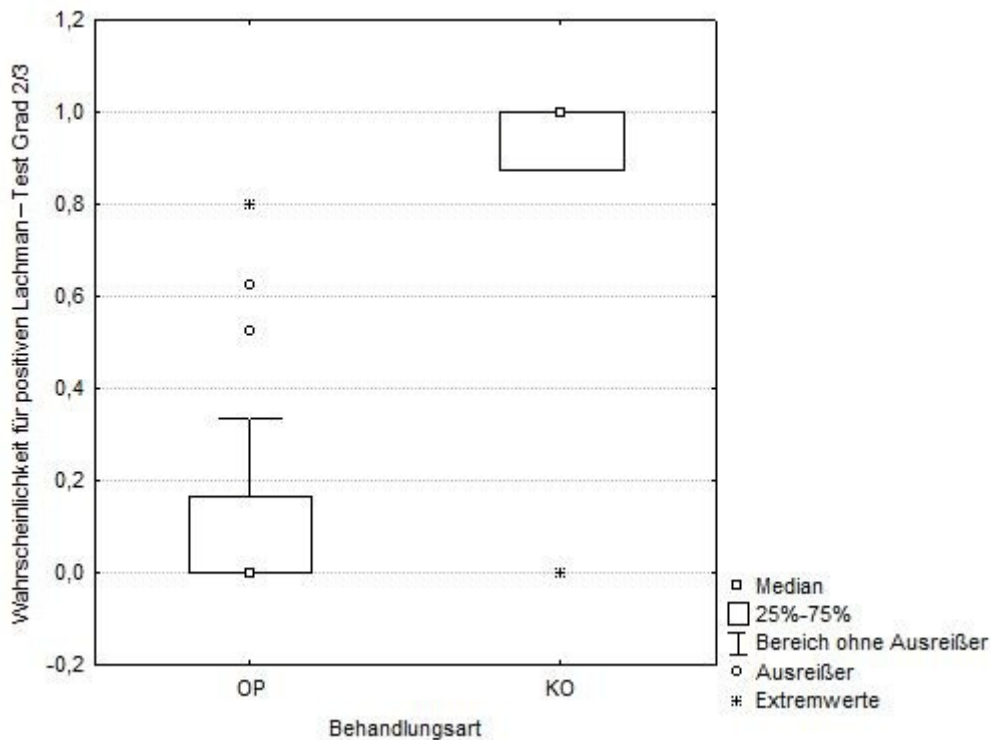


Diagramm 10 : Auftreten eines positiven Lachman-Tests gruppiert nach Behandlungsart

Der t-Test für das Auftreten eines positiven Lachman-Tests in Abhängigkeit von der Behandlungsart war signifikant (Tab.14).

	Mittelw. OP	Mittelw. KO	t-Wert	FG	p	N OP	N KO	Stdabw. OP	Stdabw. KO	F-Quot. Varianzen	p Varianzen
Lachman p	0,136	0,775	-4,577	24	0,000	21	5	0,238	0,437	3,377	0,058

Tabelle 14: Lachman - Signifikanztest

3.2.4.2 Einfluss der Nachuntersuchungsdauer

Die Dauer vom Unfall (konservativ) bzw. Operation bis zur Nachuntersuchung hatte sowohl bei den operativen Studien (Diagr.11) als auch bei den konservativen Studien (Diagr.12) keinen signifikanten Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit für einen positiven Lachman-Test Grad 2 oder 3.

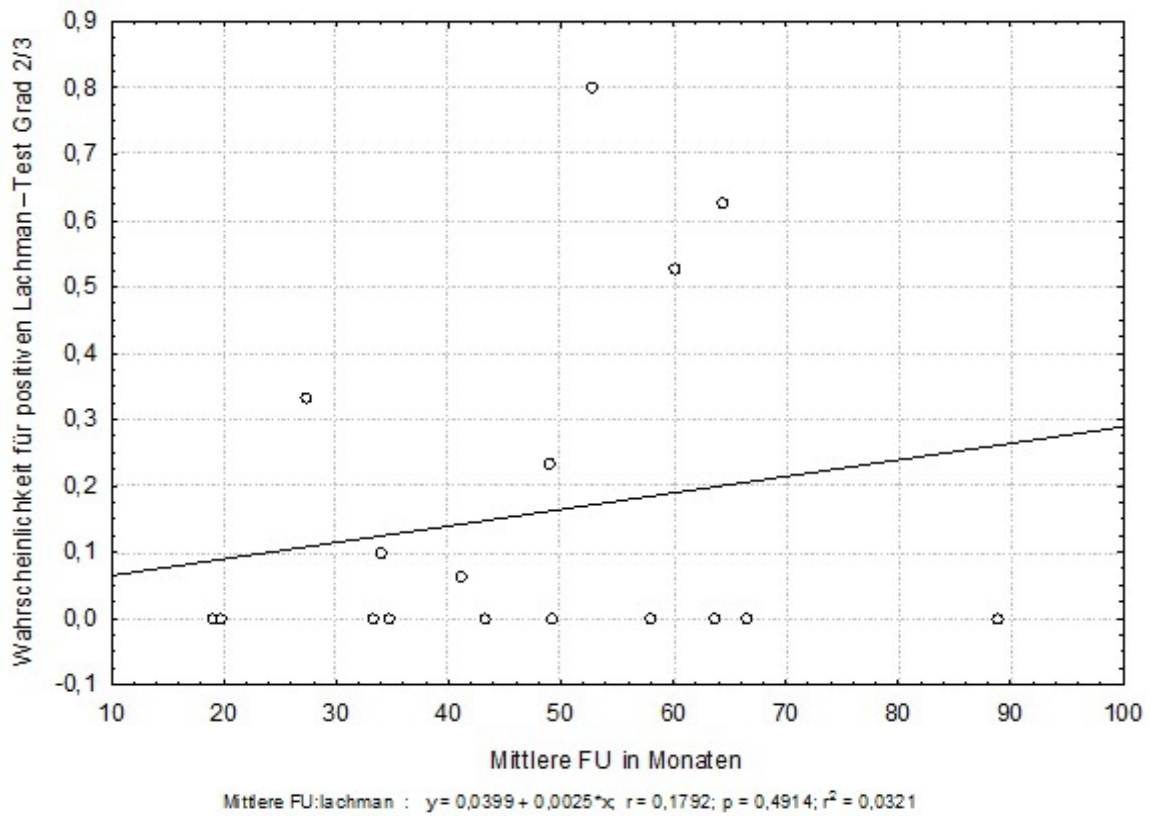


Diagramm 11 : Einfluss der mittleren Nachuntersuchungsdauer auf die Wahrscheinlichkeit eines positiven Lachman-Tests Grad 2 oder 3 nach operativer Behandlung

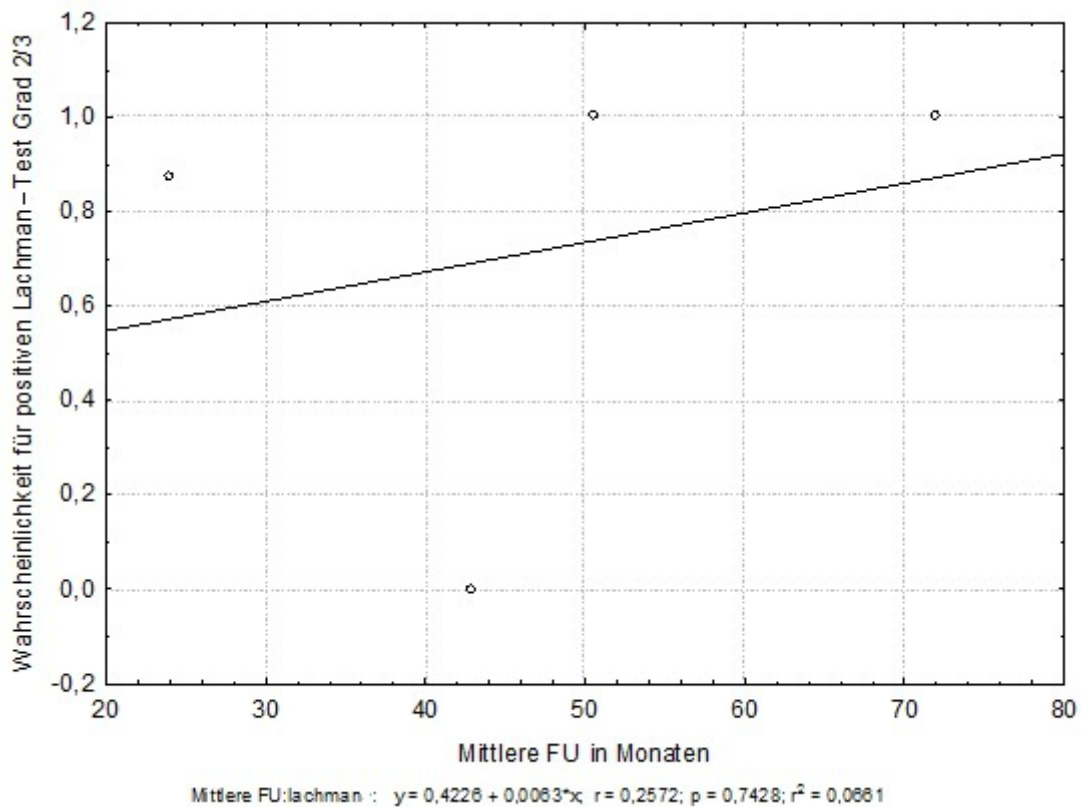


Diagramm 12: Einfluss der mittleren Nachuntersuchungsdauer auf die Wahrscheinlichkeit eines positiven Lachman-Tests Grad 2 oder 3 nach konservativer Behandlung

3.2.4.3 Einfluss des Publikationsjahres

Das Publikationsjahr hatte weder bei den operativen Studien noch bei den konservativen Studien einen signifikanten Einfluss ($p > 0,05$), dass die Kinder einen positiven Lachman-Test Grad 2 oder 3 während der Folgeuntersuchungen aufweisen. Es ließ sich jedoch bei den operativ versorgten Patienten (Diagr.13) eine tendenziell negative Korrelation erkennen. Das heißt, dass mit zunehmender Aktualität der Studien eine geringere Wahrscheinlichkeit auf einen positiven Lachman-Test anzunehmen ist. Bei den konservativ Versorgten hingegen (Diagr.14) gab es keine Korrelation.

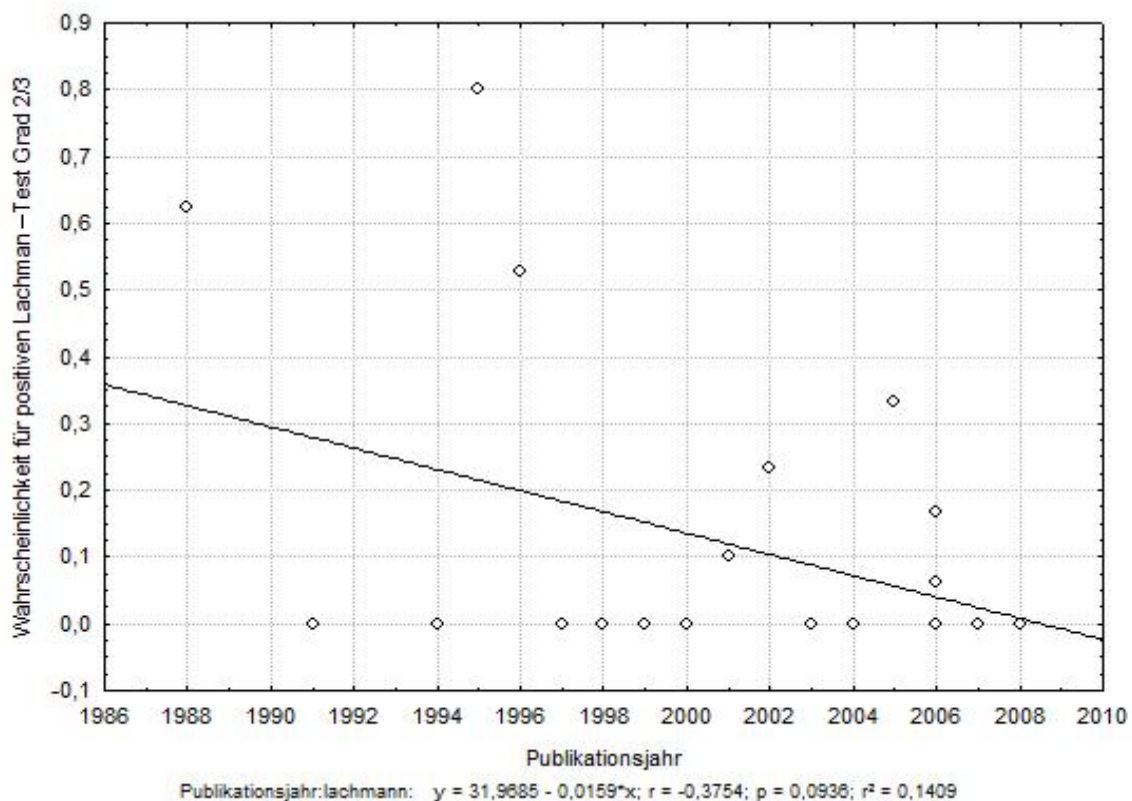


Diagramm 13 : Einfluss des Publikationsjahres auf die Wahrscheinlichkeit eines positiven Lachman-Tests Grad 2 oder 3 nach operativer Behandlung

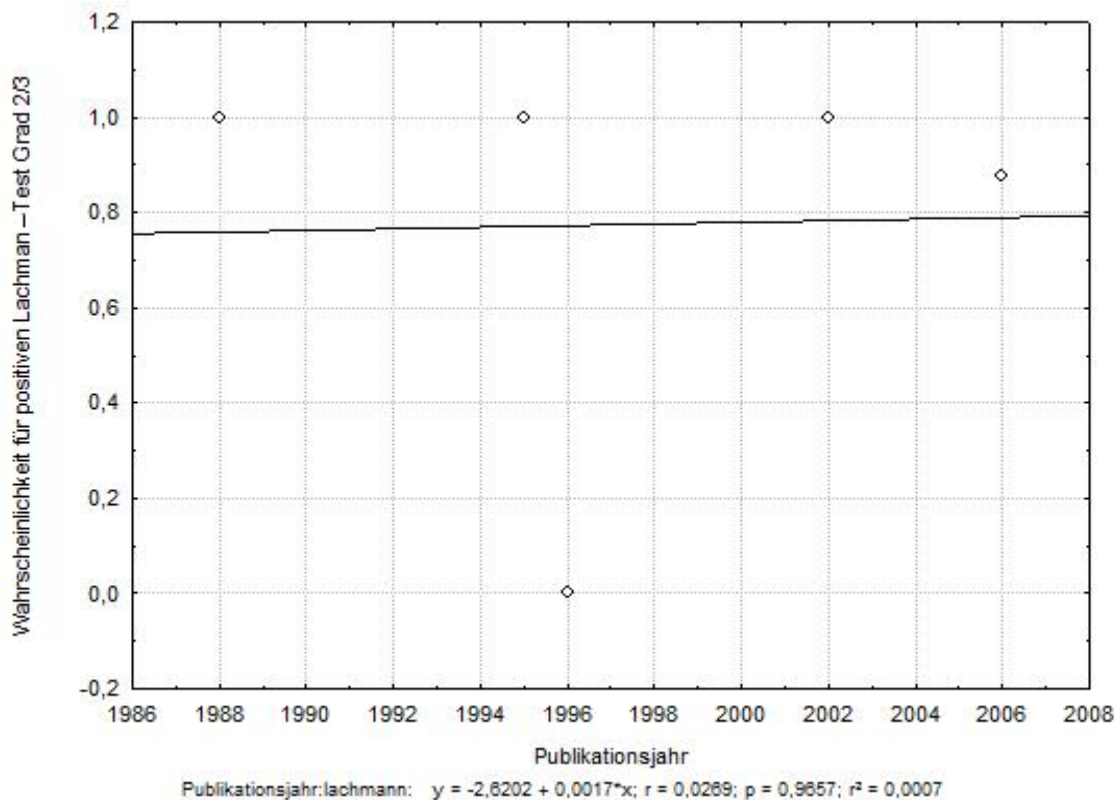


Diagramm 14 : Einfluss des Publikationsjahres auf die Wahrscheinlichkeit eines positiven Lachman-Tests Grad 2 oder 3 nach konservativer Behandlung

3.3 Vergleichende Studien

Bei der Literaturrecherche konnten fünf aussagekräftige, vergleichende Studien identifiziert werden. Die Details der gefundenen Studien wurden einzeln in den (Tab.15-19) dargestellt, da die Autoren teils unterschiedliche Daten evaluiert haben.

Das größte Patientenkollektiv untersuchte Aichroth et al. 2002. Dort stellte er 45 operativ behandelte Patienten 23 konservativ behandelten gegenüber. Der Lysholm-Score verschlechterte sich von 78,6 auf 52,4 Punkte bei den Konservativen und alle wiesen alle Pivot-Shift und Lachman Grad 2 oder 3 auf. Zusätzlich stellten die Untersucher ein Fairbank-Phänomen von mindestens Grad 1 bei allen Behandelten dieses Patientenkollektivs bei der Nachuntersuchung fest. Die Untersuchung der operierten Patienten ergab, dass von den 47 Patienten mit positiven Pivot-Shift-Test und Lachman-Test Grad 2 oder 3 bei der Folgeuntersuchung nur noch 5 bzw. 11 einen positiven Test aufwiesen.

Studie	Evaluationsgrößen	Operativ	Konservativ
Aichroth et al. 2002	Patientenanzahl/Knie	45/47	23/23
	mittleres Alter; Jahre	13	12,5 Jahre
	mittleres Follow-Up; Monate	49	72
	Transplantat	Hamstring	-
	Meniskusrisse	17 (8 lateral, 9 medial)	14 (8 medial, 6 lateral)
	Pivot-Shift; Anzahl	47 Grad 2/3	23 Grad 2/3
	Lachman; Anzahl	47 Grad 2/3	23 Grad 2/3
	mittlerer Lysholm-Score	-	78,6
	Ergebnisse der Nachuntersuchung		
	Pivot-Shift; Anzahl	15 Grad 1 2 Grad 2 3 Grad 3	23 Grad 2/3
	Lachman; Anzahl	20 Grad 1 8 Grad 2 3 Grad 3	23 Grad 2/3
	mittlerer Lysholm-Score	-	52,4
	Tegner-Aktivitäts-Level	-	4,2
	Fairbank-Phänomen	-	23 Grad 1 3 Grad 2 4 Grad 3
	IKDC-Score, Anzahl	Grade A: 21 ; B: 15; C: 8; D: 3	-
	Re-Ruptur	3	-
Wachstumsstörungen	-	-	

Tabelle 15 : Studie Aichroth et al. (2002) im tabellarischen Überblick

In Tabelle 16 sind die Ergebnisse der Untersuchungen von Arbes et al. von 2007 dargestellt. Vergleichend lässt sich feststellen, dass 83,3 % der operierten Kinder ihr vorheriges Sportniveau und auch einen IKDC-Score Grad B erreichen konnten. Bei den konservativ Behandelten erreichten hingegen nur 50,0% das gleiche Sportlevel und nur einer von acht Patienten konnte einen Grad B IKDC-Score erreichen. Anhand der Klassifikation nach Jaeger und Wirth (Jäger und Wirth 1986) konnte bei fünf Patienten der konservativen Gruppe ein Arthrose-Grad 1 festgestellt werden und bei einem ein Grad 2. Bei den operativ behandelten Patienten tauchte zweimal ein Grad 2 auf. Dabei handelte es sich um diejenigen Patienten, welche das Transplantat nicht primär, sondern verzögert erhalten haben.

Studie	Evaluationsgrößen	Operativ	Konservativ	
Arbes et al. 2007	Patientenanzahl/Knie	6*	8	
	mittleres Alter; Jahre	13,9		
	mittleres Follow-Up; Monate	64,8		
	Transplantat	BTB	-	
	Ergebnisse der Nachuntersuchung			
	Lachman; Anzahl	5 Grad 1 1 Grad 3	2 Grad 2 6 Grad 3	
	gleiches Sportlevel	5	4	
	schlechteres Sportlevel	1	4	
	Jaeger und Wirth	2 Grad 2*	5 Grad 1 1 Grad 2	
	IKDC-Score, Anzahl	Grad B: 5; D: 1	Grad B: 1; C: 2; D: 5	
	Re-Ruptur	0	0	
	Wachstumsstörungen	-	-	

Tabelle 16 : Studie Arbes et al. (2007) im tabellarischen Überblick

*2 Patienten: VKB-Rekonstruktion nach fehlgeschlagener Naht

Janarv et al. haben 1996 insgesamt 22 Patienten (15 operativ und 7 konservativ) nachuntersucht. Dabei wurde der Lysholm-Score und der Tegner-Aktivitätslevel (Tegner und Lysholm 1985) untersucht. Dabei konnten 6/7 konservativ behandelten Patienten (85,7%) nur ein Aktivitätslevel von ≤ 6 erreichen. Indessen konnte bei den operativ Behandelten bei 9/15 Patienten (60,0%) ein Level von ≥ 7 erzielt werden. Bei 6/15 Patienten (40,0%) ergab die Messung einen Wert von ≤ 6 . (Tab.17)

Studie	Evaluationsgrößen	Operativ	Konservativ	
Janarv et al. 1996	Patientenanzahl	15	7	
	mittleres Alter; Jahre	14,3	11,9	
	mittleres Follow-Up; Monate	42,9	48,8	
	Transplantat	Verschiedene	-	
	Ergebnisse der Nachuntersuchung			
	Wachstumsstörungen	-	-	
	mittlerer Lysholm-Score	92,6	87,9	
	Tegner-Aktivitäts-Level	6x ≤ 6 9x ≥ 7	6x ≤ 6 1x ≥ 7	
	Meniskusrisse	0	0	

Tabelle 17 : Studie von Janarv et al. (1996) im tabellarischen Überblick

Tabelle 18 fasst die Ergebnisse der Studie von McCarroll et al. (1988) zusammen. Es wurden 40 Kinder mit offenen Wachstumsfugen und VKB-Ruptur untersucht. 24 Patienten wurden operiert und bei 16 wurde eine konservative Therapie eingeleitet. Alle Patienten, die operiert wurden, konnten ihr vorheriges Sportniveau bei der Nachuntersuchung wiedererlangen. Dies gelang nur bei 43,8% der konservativ Behandelten. Dabei blieben 9/16 Patienten (56,3%) unter ihrem vorherigen Sportniveau. Bei einem Patient (4,0%; operativ) wurde bei der Nachuntersuchung ein neuer Meniskusriss diagnostiziert. Bei den 16 konservativ Behandelten traten sechs neue Meniskusrisse auf (37,5%).

Studie	Evaluationsgrößen	Operativ	Konservativ	
McCarroll et al. 1988	Patientenanzahl	24	16	
	mittleres Alter; Jahre	13,3	13	
	mittleres Follow-Up; Monate	26	27	
	Transplantat	verschiedene	-	
	Meniskusrisse	18 (6 lateral, 12 medial)	6 (2 lateral, 4 medial)	
	Lachman	Positiv		
	Ergebnisse der Nachuntersuchung			
	gleiches Sportlevel	24	7	
	schlechteres Sportlevel	-	9	
	Meniskusrisse	1 medial	6 (2 lateral, 4 medial)	
	Re-Ruptur	-	-	
	Wachstumsstörungen	-	-	

Tabelle 18 : Studie von McCarroll et al. (1988) im tabellarischen Überblick

Moknes et al. (2008) vergleichen in ihrer Studie sieben operierte VKB-Rupturen mit 21 konservativ behandelten VKB-Rupturen. In dieser Studie erreicht die konservative Gruppe einen höheren mittleren Lysholm-Score als die operierte. 88,0 versus 84,1. 66,7% der operierten Patienten konnten hier ihr vorheriges Sportlevel wieder erreichen (vier von sechs). Bei der konservativen Gruppe waren es 13 von 20 (65,0%). Die Untersuchung auf einen positiven Pivot-Shift-Test ergab, dass bei 33,3% aller operierten ein Grad 2 oder 3 festgestellt werden konnte. Dem gegenüber stehen 85,0% der konservativ behandelten Patienten mit einem positiven Grad 2 oder 3 Test.

Studie	Evaluationsgrößen	Operativ	Konservativ
Moksnes et al. 2008	Patientenanzahl/Knie	6/7	20/21
	mittleres Alter; Jahre	14,2	10
	mittleres Follow-Up; Monate	37	24
	Transplantat	Verschiedene	-
	Meniskusrisse	6 (1 lateral, 1 medial)	-
	Ergebnisse der Nachuntersuchung		
	Pivot-Shift; Anzahl	2 Grad 1 1 Grad 2 1 Grad 3	1 Grad 1 9 Grad 2 8 Grad 3
	gleiches Sportlevel	4	13
	schlechteres Sportlevel	2	7
	Fairbank-Phänomen		
	mittlerer Lysholm- Score	84,1	88,0
	Re-Ruptur	1	-
	Wachstumsstörungen	-	-

Tabelle 19 : Moksnes et al. (2008) im tabellarischen Überblick

3.4 Operative Therapie

Die Details der enthaltenen Studien zu VKB-Rekonstruktionen bei Patienten mit offenen Wachstumsfugen wurden in Tabelle 20 aufgeführt. Das mittlere Patientenalter zur Zeit der Operation war $13,3 \pm 1,4$ Jahre. Der Datensatz umfasste neun Studien (69 Patienten, 69 Knie) zu Nähten und 48 Studien (866 Patienten, 87 Knie) zu Transplantatrekonstruktion. Die Dauer der Folgeuntersuchungen der Patienten ergab einen Median von 40 Monaten (14–89 Monate).

Informationen über Re-Rupturen und Beinlängendifferenzen oder Achsenabweichungen konnten bei 56 und 53 Studien extrahiert werden. Lysholm- und IKDC-Scores wurden bei 26 und 14 Studien gemessen.

Autor	Jahr	Patienten	Knie	Jungen	Mittleres Alter, Jahre	Meniskusrisse		Operation	Mittlere FU, Monate	Beinlängen-differenzen oder Achsenabweichungen	Re-Rupturen	IKDC A / B	Mittlerer Lysholm-Score
						medial	lateral						
Aichroth et al.	2002	45	47	71%	13,0	19%	17%	Hamstring	49	0	3	36	
Anderson	2003	12	12	83%	13,3	17%	67%	Hamstring	49	1	0	12	96,5
Andrews et al.	1994	8	8		13,5	50%	50%	gemischt	58	2	1	7	
Arbes et al.	2006	6	6					BTB		0	0	5	
Arndt et al.	1999	2	2					Naht		0	0		
Aronowitz et al.	2000	15	15	47%	13,4			gemischt	20	0	0		97,4
Attmospacher et al.	2002	8	8		10,0			Hamstring	14	0	0	6	94,0
Attmospacher et al.	2003	6	6					Naht			2	2	
Benedetto et al.	1996	5	5	40%	12,0			BTB	42	0	0		
Bisson et al.	1998	7	7	100%				Hamstring		0	1		99,0
Bollen et al.	2008	5	5	100%	13,4	20%	20%	Hamstring	35	0	0		
Brief	1991	6	6		14,8			Hamstring		0	0		
Casper et al.	2006	13	13	54%	14,7			Hamstring		0	0		
DeLee und Curtis	1982	3	3		10,7		67%	Naht	25	0	0		
Edwards und Grana	2001	19	20	37%	13,7	20%	65%	gemischt	34	1	2		97,9
Engebretsen et al.	1988	8	8	25%	15,0	38%	13%	Naht	64	0	0		
Fuchs et al.	2002	10	10	60%	13,2			gemischt	40	0	0	9	95,0
Gaudernak	1996	2	2		13,0			Naht	24	0	0		
Gaulrapp und Haus	2003	24	24		14,2			BTB		0	0	17	90,0
Gaulrapp und Haus	2006	15	15					Hamstring		0	1		
Gaulrapp und Haus	2006	5	5					Naht		0	0	2	80,0
Gebhard et al.	2006	40	40	53%	11,9			gemischt	33	0	3	35	94,3
Guzzanti et al.	2003a	5	5	100%	11,2	20%		Hamstring	69	0	0		97,0
Guzzanti et al.	2003b	10	10	100%	13,6			Hamstring	40	0	0		97,5
Henry et al.	2009	29	29	90%	12,6	10%	31%	gemischt	27	1		27	
Hoffmann et al.	1998	11	11			36%	27%	Hamstring	56	0	0		94,7
Janarv et al.	1996	15	15		14,3			gemischt	49	0	0		92,6
Kocher et al.	2005	44	44	64%	10,3	9%	52%	Hamstring	64	0	2		95,7
Kocher et al.	2007	59	61	39%	14,7	16%	41%	Hamstring	43	0	2		91,2
Kunz	1992	18	18					Naht		0	0		
Letts et al.	2000	3	3	33%	15,0			Hamstring	19	0	0		

Liddle et al.	2008	17	17	82%	12,1	41%	24%	Hamstring	44	0	1		97,5
Lipscomp und Anderson	1986	24	24	88%	14,1	50%	38%	Hamstring	35	3	0		
Lo et al.	1997	5	5		12,9	40%	40%	gemischt	89	0	0	4	
Lukas et al.	2007	16	16		13,2	13%	13%	BTB	14	0	0	16	97,0
Marx et al.	2008	55	55	60%	13,4	25%	42%	Hamstring	42	0	3		94,1
Matava und Siegel	1997	8	8	75%	14,8	13%	50%	Hamstring	32	0	1		
McCarroll et al.	1994	60	60	48%	13,7			BTB	50	0	3		
McIntosh et al.	2006	16	16	69%	13,6	31%	13%	Hamstring	41	1	2		98,8
Micheli et al.	1999	8	8	88%	11,0	38%	38%	gemischt	67	1	0		97,4
Millett et al.	2002	39	39	23%	13,6	26%	41%	gemischt		0	0		
Moksnes et al.	2008	6	7	67%	14,2	14%	14%	gemischt	37		1		84,1
Nakhostine et al.	1995	5	5	100%	14,0		20%	gemischt	53	0	0		
Parker et al.	1994	5	5		12,9			Hamstring	33	0	0		95,2
Pressman et al.	1997	6	6		12,7			Naht					
Pressman et al.	1997	11	11					gemischt		0	0		
Robert und Bonnard	1999	8	8	88%	11,4	13%	25%	BTB	37	0	0	8	
Sankar et al.	2006	26	26	50%	13,8	19%	31%	gemischt	64	0	0		97,2
Schneider et al.	2008	15	15	53%		53%	53%	Hamstring	25	0	0		96,7
Schultz et al.	1996	19	19	53%	13,0			Naht	60	0	0		
Seil und Robert	2005	15	15		11,0			BTB		5	0		
Seon et al.	2005	11	11	100%	14,7	55%	55%	Hamstring	78	4	0		97,8
Shelbourne et al.	2004	16	16	69%	14,8	38%	56%	BTB		0	1		
Sobau und Ellermann	2004	25	25		14,2	24%	40%	Hamstring	31	0	3		96,0
Thompson et al.	2006	30	30					Hamstring		0	1		
Vaquero et al.	2005	15	15	40%	13,6			gemischt	27	0	1		
Wahler et al.	1998	16	16		15,8			BTB			0		

Tabelle 20 : Übersicht operative Studien

3.4.1 Risiken der operativen Therapie

Das relative Risiko für Beinlängendifferenzen oder Achsenabweichungen nach operativer Behandlung von ACL-Rupturen bei Patienten im Wachstumsalter beträgt 2,1% (19 / 906). Elf Patienten mit zwölf Knien wiesen Beinlängendifferenzen von 10 mm oder mehr auf (Anderson 2003, Andrews et al. 1994, Edwards und Grana 2001, Lipscomb und Anderson 1986, McIntosh et al. 2006, Micheli et al. 1999, Seil und Robert 2005, Seon et al. 2005). In acht Fällen war das operierte Bein länger und in vier Fällen kürzer.

Re-Rupturen traten in 3,8% der Fälle auf (34/906)

Die Wahrscheinlichkeit der normalen oder annähernd normalen Kniefunktion (anhand von IKDC A- und B-Graden ermittelt) war 83,0% (186/224). Der mittlere Lysholm-Score von 389 Patienten lag bei 94,8 Punkten.

4. Diskussion

Diese Studie präsentiert die Ergebnisse einer quantitativen Analyse von veröffentlichten Daten über die konservative und operative Behandlung bei vorderen Kreuzbandrissen bei Patienten mit offenen Wachstumsfugen. .

4.1 Konservative Therapie bei VKB-Ruptur

Lange Zeit galt die konservative Therapie als erste Wahl bei VKB-Rupturen bei Patienten mit noch offenen Wachstumsfugen (Mohtadi und Grant 2006). Mittlerweile geht der Trend eher zur operativen Behandlung hin (McCarroll et al. 1994, Marx et al. 2008), da die konservative Behandlung relativ häufig zu nicht zufriedenstellenden Ergebnissen führen kann. Aichroth et al. 2002 und auch Moksnes et al. 2008 berichten jeweils von sechs nachträglich durchgeführten VKB-Rekonstruktionen aufgrund von Beschwerden und pathologischer Veränderungen des Kniegelenks, wie Meniskusschäden und Knorpeldegenerationen.

Als ein wichtiger Grund für dieses gehäufte Auftreten, der schlechten klinischen Ergebnisse wird eine fehlende Compliance der jungen Patienten angeführt, die trotz des Hinweises sich zu schonen, kurz nach Verlassen des Krankenhauses, ihre sportlichen Aktivitäten, aufgrund von Schmerzfreiheit, wieder aufnehmen (Aichroth et al. 2002, Lukas et al. 2007).

4.2 Konservative Therapie versus operative Therapie

Die vorliegende Studie belegt, dass die konservative Therapie der vorderen Kreuzbandruptur im Wachstumsalter deutlich schlechtere Ergebnisse zeigt als die operative Therapie.

4.2.1 Lysholm Score

Der signifikante Unterschied bei der vergleichenden Betrachtung des Lysholm-Scores ließ ein besseres Ergebnis bei den operativ versorgten Kindern darstellen.

Wie im Boxplot (Diagramm 1) erkennbar, konnten bei den operativ Versorgten alle Untersucher/Operateure, bis auf eine Ausnahme (Moksnes et al. 2008), einen höheren Score erreichen als die Patienten mit konservativ versorgter VKB-Ruptur.

Selbst der höchste erreichte Score nach konservativer Behandlung (Moksnes et al. 2008 [88,0]) liegt unter dem Mittelwert (95,5) des Scores nach VKB-Rekonstruktion.

Somit lässt der höhere Wert des mittleren Lysholm-Scores bei operativer Therapie auf einen besseren Behandlungserfolg schließen.

Bei der operativ versorgten Gruppe zeigte sich in vorliegender Studie auch längerfristig nach der Operation ein meist anhaltend gutes Ergebnis, was ebenfalls dafür spricht bei Patienten mit offenen Wachstumsfugen die vordere Kreuzbandplastik durchzuführen! Die konservativ Behandelten hatten jedoch mit zunehmender Nachuntersuchungsdauer eine immer größer werdende Chance auf schlechtere Ergebnisse (Arbes et al. 2007, Mizuta et al. 1995). Dabei bleibt aber zu beachten, dass nur vier Untersucher der konservativ Behandelten den Lysholm-Score erfasst haben und somit die Aussagekraft beschränkt ist (Aichroth et al. 2002, Janarv et al. 1996, Mizuta et al 1995, Moksnes et al. 2008).

4.2.2 Giving Way

Auch bei der Analyse des Giving-Way-Phänomens konnte ein signifikanter Unterschied durch den t-Test ermittelt werden (Diagramm 4). Bei den operierten Kindern konnte meistens ein gutes oder sehr gutes Ergebnis erzielt werden. Nur in einer Studie wurde über das Auftreten des Giving-Way bei zwei Kindern berichtet, was bei dieser Studie einem Anteil von 16,7% entspricht (Anderson et al. 2003). Auch hier lag das Maximum (16,7%) der bei den operierten Patienten im Wachstumsalter auftretenden Giving-Way-Phänomenen deutlich unter dem Mittelwert der konservativ therapierten Kinder (89,5%). Somit kann man bei fast neun von zehn konservativ behandelten VKB-Rupturen mit einem Auftreten eines Giving-Way-Phänomens rechnen. Aufgrund des Giving-Way-Phänomens ist deshalb die operative Therapie der vorderen Kreuzbandruptur im Wachstumsalter zu favorisieren. Dennoch sollte man bei Betrachtung der Ergebnisse an die Bias bzw. Publikationsbias denken, wobei es sich um die Tendenz handelt, nur positive Ergebnisse zu veröffentlichen. Weiterhin könnte man annehmen, dass nicht alle der teilweise sehr jungen Patienten, aufgrund ihres Alters, in der Lage waren, Angaben über das Giving-Way Phänomen zu geben, weil sie sich noch nicht konkret über ihre Beschwerden äußern konnten.

4.2.3 Sportniveau

Zu einem ähnlichen Schluss führte auch die Auswertung des Sportniveaus auf dem sich die Kinder bewegten, welches sowohl vor Ruptur als auch bei der Nachuntersuchung evaluiert wurde.

Aufgrund der bestehenden Signifikanz ($p < 0,05$) kann man auch hier wieder einen deutlichen Unterschied zwischen operativ und konservativ erkennen. Wie schon beim Lysholm-Score und auch beim Giving-Way liegt der Anteil (91,2%) der Patienten, die ihr ursprüngliches Sportniveau wiedererlangen konnten, bei der operierten Gruppe über dem Maximalwert (85,7%) (Janarv et al. 1996) der konservativ versorgten Gruppe. Nur drei der 27 operativen Studien blieben im Mittel unter 80% des ursprünglichen Sportniveaus (Anderson 2003, McIntosh et al. 2006, Schneider et al. 2008). Nur ein Untersucher konnte bei der konservativen Gruppe einen Wert von über 80% ermitteln (Janarv et al. 1996).

Der Einfluss des Publikationsjahres auf das Outcome des Sportniveaus schien jedoch ein Vorteil der konservativ behandelten Patienten gegenüber den operativ behandelten zu sein. Das heißt, dass mit zunehmender Aktualität der Studien bei den operierten Patienten das Outcome des Sportniveaus geringfügig schlechter wurde. Bei den Konservativen nahm mit zunehmender Aktualität auch die Erreichung des ursprünglichen Sportniveaus zu. Den gravierenden Unterschieden des Outcomes bei den Konservativen könnten verschiedenen Behandlungsmodalitäten zwischen den einzelnen Ländern (USA, Skandinavien) zugrunde liegen (Moksnes et al. 2008). Es gilt zu beachten, dass der Durchschnitt der konservativ behandelten Patienten unter dem der operierten lag. Die Verbesserung des Sportniveau-Outcomes bei den konservativ behandelten Kindern lässt sich vermutlich mit den sich im Laufe der Zeit verbesserten Behandlungsmethoden erklären. Weiterhin sollte berücksichtigt werden, dass ein weniger das Kreuzband belastendes Sportniveau (Freizeit-Radfahrer) eher wieder erlangt werden kann, als ein ursprünglich viel höheres, wie zum Beispiel die Rückkehr zum Leistungssport (Fußballer) (Moksnes et al. 2008). Außerdem könnte auch eine im Laufe der Jahre immer besser werdende Studienlage ein Grund für das besser werdende Outcome sein, weil schon bei Patienten mit bereits vorhandenen Problemen, kein konservativer Behandlungsversuch mehr eingeleitet wurde.

Allerdings existieren auch einzelne Fälle, bei denen recht gute Ergebnisse trotz konservativer Behandlung erzielt wurden konnten (Moksnes et al. 2008, Janarv et al. 1996). Leider ist es aber fast unmöglich diese Patienten, vor der Entscheidung operativ oder konservativ zu behandeln, zu identifizieren.

4.2.4 Lachman-Test

Bei der klinischen Nachuntersuchung der behandelten Kinder und Jugendlichen mit VKB-Rupturen konnte anhand des Lachman-Tests ein signifikanter Unterschied zwischen konservativ und operativ Behandelten festgestellt werden.

Der Anteil an Patienten mit einem positiven Lachman-Test Grad 2 oder 3 von 13,6 ($\pm 2,4$)% in der operativen Gruppe lag signifikant unter dem der konservativen, mit durchschnittlich 77,5 ($\pm 43,7$)%. Diese Werte implizieren erneut ein schlechteres Outcome der konservativen Therapie.

Bei drei der operativen Studien war allerdings der Lachman-Test bei über 50% der Patienten positiv (Schultz et al. 1996, Engebretsen et al. 1988, Nakhostine et al. 1995). Auffallend hierbei war, dass bei zwei der Studien ausschließlich die Kreuzbandnaht als OP-Technik zum Einsatz kam (Schultz et al. 1996, Engebretsen et al. 1988). Bei Nakhostine et al. (1995) wurden nur fünf Patienten untersucht, von denen vier einen positive Lachman-Test Grad 2 aufwiesen. Zwei dieser Patienten litten unter einer chronischen Kreuzbandinsuffizienz und zwei unter einer zusätzlichen Verletzung des medialen Kollateralbandes, welches die Gründe für die schlechteren Ergebnisse beim Lachman-Test sein könnten.

Bei der Betrachtung des Publikationsjahres der operativen Studien konnte festgestellt werden, dass die Studien mit den schlechteren Ergebnissen zu den etwas früher veröffentlichten gehören. Tendenziell ließ sich erkennen, dass mit zunehmender Aktualität der Studie die Chance auf einen positiven Lachman-Test abnahm (Aronowitz et al. 2000, Shelbourne et al. 2004, Kocher et al. 2007). Dies traf für die konservativ therapierten Patienten nicht zu, da hier das Veröffentlichungsjahr keine Rolle zu spielen schien.

Bei der Auswertung des Einflusses der Nachuntersuchungsdauer auf das Outcome konnte bei beiden Patienten-Gruppen eine positive Korrelation festgestellt werden. Somit kann man sagen, dass sowohl bei den Operierten als auch bei den konservativ Behandelten mit zunehmender Nachuntersuchungsdauer die Wahrscheinlichkeit auf einen positiven Lachman-Test Grad 2 oder 3 tendenziell steigt.

Allerdings lag die mittlere Wahrscheinlichkeit bei den konservativ therapierten Patienten deutlich höher. Demnach wäre es wohl wahrscheinlich, dass wenn die Untersucher der Studien mit kürzerer Nachuntersuchungszeit, längere Nachuntersuchungszeiten gewählt hätten, es sowohl bei den konservativen als auch bei den operativen Studien zu einem vermehrten Auftreten eines Lachman-Tests gekommen wäre. Das häufigere Auftreten bei den konservativ Behandelten Patienten lässt sich vermutlich damit erklären, dass es kaum möglich ist Patienten, bei denen es zu Problemen kommen könnte, bereits primär zu identifizieren.

4.3 VKB-Rekonstruktion

Die klinischen Resultate einer vorderen Kreuzbandrekonstruktion können bei Kindern weniger zufriedenstellend sein als bei Erwachsenen. Gründe hierfür sind zum einen zu spät durchgeführte Rekonstruktionen und zum anderen von der Patientenseite aus die nicht sorgfältige und schonende Behandlung der Rekonstruktionen (fehlende Compliance: z.B. zu frühzeitige Überbeanspruchung) trotz Aufklärung (Aichroth et al. 2002, Lukas et al. 2007). Daraus können postoperative Probleme resultieren wie zum Beispiel Unterschiede in den Beinlängen oder auch Achsenabweichungen. Auch sind mehrfach postoperative Rupturen von VKB-Transplantaten dokumentiert wurden (Tab. 20).

4.3.1 Achsenabweichungen und Beinlängendifferenzen

Die für diese Studie definierten Parameter bei Wachstumsstörungen, wurden absichtlich niedrig gewählt um alle Patienten, bei denen Beinlängendifferenzen oder Achsenabweichungen in der Literatur beschrieben wurden, zu erfassen und um die geschätzte Zahl der unbekanntes Fälle so gering wie möglich zu halten. In einigen Studien wurden die Begrenzungen für Wachstumsstörungen höher als in dieser Studie festgesetzt (Seon et al. 2005, Gaulrapp und Haus 2003, Matava und Siegel 1997). Aufgrund dessen konnten womöglich nicht alle Wachstumsstörungen auf dem Niveau, das hier verlangt wurde, in dieser Studie eingeschlossen werden.

4.3.1.1 Genu recurvatum

Das Genu recurvatum wurde nur bei den fugenschonenden Techniken beobachtet (Seil und Robert 2005, Meller et al. 2008). Es wurden bereits verschiedene, mögliche Gründe für die Entstehung eines Genu recurvatum diskutiert. Einerseits könnte, aufgrund der Lage des tibialen Bohrkanals, die Apophyse der proximalen Tibia oder die ventralen Region der Wachstumsfuge geschädigt werden, welche eventuell die frühe Verknöcherung des anterioren Teils der Wachstumsfuge induziert (Seil und Robert 2005, Seil et al. 2008, Meller et al. 2008). Tangentiales Bohren in der Nähe der Wachstumsfuge (wie öfters bei fugenschonenden Techniken angewendet) kann auch einen Hitzeschaden an der Epiphyse verursachen, was womöglich zu einem vorzeitigem Verschluss führen könnte (Sobau et al. 2004). Eine andere Möglichkeit für die Entwicklung eines Genu recurvatum, speziell bei den fugenschonenden Techniken, ist, dass das Wachstum der Fuge auf der ventralen Seite eventuell vom Transplantat behindert werden kann, welches proximal der Fuge aus dem Gelenk kommt und distal der tibialen Wachstumsfuge befestigt wird.

4.3.1.2 Beinlängenunterschiede

Ob Unterschiede bezüglich der Beinlänge durch eine optimierte chirurgische Technik bei vorderen Kreuzbandrekonstruktionen bei Patienten mit offenen Wachstumsfugen, vermieden werden können, ist noch nicht geklärt. Wie Tierexperimente gezeigt haben können durch ein geeignetes operatives Verfahren prinzipiell Wachstumsstörungen und insbesondere Unterschiede bezüglich der Beinlänge vermieden werden (Meller et al. 2008).

In der Region des Bohrkanals ist eine Reaktion der Epiphysenfuge nachweisbar, so dass auch ohne eine darauffolgende Wachstumsstörung eine histologische Stimulation der Wachstumsfuge mit daraus resultierender Aktivierung des Längenwachstums in bestimmten Fällen schwer zu vermeiden ist. McIntosh et al. verzeichneten eine mittlere Verlängerung des operierten Beines von 6.2 Millimeter. 15 der 16 Patienten, die untersucht wurden, hatten postoperative Beinlängenunterschiede, welche anhand von exakten Beinlängenmessungen prä- und postoperativ ermittelt wurden (McIntosh et al. 2006). Verkürzungen des Beines könnten auch durch Klammern, die die tibiale und femorale Wachstumsfuge blockieren, zustande kommen (Libscomb und Anderson 1986).

Eine Beinverkürzung wurde auch bei einer angeborenen Beinlängendifferenz mit anschließender VKB-Insuffizienz beobachtet (Micheli et al. 1999). Ein weiterer Fall von Wachstumsstörungen wurde nach einem kontralateralen Femurbruch beschrieben (Nakhostine et al. 1995). Problematisch bei den Beinlängenmessungen ist bei vielen Studien, dass leider die Beinlängen präoperativ nicht akkurat gemessen wurden (Anderson 2003, Seon et al. 2005).

4.3.1.3 Genu valgum

Ein Genu valgum kann durch Implantatmaterial verursacht werden, welches benutzt wird, um die femurale Wachstumsfuge am posterolateralen Rand durchzubohren (Koman und Sanders 1999). Anhand von Studien an Tieren weiß man, dass periphere, transphysäre Bohrkanäle mit einer Schädigung der Ranvier-Furche (zirkumferentielle Furche in der Peripherie des epiphysären Knorpels) einhergehen können, was zu einem vorzeitigen Verschluss der Wachstumsfuge am seitlichen Femur führen kann und folglich auch zu einem Genu valgum (Seil et al. 2008).

Deshalb sollte man immer daran denken, dass für die Platzierung des femuralen Bohrkanals in einer dorsalen Position, eine ausreichend breite, knöcherne Brücke zum posterolateralen Femurrand verbleiben muss. Weiterhin ist es immer wichtig zu garantieren, dass Weichteile des Transplantats auf Höhe der Wachstumsfuge im Bohrkanal verbleiben, da eine Wachstumsstörung mit vorzeitigem Fugenschluss auch durch einen leeren Bohrkanal verursacht werden kann (Seil et al. 2008).

4.5 Grenzen der Studie

Die Resultate und die Daten, die hier gesammelt wurden, müssen im Licht der Tatsache interpretiert werden, dass alle enthaltenen Publikationen unkontrollierte Fall-Serien sind.

Man könnte eventuell bemängeln, dass das Zusammenfassen der Ergebnisse dieser Art von Studien nicht angebracht und irreführend ist. In der klinischen Praxis jedoch, können grobe, zusammenfassende Schätzungen der voraussichtlichen Ergebnisse bei einem bestimmten Eingriff hilfreicher sein, als tabellierte Daten, zum abwägen zwischen Nutzen und Schaden und für die Beratung der Patienten und deren Verwandten.

Trotzdem gilt es noch einmal zu betonen, dass alle hier dargestellten Ergebnisse unbedingt deskriptiv interpretiert werden müssen. Auch ist zu beachten, dass immer ein Publikationsbias besteht, sodass eventuell Studien mit negativen oder nicht signifikanten Ergebnissen nicht veröffentlicht wurden (Ressing et al. 2009). Die gemachten Entdeckungen könnten eventuell für zukünftige Studien zu diesem Thema hilfreich sein.

5. Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, die postoperativen klinischen Ergebnisse und Achsenabweichungen/Beinlängendifferenzen zu analysieren, die nach einer vorhergehenden vorderen Kreuzbandrekonstruktion oder auch nach konservativer Behandlung einer vorderen Kreuzbandruptur auftraten. Es wurden deshalb Unterschiede hinsichtlich des klinischen Outcomes untersucht.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass nach Auswertung der Beobachtungsstudien, die Komplikationsrate bei der konservativen Behandlung hinsichtlich aller untersuchten Aspekte relativ hoch war. Es existiert aber trotzdem ein nicht unerheblicher Anteil an Patienten, die bei konservativer Behandlung gute Ergebnisse erzielt haben (Janarv et al. 1996, Moksnes et al. 2008). Auch muss konstatiert werden, dass keine Achsenabweichungen oder Beinlängendifferenzen auftraten. Ein großes Problem in der konservativen Therapie liegt darin, dass es sehr schwer ist, schon primär die Patienten zu identifizieren, bei denen sich möglicherweise Komplikationen entwickeln könnten. Die operative Therapie bringt jedoch bessere Ergebnisse und die Rate an Beinlängendifferenzen und Achsabweichungen ist recht gering. Das relative Risiko für Unregelmäßigkeiten beim Wachstum lag in dieser Studie bei 2,1%, aber eine zusätzliche Anzahl von unbekanntem Fällen muss angenommen werden. Eine sorgfältige Evaluation während der Folgeuntersuchungen könnte eine höhere Anzahl an Achsenabweichungen und Beinlängendifferenzen aufdecken, selbst wenn diese in den ersten Jahren nach der Operation noch nicht klinisch relevant sind (Kocher et al. 2002). Den gemachten Entdeckungen entsprechend empfehlen wir großzügig die Operation, da der Schaden bei erfolgloser konservativer Therapie sehr groß sein kann

Für zukünftige Studien sollten einheitlichere Nachuntersuchungsmethoden bzw. Studiendesigns verwendet werden. Wünschenswert wären zum Beispiel mehrere randomisierte, kontrollierte klinische Studien, bei denen konservativ Behandelte mit Operierten hinsichtlich der Nachuntersuchungsmethoden sehr exakt verglichen werden (Mohtadi und Grant 2006). Dies ist aber, bezüglich der in dieser Arbeit gemachten Ergebnisse, ethisch nicht vertretbar. Auch die hohe Anzahl der Patienten, die für so eine Studie notwendig wäre, ist wohl schwerlich zu bewältigen, da die Ruptur des vorderen Kreuzbandes bei Kindern, trotz steigender Inzidenz, ein zufälliges und auch seltenes Ereignis ist.

Weiterhin ist bei diesen Patienten eine lange Nachuntersuchung für aussagekräftige Ergebnisse notwendig. Aber gerade bei jungen Patienten ist dies durch eventuelle berufs- oder ausbildungsbedingte Ortswechsel nur bedingt möglich.

Abschließend und bezogen auf die in dieser Meta-Analyse gemachten Entdeckungen sollte der Trend dahingehen, dass die konservative Versorgung, bis auf spezielle Einzelfälle, der Vergangenheit angehört, da das Auftreten schlechter funktioneller Ergebnisse mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit verbunden ist. Hinsichtlich der Operation der vorderen Kreuzbänder wären randomisierte, kontrollierte klinische Studien, bei denen die verschiedenen chirurgischen Techniken noch einmal genau untereinander verglichen werden, erstrebenswert.

Literaturverzeichnis

- Adams AL, Schiff MA (2006): Childhood soccer injuries treated in U.S. emergency departments. *Acad Emerg Med* 13, 571-574
- Aichroth PM, Patel DV, Zorrilla P (2002): The natural history and treatment of rupture of the anterior cruciate ligament in children and adolescents. A prospective review. *J Bone Joint Surg Br* 84-B, 38-41
- Anderson AF (2003): Transepiphyseal replacement of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am* 85-A, 1255-1263
- Andrews M, Noyes FR, Barber-Westin SD (1994): Anterior cruciate ligament allograft reconstruction in the skeletally immature athlete. *Am J Sports Med* 22, 48-54
- Arbes S, Resinger C, Vecsei V, Nau T (2007): The functional outcome of total tears of the anterior cruciate ligament (ACL) in the skeletally immature patient. *Int Orthop* 31, 471-475
- Arndt S, Besch L, Havemann D (1999): Internal knee injuries in children. *Unfallchirurg* 102, 619-624
- Aronowitz ER, Ganley TJ, Goode JR, Gregg JR, Meyer JS (2000): Anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes. *Am J Sports Med* 28, 168-175
- Attmanskpacher W, Dittrich V, Stedtfeld HW (2002): Reconstruction of Childrens' Cruciate Ligament Ruptures by Applying Trans-Fix®-Instruments. *Akt Traumatol* 32, 16-19
- Attmanskpacher W, Dittrich V, Stedtfeld HW (2003): Results on treatment of anterior cruciate ligament rupture of immature and adolescents. *Unfallchirurg* 106, 136-143

Bales CP, Guettler JH, Moorman III CT (2004): Anterior cruciate ligament injuries in children with open physes: evolving strategies of treatment. *Am J Sports Med* 32, 1978-1985

Benedetto KP, Götzer W, Fink C (1996): Die vordere Kreuzbandplastik beim Jugendlichen mit noch offenen Epiphysenfugen. *Acta Chir Aust* 28, 23-25

Bhandari M, Haynes RB (2005): How to appraise the effectiveness of treatment. *World J Surg* 29, 570-575

Bisson LJ, Wickiewicz T, Levinson M, Warren R (1998): ACL reconstruction in children with open physes. *Orthopedics* 21, 659-663

Bollen S, Pease F, Ehrenraich A, Church S, Skinner J, Williams A (2008): Changes in the four-strand hamstring graft in anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally-immature knee. *J Bone Joint Surg Br* 90, 455-459

Brief LP (1991): Anterior cruciate ligament reconstruction without drill holes. *Arthroscopy* 7, 350-357

Casper D, Herrmann D, Ekkernkamp A, Nowotny T (2006): Vordere Kreuzbandruptur bei offenen Wachstumsfugen. *Trauma Berufskrankh* 8, 38-41

Damore DT, Metzl JD, Ramundo M, Pan S, Van Amerongen R (2003): Patterns in childhood sports injury. *Pediatr Emerg Care* 19, 65-67

DeLee JC, Curtis R (1983): Anterior cruciate ligament insufficiency in children. *Clin Orthop Relat Res* 172, 112-118

Edwards PH, Grana WA (2001): Anterior cruciate ligament reconstruction in the immature athlete: long-term results of intra-articular reconstruction. *Am J Knee Surg* 14, 232-237

Emery CA, Meeuwisse WH (2006): Injury rates, risk factors, and mechanisms of injury in minor hockey. *Am J Sports Med* 34, 1960-1969

Emery CA, Meeuwisse WH, Hartmann SE (2005): Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer: implementation and validation of an injury surveillance system. *Am J Sports Med* 33, 1882-1891

Emery CA, Meeuwisse WH, McAllister JR (2006): Survey of sport participation and sport injury in Calgary and area high schools. *Clin J Sport Med* 16, 20-26

Engbretsen L, Svenningsen S, Benum P (1988): Poor results of anterior cruciate ligament repair in adolescence. *Acta Orthop Scand* 59, 684-686

Fairbank TJ (1948): Knee joint changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg* 30-B, 664-70

Frosch KH, Floerkemeier, Abicht C, Adam P, Dathe H, Fanghänel J, Stürmer KM, Kubein-Meesenburg D, Nägerl H (2009): Eine neuartige Knieendoprothese mit physiologischer Gelenkform. Teil 1: Biomechanische Grundlagen und tribologische Untersuchungen. *Unfallchirurg* 112, 168-175

Fuchs R, Wheatley W, Uribe JW, Hechtman KS, Zvijac JE, Schurhoff MR (2002): Intra-articular anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon allograft in the skeletally immature patient. *Arthroscopy* 18, 824-828

Gaudernak T (1996): Operationsindikation für extraartikuläre Operationstechniken bei der vorderen Kreuzbandinsuffizienz bei Kindern und Jugendlichen. *Acta Chir Austr* 28, 21-23

Gaulrapp H, Haus J (2003): Ergebnisse verschiedener operativer Behandlungsverfahren bei vorderen Kreuzbandverletzungen im Kindes- und Jugendalter: Stabilität ohne Wachstumsfehler. *Arthroscopie* 16, 239-251

Gaulrapp HM, Haus J (2006): Intraarticular stabilization after anterior cruciate ligament tear in children and adolescents: results 6 years after surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14, 417-424

Gebhard F, Ellermann A, Hoffmann F, Jaeger JH, Friederich NF (2006): Multicenter-study of operative treatment of intraligamentous tears of the anterior cruciate ligament in children and adolescents: comparison of four different techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14, 797-803

Giza E, Micheli LJ (2005): Soccer injuries. *Med Sport Sci* 49, 140-169

Graf BK, Lange RH, Fujisaki CK (1992): Anterior cruciate ligament tears in skeletally immature Patients: Meniscal pathology at presentation and after attempted conservative treatment *Arthroscopy* 8, 229-233

Grifka J, Dullien S: Spezielle Anatomie und Biomechanik: in: Knie und Sport. Empfehlungen von Sportarten aus orthopädischen und sportwissenschaftlicher Sicht. *Deutscher Ärzte Verlag*, Köln 2009: 1-11

Guzzanti V, Falciglia F, Stanitski CL (2003a): Physeal-sparing intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction in preadolescents. *Am J Sports Med* 31, 949-953

Guzzanti V, Falciglia F, Stanitski CL (2003b): Preoperative evaluation and anterior cruciate ligament reconstruction technique for skeletally immature patients in Tanner stages 2 and 3. *Am J Sports Med* 31, 941-948

Harmer PA (2005): Basketball injuries. *Med Sport Sci* 49, 31-61

Henry J, Chotel F, Chouteau J, Fessy MH, Berard J, Moyon B (2009): Rupture of the anterior cruciate ligament in children: early reconstruction with open physes or delayed reconstruction to skeletal maturity? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17, 748-755

Hoffmann F, Friebel H, Schiller M, Reif G (1988): Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur bei offenen Wachstumsfugen. *Arthroskopie* 11, 28-33

Jäger M, Wirth CJ: Praxis der Orthopädie, Thieme, Stuttgart New York 1986: 980

Janarv PM, Nystrom A, Werner S, Hirsch G (1996): Anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients. *J Pediatr Orthop* 16, 673-677

Kannus P, Järvinen M. Knee Ligament injuries in adolescents. Eight year follow-up of conservative management. *J Bone Joint Surgery [BR]* 1988; 70-B:772-776

Kibler WB, Safran M. Tennis injuries. *Med Sport Sci.* 2005; 48:120-137

Kocher MS, Saxon HS, Hovis WD, Hawkins RJ (2002): Management and complications of anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients: survey of the Herodicus Society and The ACL Study Group. *J Pediatr Orthop* 22, 452-457

Kocher MS, Garg S, Micheli LJ (2006): Physeal sparing reconstruction of the anterior cruciate ligament in skeletally immature prepubescent children and adolescents. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 88, 283-293

Kocher MS, Smith JT, Zoric BJ, Lee B, Micheli LJ (2007): Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature pubescent adolescents. *J Bone Joint Surg Am* 89, 2632-2639

Koman JD, Sanders JO (1999): Valgus deformity after reconstruction of the anterior cruciate ligament in a skeletally immature patient. A case report. *J Bone Joint Surg Am* 81, 711-715

Kunz M (1992): Injuries of the cruciate ligament in children caused by sports accidents. *Sportverletz Sportschaden* 6, 2-5

Letts RM, Davidson D, Pressman A (2000): Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes bei Kindern. *Oper Orthop Traumatol* 12, 146-153

Leininger RE, Knox CL, Comstock RD (2007): Epidemiology of 1.6 million pediatric soccer-related injuries presenting to US emergency departments from 1990 to 2003. *Am J Sports Med* 35, 288-293

Liddle AD, Imbuldeniya AM, Hunt DM (2008): Transphyseal reconstruction of the anterior cruciate ligament in prepubescent children. *J Bone Joint Surg Br* 90, 1317-1322

Lipscomb AB, Anderson AF (1986): Tears of the anterior cruciate ligament in adolescents. *J Bone Joint Surg Am* 68, 19-28

Lo IK, Kirkley A, Fowler PJ, Miniaci A (1997): The outcome of operatively treated anterior cruciate ligament disruptions in the skeletally immature child. *Arthroscopy* 13, 627-634

Lukas C, Eberhardt O, Wirth T, Fernandez F (2007): Results of ACL reconstruction with a periosteum-patella tendon-periosteum graft in growth age. *Z Orthop Unfall* 145, 706-711

Lysholm J, Gillquist J (1982): Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 10, 150-154

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

Mankovsky AB, Mendoza-Sagaon M, Cardinaux C, Hohlfeld J, Reinberg O (2002): Evaluation of scooter-related injuries in children. *J Pediatr Surg* 37, 755-759

Marx A, Siebold R, Sobau C, Saxler G, Ellermann A (2008): ACL reconstruction in skeletally immature patients. *Z Orthop Unfall* 146, 715-719

Matava MJ, Siegel MG (1997): Arthroscopic reconstruction of the ACL with semitendinosus-gracilis autograft in skeletally immature adolescent patients. *Am J Knee Surg* 10, 60-69

McCarroll JR, Rettig JC, Shelbourne KD (1988): Anterior cruciate ligament injuries in the young athlete with open physes. *Am J Sports Med* 16, 44-47

McCarroll JR, Shelbourne KD, Porter DA, Rettig AC, Murray S (1994): Patellar tendon graft reconstruction for midsubstance anterior cruciate ligament rupture in junior high school athletes. An algorithm for management. *Am J Sports Med* 22, 478-484

McIntosh AL, Dahm DL, Stuart MJ (2006): Anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally immature patient. *Arthroscopy* 22, 1325-1330

McIntosh AS (2005): Rugby injuries. *Med Sport Sci* 49, 120-139

Meller R, Kendoff D, Hankemeier S, Jagodzinski M, Grotz M, Knobloch K et al. (2008): Hindlimb growth after a transphyseal reconstruction of the anterior cruciate ligament: a study in skeletally immature sheep with wide-open physes. *Am J Sports Med* 36, 2437-2443

Meyers MC, Laurent CM, Jr., Higgins RW, Skelly WA (2007): Downhill ski injuries in children and adolescents. *Sports Med* 37, 485-499

Micheli LJ, Rask B, Gerberg L (1999): Anterior cruciate ligament reconstruction in patients who are prepubescent. *Clin Orthop Relat Res* 364, 40-47

Millett PJ, Willis AA, Warren RF (2002): Associated injuries in pediatric and adolescent anterior cruciate ligament tears: does a delay in treatment increase the risk of meniscal tear? *Arthroscopy* 18, 955-959

Mizuta H, Kubota K, Shiraishi M, Otsuka Y, Nagamoto N, Takagi K (1995): The conservative treatment of complete tears of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. *J Bone Joint Surg Br* 77, 890-894

Moher D, Cook DJ, Eastwood S, Olkin I, Rennie D, Stroup DF (1999): Improving the quality of reports of meta-analyses of randomised controlled trials: the QUOROM statement. Quality of Reporting of Meta-analyses. *Lancet* 354, 1896-1900

Mohtadi N, Grant J (2006): Managing Anterior Cruciate Ligament Deficiency in the Skeletally Immature Individual: A Systematic Review of the Literature. *Clin J Sport Med* 16, 457-464

Moksnes H, Engebretsen L, Risberg MA (2008): Performance-based functional outcome for children 12 years or younger following anterior cruciate ligament injury: a two to nine-year follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16, 214-223

Moustaki M, Pitsos N, Dalamaga M, Dessypris N, Petridou E (2005): Home and leisure activities and childhood knee injuries. *Injury* 36, 644-650

Nakhostine M, Bollen SR, Cross MJ (1995): Reconstruction of mid-substance anterior cruciate rupture in adolescents with open physes. *J Pediatr Orthop* 15, 286-287

Parker AW, Drez D, Jr., Cooper JL (1994): Anterior cruciate ligament injuries in patients with open physes. *Am J Sports Med* 22, 44-47

Parkkari J, Pasanen K, Mattila VM, Kannus P, Rimpelä A (2008): The Risk for a cruciate ligament injury of the knee in adolescents and young adults: a population based cohort study of 46 500 people with a 9 year follow-up. *Br J Sports Med* 42, 422-426

Pressman AE, Letts RM, Jarvis JG. Anterior cruciate ligament tears in children: an analysis of operative versus nonoperative treatment. *J Pediatr Orthop* 17, 505-511

Price RJ, Hawkins RD, Hulse MA, Hodson A (2004): The Football Association medical research programme: an audit of injuries in academy youth football. *Br J Sports Med* 38, (4):466-471

Ressing M, Blettner M, Klug SJ (2009): Systematische Übersichtsarbeiten und Metaanalysen: Teil 6 der Serie zur Bewertung wissenschaftlicher Publikationen *Dtsch Arztebl Int* 106, 456-463

Risberg MA, Holm I, Steen H, Beynon BD (1999): Sensitivity to changes over time for the IKDC form, the Lysholm score, and the Cincinnati knee score. A prospective study of 120 ACL reconstructed patients with a 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7, 152-159

Robert H, Bonnard C (1999): The possibilities of using the patellar tendon in the treatment of anterior cruciate ligament tears in children. *Arthroscopy* 15, 73-76

Sankar WN, Wells L, Sennett BJ, Wiesel BB, Ganley TJ (2006): Combined anterior cruciate ligament and medial collateral ligament injuries in adolescents. *J Pediatr Orthop* 26, 733-736

Schiebler TH: Bewegungsapparat; in: Schiebeler Anatomie; Springer, Heidelberg, 2005: 330-336

Schneider FJ, Kraus T, Linhart WE (2008): Anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus tendon in children. *Oper Orthop Traumatol* 20, 409-422

Schultz A, Skorpik G, Gaudernak T (1996): Ergebnisse der operierten vorderen Kreuzbandruptur bei Kindern. *Acta Chir Austr* 28, 25-26

Seil R, Robert H (2005): VKB-Plastik bei offenen Wachstumsfugen. *Arthroskopie* 18, 48-52

Seil R, Pape D, Kohn D (2008): The risk of growth changes during transphyseal drilling in sheep with open physes. *Arthroscopy* 24, 824-833

Seon JK, Song EK, Yoon TR, Park SJ (2005): Transphyseal reconstruction of the anterior cruciate ligament using hamstring autograft in skeletally immature adolescents. *J Korean Med Sci* 20, 1034-1038

Sgaglione NA, Del Pizzo W, Fox JM, Friedman MJ (1995): Critical analysis of knee ligament rating systems. *Am J Sports Med* 23, 660-667

Shelbourne KD, Gray T, Wiley BV (2004): Results of transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft in tanner stage 3 or 4 adolescents with clearly open growth plates. *Am J Sports Med* 32, 1218-1222

Sobau C, Ellermann A (2004): Anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons in the young. *Unfallchirurg* 107, 676-679

Streek U, Focke J, Klimpel L, Noack DM: Die Hüfte; in: Manuelle Therapie und komplexe Rehabilitation. Springer Heidelberg 2007: 152

Strobel MJ, Weiler A: Vordere Kreuzbandinsuffizienz; in: Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Knie; Wirth CJ, Zichner L, Kohn D: Thieme, Stuttgart, 2005: 263-288

Stuart MJ (2005): Gridiron football injuries. *Med Sport Sci* 49, 62-85

Tegner Y, Lysholm J (1985): Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries *Clin Orthop* 198, 43-9

Thompson M, Flynn J, Wells L, Ganley TJ (2006): Single incision arthroscopic ACL reconstruction in skeletally immature patients with direct visualization of the femoral and tibial physes. *Orthopedics* 29, 488-492

Vaquero J, Vidal C, Cubillo A (2005): Intra-articular traumatic disorders of the knee in children and adolescents. *Clin Orthop Relat Res* 432, 97-106

Wahler G, Neubauer T, Knotzer M, Wagner M (1998): Operative Therapie der Ruptur des vorderen Kreuzbandes (LCA) bei Kindern und Jugendlichen. *Acta Chir Austr* 30, 112-114

Woods GW, O Connor DP (2004): Delayed anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes. *Am J Sports Med* 32, 201-210

Xiang H, Kelleher K, Shields BJ, Brown KJ, Smith GA (2005): Skiing- and snowboarding-related injuries treated in U.S. emergency departments, 2002. *J Trauma* 58, 112-118

Danksagung

Herrn Prof. K.-H. Frosch möchte ich für die Überlassung des Dissertationsthemas, die hervorragende und immer sehr freundliche Betreuung und Beratung danken.

Mein weiterer Dank gilt meinen Freunden und Bekannten, die mir bei der Fertigstellung der Arbeit moralisch und beratend zur Seite standen. Besonderer Dank gilt dabei Herrn Dr. habil. H.-G. Birkigt.

Mein spezieller Dank gebührt meiner Familie, meinen Eltern, meinen Großeltern und auch meinem Bruder, welche mir sowohl durch ihre moralische als auch finanzielle Unterstützung immer zur Seite standen.

Lebenslauf

Ich, Tobias Brodhun, wurde am 28. Januar 1986 in Magdeburg geboren.

Mein Vater, Aloys Brodhun, ist Diplom-Ingenieur in der Fachrichtung Maschinenbau. Meine Mutter, Beate Brodhun, ist ebenfalls Diplom-Ingenieur in der Fachrichtung Maschinenbau.

Mein Bruder, Thomas Brodhun, ist 17 Jahre und gerade dabei, sein Abitur zu absolvieren.

Ab 1996 besuchte ich das Wilhelm-Raabe-Gymnasium Magdeburg. Dort absolvierte ich im März 2005 das Abitur. Vom April 2005 bis Dezember 2005 verrichtete ich meinen Zivildienst in der Blutbank Otto-von-Guericke-Universitätsklinik Magdeburg. Ab Januar 2006 bis März 2006 absolvierte ich in der Praxisklinik Sudenburg, Magdeburg mein Pflegepraktikum. Im April nahm ich zum SS 2006 mein Medizinstudium an der Georg-August-Universität Göttingen auf.

Meine erste Famulatur über 4 Wochen leistete ich in der Praxisklinik Sudenburg, Magdeburg ab, welches eine Klinik für Belegärzte unterschiedlicher Fachrichtungen ist. Im März 2009 absolvierte ich eine 2-wöchige Famulatur in der Universitätsklinik Göttingen, Abteilung Unfallchirurgie/Orthopädie. Im März 2010 wählte ich Santiago de Chile für meine dritte Famulatur. Dort famulierte ich 4 Wochen in der Orthopädie/Unfallchirurgie im Hospital Jose Joaquin Aguirre (Universidad Catolica de Chile). Weitere 4 Wochen meiner Famulaturzeit verbrachte ich in der Pathologie der Universitätsklinik Göttingen im Juli 2010. Meine letzte Famulatur leistete ich in der Radiologie Sudenburg, Magdeburg im September 2010 ab.

Seit meinem sechsten Lebensjahr spiele ich Fußball im Verein und fahre jedes Jahr im Winter Ski soweit es möglich ist. Auch andere Sportarten wie Tischtennis oder Squash spiele ich regelmäßig in meiner Freizeit.