

**Universität  
Basel**

Master of Physiotherapy  
in  
Functional Kinetic Science

**Masterarbeit**

**Posttraumatische Gonarthrose:  
Erfolgreiche physiotherapeutische Spätintervention**

Eine Fallstudie

Vorgelegt von: Barbara Bosshart

Matrikelnummer: 11-050-168

E-Mail: barbara.bosshart@t-online.de

Studiengangleitung: Andreas Bertram, PT MAS

Wissenschaftlicher Leiter: Prof. Dr. med. Niklaus F. Friederich

Abgabetermin: XXXXXXXX

## Abstract

Die vorliegende Arbeit beschreibt den Fall einer erfolgreichen physiotherapeutischen Spätintervention, mehr als zwei Jahrzehnte nach einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB), die mittels VKB-Plastik versorgt wurde.

Eine sich anschliessend schnell entwickelnde Gonarthrose sollte durch eine Valgisationsosteotomie aufgehalten werden. Diese Massnahme blieb aber wirkungslos.

Erreicht wurde eine deutliche Verbesserung erst ca. 25 Jahre später allein durch physiotherapeutische Massnahmen, speziell zwei Übungen. Mittels Literaturrecherche zusammengestellte Informationen zeigten, dass dieser Erfolg wahrscheinlich durch eine gezielte therapeutische Förderung der Propriozeption möglich wurde.

In weiteren Arbeiten ist dann durch wissenschaftlich abgesicherte Methoden die Hypothese zu bestätigen oder zu widerlegen.

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
Einleitung	7
Fallbeschreibung	9
Unfall	9
Erste Operation	9
Gonarthrose	10
Zweite Operation	11
Weitere Interventionen	12
Methode	15
Literaturrecherche	15
Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Kniegelenks	16
Anatomie	16
Mechanik	16
Aufbau und Funktion der Kreuzbänder	17
Vorderes Kreuzband:	17
Histologie	18
Blutgefäßversorgung	18
Innervation des vorderen Kreuzbands	18
Hinteres Kreuzband:	18
Blutgefäßversorgung	19
Innervation des hinteren Kreuzbands	19
Biomechanik der Kreuzbänder	20
Flexion und Extension (Sagittalebene)	20
Rotation (Horizontalebene)	20
Innervation des Kniegelenks	22
Periphere Nerven: Funktion und Aufbau	22

Systematik der Nervenfasern	22
Die Rezeptoren	23
Aus der Peripherie in das Zentralnervensystem	25
Innervation des intakten vorderen Kreuzbands	25
Innervation des rupturierten vorderen Kreuzbands	26
Arthrose	27
Idiopathische Gonarthrose	27
Sekundäre Gonarthrose	28
Sekundäre Gonarthrose nach Verletzung des vorderen Kreuzbands	28
Stoffwechsel/Störungen	29
Behandlungsoptionen der posttraumatischen Gonarthrose	30
Zusammenhang von Schmerz mit Beweglichkeit oder/und Entstehung der posttraumatischen Gonarthrose	31
Mechanik des gesunden Kniegelenks	31
Physiotherapeutische Spätintervention: Gelenks-Zentrierung in der funktionellen Bewegungs- lehre	33
Praktische Durchführung der zweiteiligen Kniegelenks-Zentrierung	34
1. Teil der Kniegelenks-Zentrierung nach Andreas Bertram	34
2. Teil der Kniegelenks-Zentrierung nach Andreas Bertram	34
Erklärungsversuch der Wirkungsweise	35
Entstehung von Schmerz	36
Wirkung der Übung auf den Schmerz	36
Vorteile der Übungen	37
Wirkung der Übungen auf die passiven Strukturen: Propriozeption	39
Physiotherapie und Propriozeption	39

Analyse der Kniegelenks-Zentrierung	40
Wirkung der Übung auf den Knorpel	42
Nachhaltigkeit der Kniegelenks-Zentrierung	42
Zusammenfassende Diskussion	43
Literaturverzeichnis	44
Danksagung	46

## Abkürzungsverzeichnis

AR:	Aussenrotation
ASTE	Ausgangsstellung
DIMDI:	Deutsches Institut für medizinische Dokumentation und Information
FBL/FKSc:	Funktionelle Bewegungslehre, engl. Functional Kinetic Science
HKB:	Hinteres Kreuzband
ICF:	International Classification of Functioning, Disability and Health
IR:	Innenrotation
KB:	Kreuzband/-bänder
KG:	Kniegelenk
KGZ:	Kniegelenkszentrierung
SSEP:	Somatosensibel evozierte Potenziale
TP:	Totalprothese
VKB:	Vorderes Kreuzband
ZNS:	Zentralnervensystem

## Einleitung

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist ein häufiges Ereignis. In den USA registriert man jährlich ca. 75'000 dieser Verletzungen (Petersen/Zantop 2009), andere Autoren gehen sogar noch von höheren Zahlen aus (Ochi et al. 1999).

Die Betroffenen sind meist junge, sportlich aktive Personen. Aus diesem Grund war es jahrzehntelang gängige Lehrmeinung, mit einer vorderen Kreuzband (VKB)-Plastik die volle Funktionsfähigkeit des Knies operativ wieder herzustellen. Verlaufsuntersuchungen zeigten jedoch, dass etliche Patienten teilweise bereits 48 Monate später eine posttraumatische Arthrose entwickelten (Allen et al. 2015). Inzwischen wird eine differenzierte und individualisierte Therapieentscheidung bevorzugt.

Eine eindrückliche klinische Beobachtung während des Master-Studienganges bildete den Ausgangspunkt dieser Arbeit.

Bei einem Patienten mit einer 30 Jahre langen Anamnese einer chronischen Schmerzproblematik, basierend auf einer posttraumatischer Gonarthrose konnte durch zwei Übungen, die in einem der Module instruiert wurden, rasch fast völlige Schmerzfreiheit erreicht werden.

30 Jahre zuvor hatte er beim Sport einen Unfall mit Ruptur des VKB, Abriss des medialen Meniskus und Ruptur des medialen Seitenbandes erlitten. Eine Woche später wurde er operiert, der Meniskus refixiert, das mediale Seitenband genäht und das VKB durch ein Knochen-Sehnenknochen-Implantat der Patellarsehne ersetzt.

Trotz Rehabilitation wurde das Bein nie wieder voll funktionsfähig. Konstant blieben Schmerzen und ein Kraftdefizit bestehen.

Infolge der Durchführung der beiden Übungen wurde es ihm möglich, das betroffene Bein wieder normal einzusetzen. Auch ein Aufbautraining der Muskulatur konnte aufgenommen werden.

Im Lauf der Recherchen zu dieser Arbeit kristallisierte sich mehr und mehr heraus, dass nicht, wie ursprünglich angenommen, die Arthrose das eigentliche Problem war, sondern die ungenügende Rehabilitation nach dem Ereignis. Dazu muss aber gesagt werden, dass die eingesetzten Reha-Massnahmen zu jener Zeit dem damaligen Kenntnisstand (1983) entsprachen.

Neue Erkenntnisse bezüglich der Nachbehandlung nach einem Unfall mit Ruptur und darauf folgendem Ersatz des vorderen Kreuzbandes (VKB) können helfen, die operativen Ergebnisse mit physiotherapeutischen Interventionen zu verbessern.

Hinsichtlich der OP-Methoden ist immer noch eine Diskussion darüber im Gange, welches die erfolgversprechendste sein könnte (Ochi et al. 2016).

Da es sich bei den Betroffenen meist um junge, sportliche Personen handelt, die ihre Sportart auch weiter ausüben wollen, ist die rasche und möglichst vollständige Wiederherstellung der Funktionalität nach einem solchen Ereignis das grösste Anliegen.

Auch in der physiotherapeutischen Rehabilitation wird intensiv geforscht, wie das betroffene Gelenk am besten wieder in den Zustand vor der Ruptur des VKB versetzt werden kann.

Der hier skizzierte Fall zeigt auf, dass auch noch nach vielen Jahren eine auf die spezielle Situation ideal adaptierte Physiotherapie einen günstigen Einfluss auf die Funktionalität und das Schmerzempfinden posttraumatischer Gonarthrose nehmen kann.

Der zweite Teil der Arbeit stellt die Anatomie und Physiologie des Kniegelenks (KG) sowie biomechanische und nervale Besonderheiten des KB zusammen und erläutert das Zustandekommen einer sekundären Arthrose.

Im dritten Teil wird die letztendlich erfolgreiche physiotherapeutischen Massnahme detailliert beschrieben und potentielle Erklärungen für diesen Erfolg erörtert.

In der abschliessenden zusammenfassenden Diskussion wird erörtert, inwiefern dieser Fall bedeutsam für weitere Patienten sein und in welche Richtung sich weitere Forschung auf diesem Gebiet entwickeln kann.



## **Fallbeschreibung**

### **Unfall**

Ein 22-jähriger Sportstudent im 4. Semester, völlig gesund und sportlich durchtrainiert ohne familiäre Vorbelastung mit Arthrose und ohne Gelenksprobleme erlitt im Jahr 1983 einen Unfall während eines Handballturniers. Es handelte sich dabei um eine missglückte Landung nach einem Sprungwurf. Der Student landete nach dieser Aktion mit flektiertem linkem Kniegelenk auf dem Bein oder Fuss eines Gegners. Er stürzte und konnte das Bein sofort nicht mehr belasten, schmerzbedingt nicht einmal mehr in Streckung bringen.

Bei der anschliessenden Untersuchung wurden ein Riss des vorderen Kreuzbandes (VKB) und des Ligamentum collaterale tibiale mit totalem Abriss des medialen Meniskus diagnostiziert. Die Operationsindikation wurde gestellt. Da der Wunsch nach Fortführung des Studiums gegeben war, ging es darum, die Funktionalität schnellstmöglich und vollständig wiederherzustellen.

### **Erste Operation**

Bei der Operation, die vier Tage später erfolgte, wurde der Meniskus refixiert und das mediale Seitenband genäht. Die VKB-Plastik erfolgte durch einen Ersatz mit dem mittleren Teil der Patellar-Sehne (Knochen-Patellar-Sehne-Knochen-Implantat). Diese Operationstechnik war damals, Anfang der 80er-Jahre, relativ neu.

Nach dem Eingriff wurde das Bein für sechs Wochen in einer Gipsschiene ruhiggestellt. Während dieser Zeit musste das Bein mittels Amerikaner-Stöcken vollständig entlastet werden.

Nur während der zweimal wöchentlich durchgeführten 30-minütigen Physiotherapie wurde eine Mobilisation des Kniegelenkes bis 90° Flexion durchgeführt.

Nach diesen sechs Wochen ging man davon aus, dass nach weiteren 6 Wochen die vollständige Belastung und grösstmögliche Flexion erreicht werden könnte.

Diese Ziele wurden jedoch nie realisiert. Die Flexion erreichte zwar das gesteckte Ziel passiv (140°), aktiv jedoch hinderten Schmerzen, die jeweils bei ca. 60°-70° einsetzten, den gewünschten Kraftaufbau.

Obwohl Kontroll-Untersuchungen immer zeigten, dass die Gelenksfunktion vollständig wiederhergestellt war und keine Instabilität vorlag, hatte der Patient nie das entsprechende Empfinden.

## **Gonarthrose**

Für den Patienten blieb weiterhin ein Unsicherheitsgefühl vorhanden. Dazu kamen erhebliche Schmerzen, sobald das Gelenk in einer bestimmten Stellung belastet wurde.

Zwei Jahre später wurde bei persistierenden Beschwerden eine sekundäre Gonarthrose nach VKB-Ruptur und VKB-Plastik diagnostiziert, wie dies auch in der Literatur (Kapandji, 1999) beschrieben ist. Danach kann es bei Kreuzbandplastiken vorkommen, dass sich das Implantat nicht genau an der originalen Stellung befindet. Dies führt zu Veränderungen innerhalb des Kondylensystems und begünstigt damit die Entstehung von arthrotischen Veränderungen. Auch scheint das VKB andererseits in der Propriozeption eine entscheidende Rolle zu spielen (Ochi et al 2016).

Abbildung 1 zeigt die Pangoarthrose.

Diese Einschränkungen führten dazu, dass das Sportstudium aufgegeben werden musste.

Das neue Berufsziel Physiotherapie wurde einige Jahre darauf erreicht.



Abbildung 1

Röntgenbild des Patienten 2007.

Die Schraube medial an der Tibia, die der Fixation des VKB-Implantates diente wurde vor ca. 25 Jahren wieder entfernt, da sie direkt unter der Haut lag und störte.

## Zweite Operation

Um das Fortschreiten der Arthrose bei dem damals 24-jährigen Patienten zu verhindern oder mindestens zu verlangsamen, wurde eine Valgisationsosteotomie durchgeführt. Dabei wurde ein Keil lateral unterhalb des Tibiaplateaus entnommen und die Fibula durchtrennt.

Leider blieben auch nach dieser Massnahme die Schmerzen medial im Knie erhalten und nahmen im Verlauf der weiteren Jahre sogar zu. Auch das Gefühl von Unsicherheit und Angst bei Belastung blieb unverändert.

Die Schmerzen traten, wie oben beschrieben, in einer Flexionsstellung von ca. 65° bei Belastung des Beines auf und nahmen in der Häufigkeit und Intensität über die Jahre tendenziell eher zu.

Unbelastet blieb eine Flexion bis 140° schmerzfrei möglich.

## Weitere Interventionen

In den folgenden Jahren versuchte der Patient und seine ihn behandelnden Ärzte und Therapeuten mit verschiedenen methodologischen Ansätzen eine Verbesserung zu erreichen. Es handelte sich dabei um:

- Physiotherapie zur Schmerzbehandlung und Kraftaufbau
- Orale Medikation zum Knorpelaufbau (Chondrosulf®)
- Gelenkstoilette mit Débridement
- Injektionen mit Hyaluronsäure

Die **Physiotherapie** ging davon aus, dass eine Zunahme der Kraft im M. quadrizeps die Schmerzen reduzieren sollte. Ein Krafttraining war jedoch infolge der starken Schmerzen nahezu unmöglich, so dass dieser physiotherapeutische Ansatz erfolglos blieb. Das betroffene Bein diente zeitweise lediglich als Stütze ohne aktive Funktion. Auch die Empfindung des Patienten, dass das Knie bei Belastung nicht halten könne, blieb bestehen.

Die **orale Einnahme** von Chondrosulf® erbrachte ebenfalls keine Verbesserung, obwohl der Patient gewissenhaft und konsequent das Medikament über Monate hinweg einnahm.

Eine einige Jahre später durchgeführte **Gelenkstoilette mit Debridement** brachte keinerlei Verbesserung was Schmerzen und Funktionalität anging.

Als letzte Massnahme versuchte der Patient noch mittels **Injektion von Hyaluronsäure** eine Verbesserung zu erzielen. Dies resultierte in hohen Kosten, die von der Krankenkasse nicht übernommen wurden, jedoch leider in keiner Verbesserung.

Der Patient stellte sich darauf ein, sich mit seiner Einschränkung zu arrangieren, da ihm bei der letzten Konsultation bei einem Orthopäden gesagt wurde, der Zustand des Kniegelenks (KG) sei „desaströs“ und die letzte Möglichkeit sei eine Total-Endoprothese (Abbildung 2, Befund zu Röntgen-Bild, Abbildung 1) Mit zunehmendem Krankheitsverlauf und ergebnislosen Therapieansätzen und -durchführungen wurden die Auswirkungen im Alltag durch die auftretenden Schmerzen bei Belastung immer stärker.

Alle sportlichen Aktivitäten mussten im Lauf der Jahre schmerzbedingt reduziert und schliesslich komplett eingestellt werden. Als erstes das Skifahren, dann das Joggen.

Normales Gehen blieb stets möglich, wenn auch unter Schmerzen, die jedoch erträglich blieben. Problematisch waren immer Steigungen auf- oder abwärts.

Treppensteigen, vor allem noch mit zusätzlichen Gewichten, war immer schmerzhaft. Es gab Tage, an denen der Schmerz erträglich war. An anderen war Treppensteigen nur möglich, indem das betroffene Bein lediglich als Stütze eingesetzt wurde.

Durch eine berufliche Weiterbildung lernte der Patient in der Functional Kinetic Science (FKSc) die Kniegelenkszentrierung (KGZ) kennen. Es handelt sich dabei um zwei Übungen, die im Kapitel „Praktische Durchführung der Gelenkszentrierung“ genau beschrieben und deren Wirkungsweise erklärt wird.

Innert zwei Wochen war eine deutlich Schmerzreduktion erreicht und ein zu Beginn sehr moderates Muskelaufbautraining wieder möglich. Ein halbes Jahr später war der Patient schmerzfrei und konnte nach fünf Jahren Pause erstmals wieder Skifahren. Die Verbesserung war konstant und erlaubt heute eine normale Belastung.

Zu diesem Zeitpunkt war der Patient Mitte vierzig und als Physiotherapeut war er sich der Konsequenz dieses Bescheides sehr wohl bewusst.

ORTHOPÄDISCHE GEMEINSCHAFTSPRAXIS

DR. MED. [REDACTED]

DR. MED. [REDACTED]

Dr. med. [REDACTED]

Eintrag für uns

[REDACTED] 14.03.07-zu

Betr.: [REDACTED] geboren am [REDACTED] 1962

**Diagnosen:**

VKB-Plastik links 1982 {M23.81Z}  
Tibiavalgisationsosteotomie li 1987 {M21.86Z}  
Z.n.Arthroskopie-OP li.Knie:Gelenktoilette 1993 {M17.1Z}  
Femoropatellararthrose links {M17.9G}  
Pangonarthrose links {M17.9G}

**Anamnese:**

Bei Z.n. VKB-Plastik links 1982<sup>3</sup> nach einem Handballtrauma und konsekutiver posttraumatischer medialer Gonarthrose mit Tibiavalgisationsosteotomie links 1987, jeweils im Bruderholzspital, jetzt wieder zunehmende Schmerzen im linken Kniegelenk peripatellär. In 1993 wurde eine arthroskopische Kniegelenkstoilette durchgeführt und Knorpel geschavet. Ein neues Unfallereignis wird verneint.

**Befund:**

Im Stehen physiologische Beinachse bds., deutliche Oberschenkelmuskelatrophie li>re. Ansonsten mäßige Senkspreizfüße mit Hallux valgus bds.. Im Liegen reizlose Narbenverhältnisse nach VKB-Plastik und TVO. Massiver Patellaverschiebeschmerz, positives Zohlenzeichen und positives Pfründsches Zeichen. Das vordere und hintere Kreuzband ist jedoch stabil.

**Röntgenbefund:**

Linkes Knie in 2 Ebenen: es zeigt sich ein Z.n. Tibiavalgisation und auch nah VKB-Plastik. Die Bohrkanäle vom vorderen Kreuzband samt Krampen, welche das Band an der Tibia halten, sind noch gut sichtbar. Ebenfalls die große Krampe der TVO. Ansonsten massive Pangonarthrose mit multiplen freien Gelenkkörpern intraartikulär und massiver Femuropatellaarthrose. In der Patella-Axialaufnahme ebenfalls massive Femuropatellaarthrose mit osteophytärer Ausziehung.

**Beurteilung:**

Es zeigt sich eine desaströse Situation im Bereich der Kniegelenks bei Pangonarthrose, ich habe aufgrund der geringen Beschwerden der Patientin zunächst physiotherapeutische Maßnahmen noch empfohlen zur Dehnung der Oberschenkelmuskulatur und zur Lockerung der Kniescheibe. [REDACTED]

Dr. med. [REDACTED]

Abbildung 2

## **Methode**

### **Literaturrecherche**

1.

Zusammenstellung und Darstellung eines illustrativen Fallberichtes aus einer Krankenakte mit Zustimmung des Patienten

2.

Literaturrecherche zu Grundlagen des Knies, der Ruptur des VKB und der sekundären Gonarthrose sowie auch physiotherapeutischer Massnahmen. Hierfür wurden Lehrbücher und das zur Verfügung stehende Kursmaterial eingesetzt.

Zusätzlich wurde eine Recherche der folgenden Online-Datenbanken PubMed, OvidSP MEDLINE und PEDro durchgeführt.

Letzteres mit zwei konkreten Fragen:

1. Gibt es ähnliche Fallbeschreibungen
2. Welche Bedeutung hat die Propriozeption bei der Entstehung der posttraumatischen Gonarthrose

Die Suchbegriffe lauteten:

knee - acl - ligament - reconstruction - osteoarthritis – proprioception

3.

Synthese der Ergebnisse der Literaturrecherche und Anwendung auf den Fall

## **Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Kniegelenks**

### **Anatomie**

Das KG setzt sich zusammen aus Femur und Tibia. Ergänzt wird es durch die Patella, ein Sesambein in der Patellarsehne.

Da die beiden knöchernen Gelenkspartner völlig verschieden geformt sind, benötigt es die Menisken, um die Kongruenz in der Bewegung zu gewährleisten. Es wird auch als Kondylengelenk bezeichnet.

Gesichert wird das Gelenk durch einen starken Kapsel- Bandapparat. Auch die Muskulatur mit den Sehnen trägt zur Stabilität bei.

Intraartikulär spielen die Kreuzbänder eine wichtige Rolle. Sie verbinden einerseits die beiden Gelenkpartner und verhindern andererseits eine zu starke Gleitbewegung der Femurkondylen auf der Tibia (Petersen/Zantop, 2009).

### **Mechanik**

Nach Kapandji (1999) erfolgt die Beugung und Streckung des Kniegelenkes in einer Roll-Gleitbewegung der Kondylen des Femurs auf der Tibia. Bei passiver Beugung sollten  $160^\circ$  erreicht werden, aktiv zwischen  $120^\circ$  und  $140^\circ$ . Dies hängt zusammen mit der Stellung des Hüftgelenkes. Ist dieses gestreckt, können  $120^\circ$  erreicht werden, ist es gebeugt,  $140^\circ$ .

Die Streckung kann passiv oder aktiv über die Neutralnullstellung hinausgehen, muss aber nicht.

In gestreckter Kniegelenksstellung gibt es keine weiteren Bewegungskomponenten. In der Beugung ist aber eine Rotation der Tibia gegen das Femur möglich. Sie beträgt in der Aussenrotation (AR) ca.  $40^\circ$ , in der Innenrotation (IR) ca.  $30^\circ$ . Allerdings kann es hier individuell stark abweichende Befunde geben.

Auf die Anatomie und Mechanik der Kreuzbänder soll im Folgenden genauer eingegangen werden, da das VKB eine bedeutende Rolle in der Propriozeption spielt.



## **Aufbau und Funktion der Kreuzbänder**

Die Kreuzbänder (KB) verbinden Femur und Tibia. Sie liegen innerhalb der Fossa intercondylaris und bilden den sogenannten Zentralpfeiler des KG. Die Linea intercondylaris begrenzt die Fossa intercondylaris nach hinten gegen die Facies poplitea des Femurs.

Die Fossa intercondylaris bildet nach vorne eine schmale Rinne. In Streckstellung des KG windet sich das VKB darum.

Im vorderen und seitlichen Anteil werden die KB von der Membrana synovialis bedeckt. In der Kniekehle grenzt das hintere KB an die Membrana fibrosa der Gelenkkapsel, der synoviale Überzug fehlt hier.

## **VKB**

Das VKB ist an der Tibia an der Area intercondylaris anterior und entlang der medialen Tibiagelenkfläche, der Eminentia intercondylaris, fixiert. Von hier zieht es schräg nach hinten oben lateral an die mediale Fläche des lateralen Femurkondylus.

In der Literatur werden im Allgemeinen zwei Faserbündel unterschieden, ein anteromediales und ein posterolaterales. Einige Autoren unterscheiden ausserdem noch ein intermediäres Bündel (Petersen/Zantop, 2009).

Die Faserbündel lassen sich histologisch nicht voneinander trennen. Es handelt sich um viele kleine Faserbündel, die von lockerem Bindegewebe unterteilt sind. Sie sind in sich torquiert (Kapandji, 1999).

Funktionell macht die Unterteilung in zwei Partien allerdings Sinn, da sich die Faserbündel in unterschiedlichen Gelenkstellungen auch unterschiedlich anspannen.

## **Histologie**

Das VKB besteht aus regional unterschiedlich strukturiertem Bindegewebe. Der grösste Anteil besteht aus Typ-I-Kollagen-Fasern. Dies ist ein straffes, kollagenfasriges Bindegewebe.

Im distalen Abschnitt besteht es aus Faserknorpel, oberhalb der tibialen Insertionszone. Dies ist eine Anpassung an die dort auftretende Druckbeanspruchung, dem „physiologischen Impingement“ (Petersen/Zantop 2009).

## **Blutgefässversorgung**

Im proximalen Bereich erfolgt die Blutversorgung über die Endäste der A. media genus.

Im distalen Bereich wird das VKB über die Endäste der Aa. inferiores medialis und lateralis genus. Diese Zuflüsse bilden proximal und distal ein periligamentäres Netzwerk und dringen horizontal in das VKB ein.

Bei den meisten VKB findet man eine avaskuläre Zone ca. 5-10 mm über der tibialen Insertion (Petersen/Zantop, 2009).

## **Innervation des VKB**

Der grösste Nerv, der das KG versorgt, ist der Nervus articularis posterior, er ist ein Ast des Nervus tibialis posterior. Von ihm ausgehend penetrieren posteriore artikulare Äste die Kapsel von dorsal und innervieren das VKB (Kennedy et al. 1982).

## **HKB**

Das HKB entspringt fächerförmig in den vorderen Anteilen der Fossa intercondylaris an der Innenseite des medialen Femurkondylus und verläuft schräg nach distal-posterior. Es inseriert im hinteren Anteil der Area intercondylaris ca. 7-10 mm unterhalb des Tibiaplateaus. Die Insertion greift auf die Rückseite des Tibiakopfes über. Es ist das kräftigste Band des KG (Petersen/Zantop, 2009) und es verhindert das Gleiten des Femurs gegenüber der Tibia nach dorsal.

Auch hier werden funktionell zwei Faserbündel unterschieden, ein anterolaterales und ein posteromediales.

Das anterolaterale Bündel spannt sich bei Flexion, das posteromediale Bündel bei Extension. Wie beim VKB lassen sich auch hier die Faserbündel nur funktionell, nicht aber histologisch unterscheiden und auch hier gibt es Autoren, die ein drittes Faserbündel unterscheiden (Petersen/Zantop, 2009).

### **Blutgefäßversorgung**

Das HKB wird hauptsächlich über die A. media genus versorgt. Im distalen Anteil wird die arterielle Zufuhr über die Aa. inferiores medialis et lateralis genus geleistet (Petersen/Zantop 2009).

### **Innervation des HKB**

Die Innervation des HKB erfolgt ebenso, wie beim VKB aus dem Nervus tibialis posterior. Die artikulären posterioren Äste, die aus dem Nervus articularis posterior kommen, penetrieren die Gelenkkapsel von dorsal und innervieren das HKB (Kennedy et al. 1982).

## **Biomechanik der Kreuzbänder**

Die KB bilden den Zentralpfeiler des KG.

In der perspektivischen Betrachtung im extendierten Gelenk überkreuzen sie sich tatsächlich, sowohl in der Frontal- wie auch in der Sagittalebene.

Hingegen liegen sie in der Horizontalebene parallel zueinander (Kapandji, 1992).

## **Flexion und Extension (Sagittalebene)**

In der Streckung und bis 30° Beugung sind beide KB gleich stark angespannt. Dies ändert sich bis ca. 60° Flexion in den Faserelementen beider Bänder auch kaum.

Bei einer Flexionsposition von **90-120°** wird das HKB stärker angespannt und erreicht eine vertikale Position.

**Im Gegensatz dazu werden die Fasern des mittleren und hinteren VKB entspannt und nur die vorderen oberen Anteile sind noch angespannt.** Diese Tatsachen sind für die späteren Ausführungen bezüglich der Übungen entscheidend.

Generell sind in jeder Gelenksposition die verschiedenen Faserbündel der KB partiell an- oder entspannt (Kapandji, 1992).

## **Rotation (Horizontalebene)**

Eine Rotation im KG kann nur in flektierter Stellung ausgeführt werden. In Streckstellung sind sowohl die Kollateral- wie auch die KB angespannt und verhindern damit diesen Bewegungsausschlag.

Sieht man auf ein nicht rotiertes KG, sind die KB tatsächlich überkreuzt (Kapandji, 1999).

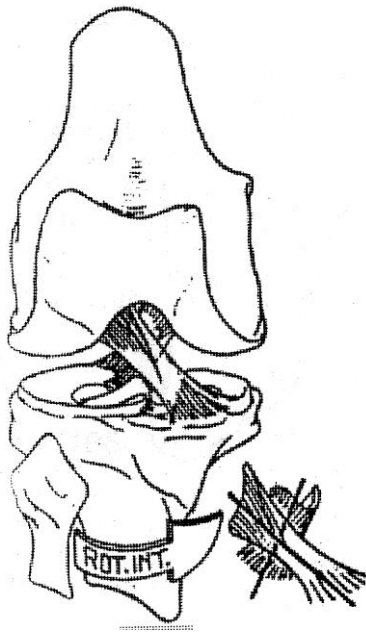


Abbildung 3a  
Kapandji 1999, S127  
Verwindung der KB bei Innenrotation der  
Tibia

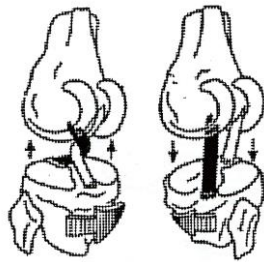


Abbildung 3b  
Schematische Darstellung

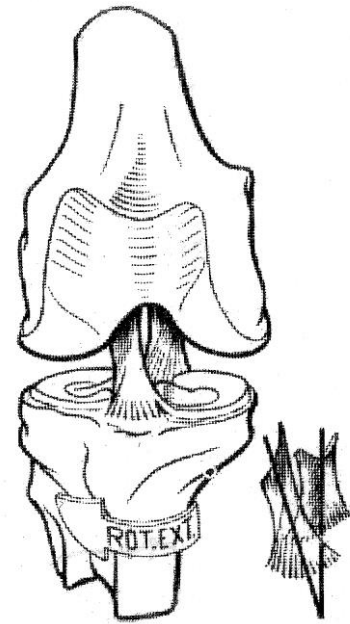


Abbildung 3c  
Entwinden der KB bei Aussenrotation der  
Tibia

Wenn die Tibia nach innen rotiert, bleiben die KB in der frontalen Ebene gekreuzt, in der horizontalen Ebene richten sie sich hingegen fast parallel aus. Die axialen Ränder berühren sich. Während der Innenrotation (IR) wickeln sich die Bänder umeinander und spannen sich an. So werden die Gelenkflächen von Femur und Tibia einander angenähert.

Dabei wird das HKB entspannt und das VKB angespannt. Die Innenrotation wird dadurch schnell blockiert. Der Bewegungsaus Schlag beträgt ca. 30° (Kapandji, 1999), Abbildung 3a.

Bei der Aussenrotation (AR) entspannen und entwinden sich entsprechend die KB. Dabei wird das VKB entspannt und das HKB spannt sich an.

In der Frontalebene orientieren sie sich parallel zueinander, während sie in der horizontalen Ebene gekreuzt sind. Allerdings verlieren sie den axialen Kontakt und die Gelenkflächen entfernen sich voneinander. Die AR beträgt ca. 40° (Kapandji, 1999), Abbildung 3c.

Abbildung 3b zeigt dies schematisch, ohne die Annäherung der Gelenkspartner bei IR und das sich voneinander entfernen bei AR.

## Innervation des Kniegelenks

### Periphere Nerven: Funktion und Aufbau

Die peripheren Nerven dienen dazu, Reize aus der Peripherie (Muskulatur, Sehnen, Bänder, Skelett, Organe etc.) an das ZNS (Zentralnervensystem), also Rückenmark (RM) und Gehirn weiterzuleiten (**afferente Bahn**). Dies geschieht in Form von elektrischen Impulsen. Aus der Zentrale werden dann wieder Informationen in die Peripherie geleitet (**efferente Bahn**) (van den Berg, 2011).

Die Nerven bestehen einerseits aus den leitenden Strukturen, den **Axonen**, andererseits aus verbindenden und schützenden Strukturen, dem Bindegewebe der Nerven.

Diese beiden Strukturen unterscheiden sich nicht nur in ihrer Funktion, sondern auch entwicklungsmässig.

Das eigentliche Nervengewebe entsteht embryonal aus dem Ektoderm, das Bindegewebe aus dem Mesoderm.

Das Bindegewebe ist hinsichtlich Zug- und Druckbelastung sehr widerstandsfähig und dadurch in der Lage, die Axone äusserst wirkungsvoll zu schützen (van den Berg, 2011).

### Systematik der Nervenfasern

Die Nervenfasern unterscheiden sich nicht nur in Leitungsgeschwindigkeit und Dicke, sondern vor allem auch in ihrer Funktion.

Dicke Fasern sind umhüllt von einer Myelinschicht, die aus spiralisierten Schwann-Zellen (auch Oligodendrozyten oder Lemnozyten genannt), besteht. Je dicker diese Schicht ist, umso schneller geschieht die Reizübertragung (van den Berg, 2011).

Schwann-Zellen kommen auch bei den unmyelinisierten Axonen vor und umhüllen diese. Sie sind aber nicht spiralisiert (van den Berg, 2011).

Aus der Peripherie wird der Schmerz über myelinisierte A $\delta$ -Fasern (Temperatur, Schmerz, Lage) sowie durch unmyelinisierte C-Fasern (Temperatur, Schmerz) geleitet. Im Hinterhorn des Rückenmarks enden die Axone der Perikarya aus dem Spinalganglion. Von hier aus werden sie nach kranial weitergeleitet.

In der Literatur werden verschiedene Einteilungen beschrieben.

Die Klassifizierung nach Erlanger und Gasser soll hier angewendet werden, da diese es erlaubt, sämtliche afferenten und efferenten Fasern nach Funktion und Struktur einzuteilen (Abbildung 4).

Tab. 2.2 Einteilung der Nervenfasern nach Erlanger und Gasser.

Fasertyp	NLG (m/s)	Faserdicke (µm)	Beispiele
A $\alpha$	100	15	motorisch zur Skelettmuskulatur, primäre Muskelspindelafferenzen
A $\beta$	50	8	Hautafferenzen für Berührung und Druck, Propriozeption Gelenke.
A $\gamma$	20	5	motorische Efferenz zu den Muskelspindeln
A $\delta$	15	3	Hautafferenz für Thermo- und Nozizeption (heller Schmerz)
B	7	3	sympathische präganglionäre Fasern
C	1	1	dumpfe Nozizeption und Thermozeption der Haut sowie sympathische postganglionäre Fasern

NLG: Nervenleitgeschwindigkeit

Abbildung 4

Manuelle Medizin 1, 2015, S. 47

## Die Rezeptoren


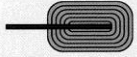


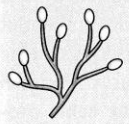
In den verschiedenen Körpergeweben finden sich auch verschiedene Rezeptoren, die jeweils auf bestimmte Reize reagieren.

Es sind dies **Mechanorezeptoren** und **Propriozeptoren**.

**Mechanorezeptoren** reagieren auf Druck, Berührung und Vibration, **Propriozeptoren** auf Lage, Bewegung und Kraft.

Dazu kommen noch nozizeptive und nichtnozizeptive freie Nervenendigungen. Sie können sowohl als Mechano- wie auch als Nozizeptoren wirken (Manuelle Medizin 1, 2015). Abbildung 5 zeigt die beschriebenen Nervenfasern und ihr Vorkommen in den verschiedenen Geweben.

Tab. 2.6 Tiefsomatische Afferenzen (mechano- und propriozeptiv, freie Nervenendigungen).

Rezeptor	Lokalisation	Qualität	Wirkungen tiefsomatisch (auch therapeutisch)
<p>nichtnozizeptive freie Nervenendigungen nozizeptive freie Nervenendigungen</p>  <p>Fasern vom Typ III (A<math>\delta</math>-Fasern) und Typ IV (C-Fasern)</p>	<p>ubiquitär (Haut, Muskulatur, Bindegewebe, Periost, Gelenkkapsel, Sehnen, Faszien)</p>	<p><b>in Haut/Haarwurzel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Berührung (50 % für Zug/Druck)</li> </ul> <p><b>im Muskel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>60 % der Typ-IV-Fasern: hohe Reizschwelle auf mechanische Reize; reagieren auf chemische Reize (Gewebeschädigung: ATP, Entzündungsmediatoren) <math>\rightarrow</math> nozizeptive Funktion; auch „polymodale freie Nervenendigungen“ genannt; wenn sensibilisiert <math>\rightarrow</math> niedrige Reizschwelle für mechanische Reize (Mense 2013 [813])</li> <li>40 % der Typ-IV-Fasern: niedrige Reizschwelle <math>\rightarrow</math> Mechanopropriozeption: Druck, Druckwechsel und sympathische Wirkungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>nozizeptive Funktion (60 % der Typ-IV-Fasern)</li> <li>propriozeptive Funktion (Hoheisel et al. 2005 [505], Graven-Nielsen et al. 2008 [408], Graven-Nielsen 2010 [407], Mense 2013 [813])</li> <li>Steigerung der Durchblutung des Muskels: „Ergorezeptor“ mit sympathikotoner Wirkung (Leshnower et al. 2001 [679])</li> </ul>
<p>Vater-Pacini-Körperchen</p>  <p>Fasern vom Typ II (A<math>\beta</math>-Fasern) konzentrische Lamellen</p>	<p>Muskelfaszien und -septen, Muskel-Sehnen-Übergänge, spinale Ligamente, Gelenkkapseln, Mesenterium</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rasche Druckwechsel (schnelladaptierend): jeder Start und jedes Ende einer Bewegung/ Belastung</li> <li>sind damit auch vibrationsempfindlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>echte propriozeptive Funktionen zur Bewegungskontrolle</li> <li>therapeutische A<math>\beta</math>-Stimulation bei passiven lokalen Maßnahmen?</li> </ul>
<p>Golgi-Organ</p>  <p>Fasern vom Typ Ib</p>	<p>Muskel-Sehnen-Übergang (Gelenke, Sehnen peripherer Gelenke)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>reagieren am Muskel-Sehnen-Übergang („Golgi-Sehnenorgan“) auf Muskelkontraktion und -dehnung (Kompression durch die kollagenen Fasern bei Muskelkontraktion)</li> <li>Qualität an Sehnen und Gelenken unklar</li> <li>seriell zu den extrasfasalen Muskelfasern geschaltet (<math>\rightarrow</math> Muskelspannung/-zug)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hemmung der Motoneuronenaktivität über eine leichte Reizung des Interneuronenpool im multirezeptiven Hinterhorn</li> <li>Hemmung der <math>\alpha</math>-motorischen Reflexantwort der homonymen Muskeln des angespannten Muskels (analog zum Renshaw-Effekt [inhibitorische Selbstregulation des <math>\alpha</math>-Motoneurons])</li> </ul>
<p>Muskelspindeln</p>  <p>Fasern vom Typ Ia (A<math>\alpha</math>-Fasern) und Typ II (A<math>\beta</math>-Fasern)</p>	<p>nur intrafusal in der Muskulatur</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>reagieren auf Längenveränderung (dehnungsempfindlich): Verlängerung <math>\rightarrow</math> Rate steigt; Verkürzung <math>\rightarrow</math> Rate sinkt</li> <li>parallel zur extrasfasalen Muskelfaser geschaltet (<math>\rightarrow</math> Muskellänge)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Typ-Ia-Fasern: primäre Spindelafferenz monosynaptisch zum motorischen Vorderhorn und auch zum hemmenden Interneuronenpool: Unterdrückung nozizeptiver Afferenzen; zeigen dauernde Spontanaktivität</li> <li>Typ-II-Fasern (A<math>\beta</math>-Fasern): sekundäre Spindelafferenz zum hemmenden Interneuronenpool im multirezeptiven Hinterhorn</li> </ul>
<p>Ruffini-Körperchen</p>  <p>Fasern vom Typ II (A<math>\beta</math>-Fasern) (Spindel am Nervenende)</p>	<p>v. a. Hautrezeptor, Gelenkkapseln; periphere Ligamente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>laterale Zugspannung (Dehnung)</li> <li>langsam/schnell adaptierend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stellung und Auslenkungsgeschwindigkeit der Gelenke</li> <li>durch Muskelafferenzen kompensierbar</li> </ul>

Nach Leshnower et al. 2001, Hoheisel et al. 2005, Graven-Nielsen et al. 2008, Graven-Nielsen 2010, Mense 2010a, Mense 2013.

Abbildung 5

Manuelle Medizin 1 2015, S. 112



## **Aus der Peripherie in das Zentralnervensystem (ZNS)**

Aus der Peripherie werden die Aktionspotenziale aus dem VKB in das Hinterhornneuron des Rückenmarks geleitet. Von dort gelangen sie über den Thalamus in den sensorischen Kortex. Hingegen werden die Aktionspotenziale aus den Muskelspindeln und den Golgi-Apparaten über das RM in das Kleinhirn geleitet, wo sie für die unbewusste Bewegungssteuerung zuständig sind (Ochi et al., 2016). Hier werden die Informationen wie Stellung des Gelenkes, Bewegungsgeschwindigkeit, Druck und Beschleunigung oder Verlangsamung wahrgenommen

## **Innervation des intakten VKB**

Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass das Knie-Gelenk in sämtlichen Weichteil-Strukturen eine reiche Innervation aufweist. In besonderem Mass gilt das für das VKB. Insbesondere durch die zahlreich vorhandenen Mechanorezeptoren, die man darin gefunden hat, zeigt sich auch seine Schlüsselrolle in der Propriozeption (Ochi et al., 2016).

Bei Untersuchungen mit verschiedenen Methoden fand man vor allem Ruffini- und Pacini-Körperchen sowie afferente und efferente freie Nervenendigungen. Die Ruffini- und Pacini- Körperchen kommen nicht nur im VKB selbst vor, sondern auch in der Synovialmembran zwischen den KB. Sie dienen dazu, den Muskeltonus über polysynaptische Reflexe zu steuern.

Die freien Nervenendigungen entsprechen denjenigen, die auch in der Gelenkkapsel vorkommen.

Alle Nervenzellen finden sich gehäuft am femoralen und tibialen Ende des VKB.

Sie spielen eine Rolle bei der sensiblen Kontrolle der normalen Bewegung und als Schutz in Stress-Situationen.

Die Ruffini-Körperchen sind langsam adaptierende Mechanorezeptoren. Sie leiten die Gelenksstellung und auf das Gelenk wirkende Scherkräfte weiter.

Pacini-Körperchen sind schnelladaptierend. Sie dienen der Beschleunigungsmessung, melden Beginn und Ende einer Bewegung und Vibration.

Die freien Nervenendigungen können sowohl als Mechano- wie auch als Nozizeptoren wirken (Ochi et al., 2016).

Andere Studien haben erwiesen, dass eine direkte neuronale Verbindung des VKB in das dorsale Spinalganglion existiert (L6, L7, S1). Das Kniegelenk im Gesamten wird von L4-S2 repräsentiert (Ochi et al., 2016).

Aus dem dorsalen Spinalganglion wird der Reiz in den Thalamus und von da aus in den sensorischen Kortex weitergeleitet.

### **Innervation des rupturierten VKB**

Bei einer Ruptur des VKB ist die Propriozeption des gesamten KG stark gestört. Die Betroffenen haben grosse Mühe, die Gelenkstellung wahrzunehmen, da die im VKB vorkommenden Sensoren auch die Aktivität und den Tonus der umgebenden Muskulatur beeinflussen (Petersen/Zantop 2009).

Wie verschiedene Studien zeigen, konnte nachgewiesen werden, dass sich die Innervierung des VKB nach einer Rekonstruktion wieder erholt. Für die Untersuchung wurden bei Patienten mit und ohne VKB-Rekonstruktion nach Ruptur aber auch bei intakten VKB (Kontrollgruppe) während einer Arthroskopie elektrische Impulse auf das VKB gegeben und die ankommenden Signale (somatosensibel evozierte Potenziale, SSEP) auf der Schädeldecke gemessen.

Bei den VKB- Geschädigten konnte nur bei einem Teil der Probanden (ca. der Hälfte), SSEP nachgewiesen werden. Bei den rekonstruierten VKB hingegen bei allen, mit Ausnahme eines Probanden, der eine Spendersehne erhalten hatte.

Bei der gesunden Kontrollgruppe konnten erwartungsgemäss bei allen die SSEP hervorgerufen werden (Ochi et al. 1999).

Eine andere Studie zeigte, dass drei Monate nach einer VKB-Plastik die Propriozeption noch deutlich herabgesetzt war. Allerdings war dies nach sechs, bzw. zwölf Monaten nicht mehr der Fall, auch nicht im Vergleich mit einer gesunden Kontrollgruppe. Es kann also davon ausgegangen werden, dass sich die Propriozeptoren und die freien Nervenendigungen nach einer Operation regenerieren. In dieser Studie zeigte sich aber auch, dass die neuronale Regeneration des Implantates nach sechs Monaten das Maximum erreicht hatte (Angoules et al. 2010).

## Arthrose

### Idiopathische Gonarthrose

Michael, Schlüter-Brust und Eysel beschäftigen sich in „Epidemiologie, Ätiologie, Diagnostik und Therapie der Gonarthrose“ (2010) mit der Frage nach der Häufigkeit der Arthrose bei Erwachsenen. Obwohl radiologisch oft Arthrose nachgewiesen werden kann, ist die klinische Relevanz deutlich geringer (ca. in einem Drittel der Fälle). Es zeigt sich, dass mit zunehmendem Alter auch die Anzahl der Erkrankungen mit Arthrose steigt.

Die oben genannten Experten sind sich über den Einfluss von Risikofaktoren bei der Entstehung einer Arthrose einig:

- genetische Disposition
- Übergewicht
- berufsspezifische Bewegungen (kniende oder hockende Tätigkeiten bei Bau-, Bergarbeitern)

Bisher gibt es keine Heilung. Es stellt sich die Frage, ob bei frühzeitiger Erkennung eine gezielte Behandlung möglich wäre und ein Fortschreiten verhindern oder zumindest aufhalten könnte.

Zurzeit ist die Erkennung einer primären Arthrose in einem frühen Stadium meist ein Zufallsbefund im Rahmen einer anderweitigen Erkrankung. Dies unterstreicht die Wichtigkeit einer genauen, umfassenden und ganzheitlichen Diagnose unter Einbezug der familiären und beruflichen Situation.

Auf die idiopathische Arthrose soll in dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden, obwohl sich auch bei Patienten mit diesem Krankheitsbild die Schmerzlinderung und verbesserte Funktion des Gelenkes gezeigt hat, die auf die Durchführung der Übungen folgen kann.

## **Sekundäre Gonarthrose**

Neben diesen Formen der idiopathischen Gonarthrose, deren genaue Ursache unbekannt ist, kann bei der sekundären Arthrose ein Auslöser klar definiert werden (DIMDI, ICD-10-WHO M15-M19). In der Praxis sind dies in der Regel Unfälle oder Gelenkserkrankungen:

- Trümmerfraktur Tibiakopf mit oder ohne Knorpelschäden
- Knorpelschäden
- Entzündungen
- Stoffwechselstörungen
- Läsionen der Bänder des KG mit oder ohne Knorpelschäden
- KG-Eingriffe

Diese Ereignisse führen zu Inkongruenzen innerhalb des betroffenen Gelenkes und begünstigen dadurch die Entstehung der Arthrose, wie dies auch bei jedem intraartikulären Eingriff der Fall sein kann. Studien zeigen ein Gonarthrose Risiko von bis zu 44% nach im Mittel 7,6 Jahre nach dem KG-Eingriff (Bedi et al.).

## **Sekundäre Gonarthrose nach Verletzung des VKB**

Einen grossen Anteil der Traumata betrifft insbesondere das VKB. Alleine in den USA geht man von 75 000 Verletzungen jährlich aus (Petersen/Zantop 2009). Diese betreffen hauptsächlich (ca. 70%) junge, sportlich aktive Personen im Alter von 15-45 Jahren.

Sportunfälle in Sportarten wie Handball, Basketball und Fussball, in denen Sprünge und plötzliche Drehbewegungen vorkommen, aber auch im Alpinski fahren sind die häufigsten Auslöser. Bei Sportlerinnen ist die Verletzungsrate signifikant höher (Petersen/Zantop 2009).

Bis heute ist man auf der Suche nach der optimalen Operationsmethode, um die volle Funktion wiederherzustellen. Dies ist in Anbetracht des Alters der zumeist Betroffenen einleuchtend.

Besteht bei der sekundären Gonarthrose ein Zusammenhang mit Charakteristiken des Traumas, bzw. der Behandlungsmethoden nach Trauma?

Wie eine belgische Übersichtsarbeit (A. van Ginckel et al.), zeigt, besteht bereits ein Jahr nach einer VKB-Ruptur ein hohes Risiko, dass es zu einem Knorpel-Abbau kommt. Schon nach zwei

Jahren lassen sich morphologische Veränderungen röntgenologisch nachweisen. Dabei spielt es weder eine entscheidende Rolle, ob eine VKB-Plastik durchgeführt wurde, noch, ob bei dem Trauma der Knorpel primär geschädigt wurde.

Der Knorpelabbau beginnt schon sehr früh nach einem Trauma. Im lateralen Kompartiment vermutlich schon sofort nach dem Trauma, im medialen innerhalb des ersten Jahres post Trauma.

Deshalb ist es umso wichtiger, einen Weg zu finden, dies zu vermeiden. Die physiotherapeutische Nachbehandlung könnte also ein mitentscheidender Faktor bei der Vermeidung der Arthrose sein, wenn sie den Knorpelabbau nach Trauma verhindern kann.

Wie neuere Untersuchungen belegen, ist das VKB nicht nur mechanisch von grosser Bedeutung, sondern vor allem auch für die Propriozeption des Gelenkes (Ochi et al, 2016). Hier ist also der Ansatzpunkt in der Nachbehandlung, was die Physiotherapie angeht.

Besonderes Augenmerk muss deshalb auf das Training der Propriozeption gerichtet werden.

Die korrekte Belastung der Beinachse und die Verbesserung der Koordination der Muskulatur sind weitere wichtige Behandlungsziele. Wahrscheinlich sind sie aber dem ersten Ziel nachgeordnet.

## **Stoffwechsel/Störungen**

Wie Frans van den Berg (2011) beschreibt, hat der Knorpel im gesunden Gelenk verschiedene Aufgaben. Einerseits hat er eine Pufferfunktion und fängt Stoss- und Kompressionskräfte ab, die ansonsten direkt auf den Knochen wirken würden.

Andererseits reduziert er die Reibung zwischen den Gelenkpartnern. Dabei hilft die Synovialflüssigkeit massgeblich mit. Sie befindet sich im Gelenkspalt und schmiert das Gelenk bei jeder Bewegung und Belastung.

Die Knorpelstruktur enthält im kollagenen Netzwerk sehr viel Wasser. Dies erlaubt ihr, Kompressionskräfte sehr gut zu absorbieren.

Van den Berg (2011) bezieht sich auf verschiedene Autoren, die die zerstörerischen Vorgänge bei Arthrose beschrieben haben.

Demnach verändert sich die gesamte Struktur des Knorpels mit Hypertrophie, verstärkter Wassereinlagerung, Matrixdegeneration, Zelltod und Nekrose sowie Knochenverdickung subchondral mit Mikrofrakturierung. Hinzu kommen noch biochemische Veränderungen.

Vergrössert wird diese Problematik noch durch Entzündungen der Gelenkkapsel. Wie van den Berg (2011) beschreibt, setzen sie Stoffe frei, die die Bildung von Knochen und Osteophyten stimulieren. Der Übergang zwischen Knochen und Knorpel verändert sich, neue Kapillaren und Einsprossungen entstehen und das Gewebe wird stärker innerviert, was auch die Zunahme der Schmerzempfindlichkeit erklärt.

### **Behandlungsoptionen der posttraumatischen Gonarthrose**

Bei sekundärer posttraumatischer Gonarthrose gibt es verschiedene Möglichkeiten der Behandlung, die abhängig vom Schweregrad der Erkrankung, der Lebenssituation des Betroffenen und nicht zuletzt dem Alter des Patienten eingesetzt werden können.

**Konservativ:** Mit Physiotherapie und Medikamenten (schmerz- und entzündungshemmend) kann versucht werden, die Beschwerden zu mindern. Eine Operation soll so lange wie möglich hinausgezögert oder bestenfalls verhindert werden.

In einem alternativen Ansatz wird versucht, den Knorpel mittels Medikamenten zu stärken und den Abbau zu verlangsamen. Diese Mittel können oral eingenommen oder direkt in das betroffene Gelenk injiziert werden. Der wissenschaftliche Nachweis für die Wirksamkeit dieser Methode steht jedoch (noch) aus.

**Operativ:** Arthroskopie mit Gelenkstoilette, Teil- oder Total-Endoprothese.

Im beschriebenen Fall wurde dem Patienten Mitte der 90-Jahre eine Gelenkstoilette empfohlen und durchgeführt, ohne dass dies eine Verbesserung ergab.

Inzwischen liegen wissenschaftliche Untersuchungen vor, die belegen, dass diese Operation i. d. Regel zu keiner Verbesserung führt und somit als unwirksam einzustufen ist, was allerdings Mitte der 90-Jahre noch nicht bekannt war (Moseley et al., 2002):

Für diese Untersuchung wurden die Probanden in drei Gruppen eingeteilt.

Bei der ersten Gruppe erfolgte die Gelenkstoilette mit arthroskopischem Débridement. In der zweiten Gruppe erfolgte eine arthroskopische Lavage.

Die dritte Gruppe erhielt eine Hautinzision.

Nach 24 Monaten konnten in allen 3 Gruppen keine signifikanten Unterschiede diagnostiziert werden. Bei allen war der Zustand vergleichbar, ob mit oder ohne Eingriff. Die Wirkungsweise eines eventuellen Placeboeffekts blieb unerforscht.

## **Zusammenhang von Schmerz mit Beweglichkeit oder/und Entstehung der posttraumatischen Gonarthrose**

### **Mechanik des gesunden Kniegelenks**

Die potenzielle Beweglichkeit des Kniegelenks umfasst Flexion / Extension (140/0/10) und Innen- und Aussenrotation in flektierter Stellung. Die Innenrotation (IR) beträgt im Normalfall ca. 30°, die Aussenrotation (AR) ungefähr 40°. (Kapandji 1999).

Im normalen Gang spielt die Rotationsbewegung eine untergeordnete Rolle. Allerdings beschreibt die Tibia in der letzten Phase der Streckung eine ca. 5-gradige AR gegenüber dem Femur.

Die ungenutzte Reserve der Beweglichkeit ist notwendig für den normalen Bewegungsausschlag. Eine Einschränkung in der Gesamtbeweglichkeit wirkt sich zwangsläufig auf das Bewegungsverhalten eines Gelenkes aus.

Durch eine Veränderung in der Propriozeption des Gelenkes, hervorgerufen durch das VKB-Implantat, wäre hier vielleicht eine Ursache für die Problematik des hier untersuchten Falls zu finden.

Zur Zeit des beschriebenen Unfalls (1983) stand immer die muskuloskeletale Betrachtungsweise im Vordergrund. Es war noch nicht bekannt, dass diese Art der Verletzung sogar Veränderungen im sensomotorischen Kortex hervorrufen kann, sondern man ging von einem rein mechanischen Problem aus.

Im funktionellen Gangbild ist die potentielle Beweglichkeit Voraussetzung für den normalen Gang eines Menschen.

Eine Arthrose entsteht durch eine permanente Fehlbelastung des Gelenkes. Ein Gelenk, das in der potentiellen Beweglichkeit eingeschränkt ist, wird zwangsläufig dauernd ungünstig belastet.

Neben dem auftretenden Schmerz bei Belastung kann sich damit eine Arthrose entwickeln.

Könnte es sein, dass nicht rein mechanische Einschränkungen die Ursache der resultierenden Gonarthrose sind und wenn ja, welche Strukturen könnten verantwortlich sein?

Eine mögliche Antwort auf diese Frage soll mittels Literaturrecherche ermittelt werden.



## **Physiotherapeutische Spätintervention: Gelenkszentrierung in der FKSc**

Nach Kapandji (1999) kann es durch den Ersatz des vorderen Kreuzbandes (VKB) zu einer Veränderung der Gelenksmechanik kommen. Die Bewegungskomponenten Flexion und Extension können eingeschränkt sein ebenso wie die Rotation in Flexionsstellung des Kniegelenkes. Dies könnte aber vielleicht eine eher untergeordnete Rolle spielen.

Da das VKB aber gerade auch in der Propriozeption eine äusserst wichtige Funktion hat, muss dieser Aspekt unbedingt berücksichtigt werden.

Bei diagnostizierter Bewegungseinschränkung oder eben einer veränderten Gelenksmechanik entsteht nach der funktionellen Bewegungslehre FBL eine Dezentrierung des Gelenks durch veränderte momentane Drehmomente. (Spirgi, Gantert, 2007)

Daraus folgen Ausweichbewegungen. Sie können minimal sein, aber sie haben einen Einfluss auf die Koordinationsfähigkeit der Muskulatur.

Wie wir bei Salah Bacha (Skript Modul 9) in der Faszientheorie gelernt haben, sind die Bewegungsmuster abgespeichert und nur durch intensives Umlernen veränderbar.

Diese Muster sollten sich aber an die neuen Bedingungen anpassen und dadurch die Stabilität und Koordinationsfähigkeit des Gelenkes gewährleisten.

Im beschriebenen Fall kam drei Jahre nach der Kreuzbandplastik noch die Umstellung der Beinachse dazu.

Um die nun ganz neu ausgerichtete Kniegelenksachse und damit die Bewegungsmuster an die veränderte Situation zu gewöhnen hätte es eines intensiven, vor allem auch propriozeptiven Trainings bedurft, um zu lernen, mit der veränderten Mechanik umzugehen. Aus heutiger Sicht muss festgestellt werden, dass dies in der Therapie damals keine Rolle spielte. Das einzige, was beachtet wurde, war der Kraftaufbau.

Neuere Untersuchungen und Studien, veröffentlicht 2016 (Ochi et al.) zeigen, dass dies kein Einzelfall ist.

Auch bei anderen Patienten mit VKB-Plastik kam und kommt es immer wieder vor, dass trotz gelungener OP und physiotherapeutischer Rehabilitationsmassnahmen ein Instabilitäts- und Unsicherheits-Gefühl bleibt.

Es ist zu vermuten, dass die Rolle des VKB in Bezug auf die propriozeptive Sensibilität und als biomechanischer Stabilisator zwischen Tibia und Femur in Bezug auf anterior-posteriore als auch rotatorische Bewegungen nicht adäquat oder nicht ausreichend in der Therapieplanung und –umsetzung berücksichtigt wurde

Nach den ausgeführten Überlegungen liegt aus der Erfahrung mit dem beschriebenen Patienten eine Kombination aus zwei Übungen aus der FBL nahe. Diese werden im folgenden Kapitel beschrieben. Die hypothetische Wirkungsweise soll danach betrachtet werden.

## **Praktische Durchführung der zweiteiligen Kniegelenks-Zentrierung**

### **1. Teil der Kniegelenks-Zentrierung nach Andreas Bertram (Modul 8, 13.-15.4.2012)**

Der Patient sitzt auf einem Hocker, die Beine leicht gegrätscht. Die Ferse des Beines steht unter dem KG und bleibt während der gesamten Übung an diesem Ort.

Das KG wird während der Übungsausführung ebenfalls räumlich nicht verschoben und das Grosszehengrundgelenk behält immer den Kontakt zum Boden.

Der Vorfuss rotiert in einer Wischbewegung um die feststehende Ferse. Die Bewegung soll mühelos ausgeführt werden können. Für die Zentrierung genügt der Bewegungsausschlag, der ohne Anstrengung erreicht werden kann.

Es kann hilfreich sein, am Anfang mit der einen Hand den M. biceps femoris und mit der anderen den M. semimembranosus zu fassen, um die Bewegung zu unterstützen (Spirgi-Gantert, 2012).

### **2. Teil der Kniegelenks-Zentrierung nach Andreas Bertram**

In diesem Teil der Übung bleibt der Fuss in der beschriebenen Ausgangsposition unter dem Kniegelenk stehen.

Der Patient möchte den Fuss nach vorne verschieben. Die Sohle bleibt aber am Ort stehen und es entsteht kein Bewegungsausschlag.

Als Nächstes möchte der Patient die Ferse unter das Gesäss ziehen, wieder ohne dass eine Bewegung tatsächlich zu Stande kommt.

Die Vor- und Rück“bewegung“ wird einige Male im Wechsel ausgeführt. Der Patient spürt dabei die wechselnde Anspannung des M. quadriceps („vorwärts“) und der ischiocruralen Muskulatur („rückwärts“).

Die Anzahl der Wiederholungen beider Teile der Übung bleibt dem Patienten überlassen.

Die Übungen können beliebig oft am Tag durchgeführt werden. Es erfolgen keine Messungen. Die Wahrnehmung des Patienten ist ausschlaggebend für die weitere Durchführung. Nach meinen Erfahrungen aus der Praxis erfolgt bei den Patienten eine individuell spürbare rasche Verbesserung in der Beweglichkeit und vor allem in der Schmerzwahrnehmung. Dies kann bis zur völligen Schmerzfreiheit unmittelbar nach der Übung führen.

### **Erklärungsversuch der Wirkungsweise**

Im ersten Teil der Übung kommt es im Gelenk zu einer Rotation. Im zweiten Teil gleiten die Gelenkflächen horizontal minimal gegeneinander. Bedingt durch die Ausgangsstellung geschieht dies hubfrei.

Definition der hubfreien Mobilisation nach Spirgi-Gantert (2007):

„Wenn eine Bewegungsachse vertikal steht, Bewegungen also auf horizontalen Ebenen stattfinden, arbeitet die Muskulatur hubfrei und dynamisch konzentrisch. Teilgewichte des Körpers werden von der arbeitenden Muskulatur bewegt, ohne dass diese die Gewichte gegen die Schwerkraft halten muss. Wenn der bewegte Körperteil auf einer Unterlage liegt, sollte der Reibungswiderstand so gering wie möglich gehalten werden, da zur Überwindung des Reibungswiderstandes eine positive Hubarbeit geleistet werden müsste.“

Ziel der hubfreien Mobilisation ist ein möglichst geringer Reibungswiderstand. Mit einer entsprechenden Unterlage unter dem Vorfuss (Papier, Tuch etc.) lässt sich dies annähernd erreichen.

Welche Strukturen werden angesprochen und was verändert sich damit im alltäglichen Gebrauch?

Nicht nur der in der Anamnese vorgestellte Patient, auch andere Patienten berichten über schnelle Erfolge.

Deshalb müssen die folgenden Fragen gestellt werden:

- Warum beeinflusst die Übung den Schmerz so unmittelbar und positiv?

- Wie ist die Wirkung auf die passiven Strukturen des Gelenks, also Kapsel, Bänder, insbesondere das VKB ohne Krafteinwirkung in einer entspannten Ausgangsstellung (ASTE)?
- Kann die Übung möglicherweise auch den Stoffwechsel des Knorpels positiv beeinflussen?

In den folgenden Kapiteln werden diese Fragen erörtert.

## **Entstehung von Schmerz**

Schmerz wird in der Peripherie durch Nozizeptoren registriert und in Aktionspotentiale umgewandelt.

Bei diesem Fallbeispiel handelt es sich um einen Schmerz, der nach einem Trauma entstanden ist und sich festgesetzt hat (Nozizeptorschmerz) (Manuelle Medizin, S. 71).

Man könnte auch von einem chronischen Schmerz sprechen, da einige der Kriterien für diese Definition gegeben waren (Manuelle Medizin, S. 167 ff.).

Da aber die Schmerzfreiheit so schnell und anhaltend eintrat, ist es kein typischer chronifizierter Schmerz.

Wie bereits ausgeführt, handelt es sich um einen Nozizeptorschmerz, der im tiefsomatischen Gewebe entstanden ist. Über die Entstehung und Weiterleitung von Schmerz ist schon viel geforscht worden, ebenso über die schmerzhemmenden Mechanismen. Die Kenntnis darüber setze ich voraus.

Ich beschränke mich deshalb auf eine kurze Zusammenfassung der bekannten Fakten.

## **Wirkung der Übung auf den Schmerz**

Schmerz wird in der Peripherie durch Nozizeptoren registriert und in Aktionspotentiale umgewandelt.

Nozizeptive afferente Neurone werden eingeteilt nach ihrem Ursprungsort, sprich dem Gewebe, in welchem sie die Schmerzen registrieren.

In beschriebenen Fall entstand der Schmerz bei diesem Patienten im tiefsomatischen Gewebe, also der Skelettmuskulatur, den Sehnen, Faszien, Periost oder anderen. Dieser wird weitergeleitet über A $\delta$ - und C-Afferenzen. Diese Nervenfasern haben eine relativ hohe Reizschwelle, die durch mechanische oder chemische Reize ausgelöst werden (Manuelle Medizin, S.73).

Das tatsächlich den Schmerz auslösende Gewebe konnte im vorliegenden Fall nie genau definiert werden. Es spricht allerdings einiges dafür, dass Faszien und/oder Sehnen die Ursache waren, dies vor allem im Hinblick auf das praktisch vollständige Verschwinden der Schmerzen nach Anwendung der Kniegelenkszentrierung.

Da der Schmerz immer in der gleichen Gelenkstellung ausgelöst wurde, kann auch davon ausgegangen werden, dass ein mechanischer Reiz die Ursache war.

Durch die Übung, die in einer schmerzfreien und unbelasteten Stellung ausgeführt wird, kam es wahrscheinlich zu einer Entspannung der beanspruchten Strukturen. Ausserdem „lernten“ diese, dass auch eine schmerzfreie Bewegung möglich ist.

„Propriozeptive Inputs hemmen die Verarbeitung der myofaszialen Nozizeption auf der Rückenmarksebene“ (Bacha, 2012).

Wie später ausführlich dargelegt wird, ist es aber hauptsächlich das VKB selbst, das den grössten Anteil an dem positiven Resultat hatte.

Es wird auch gezeigt, warum die Verbesserung unmittelbar eintrat und der Erfolg bis heute anhält.

## **Vorteile der Übungen**

Auch in der manuellen Medizin ist auf dem Gebiet der Schmerzentstehung und Beeinflussung schon viel geforscht worden. Dort steht aber immer die Intervention des Therapeuten im Vordergrund.

Der grösste Unterschied besteht bei den Techniken der FBL darin, dass der Therapeut nur die Übung instruiert, selbst aber nicht unbedingt Hand anlegen muss.

Der Patient lernt dabei, dass er selbst auf seine Beschwerden positiv einwirken kann. Diese Motivation bewirkt, dass er die erlernten Übungen und ein weiterführendes Heimprogramm auch tatsächlich in den meisten Fällen selbstständig weiterführt.

## Wirkung der Übungen auf die passiven Strukturen: Propriozeption

In einem Übersichtskapitel behandelt Uchio (Ochi et al. 2016) die Bedeutung von Mechanorezeptoren des VKB und gibt die Erkenntnisse verschiedener Autoren wieder.

Neue Forschungen haben gezeigt, dass das VKB eine entscheidende Rolle in der Propriozeption des Kniegelenkes spielt.

Möglicherweise liegt hier der Schlüssel, der die Wirkungsweise der Übungen erklärbar macht. Das VKB hat eine wichtige Funktion in der Biomechanik. Indem es Femur und Tibia verbindet, dient es der Fixation des Gelenkes in Bezug auf anterior-posteriore sowie rotatorische Stabilität. In dieser Funktion spielt es eine entscheidende Rolle.

Wie Uchio in seinem Kapitel ausführt, kann man heute davon ausgehen, dass die Innervierung des VKB die bewusste Steuerung des Gelenkes repräsentiert, während die Innervation der Muskelspindeln in der umgebenden Muskulatur und der Golgi-Apparate in den Sehnen der Steuerung der Reflexe und der motorischen Kontrolle dient, die unbewusst abläuft.

Es konnte nachgewiesen werden, dass Verletzungen des VKB zu Veränderungen der Hirnaktivität in definierten Regionen des motorischen Kortex führen. Im Vergleich mit gesunden Probanden zeigten sich verminderte Aktivitäten in mehreren sensomotorischen Zentren, während in anderen Bereichen erhöhte Aktivität festgestellt wurde.

Unter diesem Aspekt wird verständlich, warum bei Patienten mit VKB-Plastik ein Unsicherheits- oder Angstgefühl auch nach erfolgreicher Operation bestehen bleiben kann. Es handelt sich nicht nur um ein peripheres „einfaches“ muskuloskelettales Problem, sondern ebenso um eine **neurologische Dysfunktion**.

Mehrere Autoren gingen der Frage nach, was mit den Mechanorezeptoren nach einer Ruptur geschieht. Laut Uchio (Ochi et al. 2016) zeigten verschiedene Untersuchungen, dass bei unbehandelten Läsionen die morphologisch normalen Mechanorezeptoren noch während ca. 3 Monaten nachzuweisen waren. Danach nahm ihre Anzahl kontinuierlich ab und nach einem Jahr waren keine mehr vorhanden. Parallel dazu nahm die Propriozeption des Kniegelenkes ab.

Offenbar hängt die Propriozeption im Gelenk auch von der nach einem Ereignis verbliebenen Anzahl der Mechanorezeptoren ab. Bei einer Teil- oder auch vollständigen Ruptur findet man in den femoralen und tibialen Überresten die Rezeptoren immer noch. Bei Anhaftung von VKB-Resten an das HKB wiesen diese sogar noch 3 Jahre nach dem Ereignis funktionierende Rezeptoren auf.

Als Empfehlung folgert Uchio daraus, solche Reste bei einer Operation zu belassen. Sie könnten bei einer Reinnervation und der Erholung der propriozeptiven Funktion hilfreich sein und damit das klinische Ergebnis verbessern.

Andere Studien zeigen laut Uchio, dass die Propriozeption im KG auch nach intensiver Rehabilitation nicht verbessert werden konnte. Wurde das Propriozeptions-Training in das Programm integriert, zeigten sich aber leichte Besserungs-Tendenzen.

Sensomotorisches Training bei einer Patientengruppe, die nicht operiert wurde, konnte dagegen eine Verbesserung der Propriozeption bewirken. Allerdings war auch dies nicht bei allen Probanden der Fall.

Aus all diesen Studien geht hervor, dass bisher nicht nachgewiesen ist, ob eine VKB-Plastik die Propriozeption vollständig wiederherstellen kann. Uchio beschreibt das Ergebnis einer Studie von Reider et al., bei der die VKB-Plastik mittels der Patellar-Sehne mit Knochen durchgeführt wurde oder mit einem Eigen-Implantat der Ischiocrural-Sehne.

Hier zeigte sich nach einem halben Jahr ein sehr gutes Ergebnis bei beiden Gruppen in Bezug auf die Propriozeption auch mit einer Vergleichsgruppe. Es kann also unabhängig von der Wahl des Implantates gute Erfolge geben.

## **Physiotherapie und Propriozeption**

Die Übersichtsarbeit von Uchio (Ochi et al. 2016) zeigt die wichtige Rolle des VKB in Bezug auf Propriozeption und Sensomotorik. Bei einer Verletzung /Ruptur werden damit wichtige Bahnen in das zentrale Nervensystem bis hin zum motorischen Kortex unterbrochen.

Auch eine Rekonstruktion durch eine Operation führt oft nicht zum erwünschten Resultat. Angst und Unsicherheitsgefühl können bestehen bleiben. Auch beschreiben Patienten subjektiv eine gefühlte Instabilität, selbst wenn die Operation erfolgreich durchgeführt werden konnte und objektiv die Stabilität gegeben ist.

Der Ansatz der beschriebenen Übungen zielt auf die direkte Stimulation noch vorhandener Mechanorezeptoren im VKB, um als integrativer Teil des Behandlungskonzeptes die Propriozeption des KG zu verbessern oder überhaupt zu ermöglichen.

## Analyse der Kniegelenks-Zentrierung

Durch die ASTE, Sitz mit 90° Flexion im KG, die Ferse steht unter dem KG, ist gegeben, dass die Muskulatur entspannt ist. Sie muss keine Haltearbeit leisten. Ausserdem wird sie während des Ablaufs nur minimal beansprucht und bewirkt lediglich einen kleinen Bewegungsaus Schlag im KG.

In der ersten Übung werden die Muskeln (M. biceps femoris und M. semimembranosus) des Oberschenkels so aktiviert, dass die Tibia eine leichte Rotation sowohl ein- wie auswärts gegenüber dem Femur ausführt. Die Muskulatur leistet nur eine minimale Arbeit, da die Bewegungsachsen horizontal stehen. Die Ausführung geschieht also hubfrei (Definition siehe oben). Die Kreuzbänder werden umeinander und in sich torquiert. Die verschiedenen Anteile der Bänder werden im Lauf der Bewegung unterschiedlich ge- und entspannt. In der Innenrotation wird das VKB angespannt, das HKB entspannt, in der AR umgekehrt (Kapandji, 1999, S.126).

Da die KB aus verschiedenen Faserbündeln aufgebaut sind, geschieht dies jeweils partiell.

In der zweiten Übung werden die Bänder durch die wechselnde Anspannung einerseits des M. quadriceps, andererseits der Mm. ischiocrurales an den Ursprungs- und Ansatzstellen leicht gedehnt und wieder entspannt.

Das Einzigartige bei dieser Übungsanordnung besteht darin, dass die KB direkt von der Bewegung betroffen sind. Während der Ausführung werden die einzelnen Faserbündel ge- und entspannt, wie es bei keiner anderen Übung erreicht werden kann. Damit werden auch die Rezeptoren im VKB direkt und fast ausschliesslich über die Faserbündel in dieser Struktur angesprochen.

Im Gegensatz dazu wird bei einem herkömmlichen Propriozeptions-Training mit einem Hilfsmittel wie einem Federbrett, Posturomed oder etwas Ähnlichem gearbeitet. Dabei muss das Bein und damit das betroffene Gelenk in möglichst unveränderter Position gehalten und stabilisiert werden. Die Standfläche ist labil und kann zusätzlich noch in Bewegung versetzt werden. Damit sind alle Strukturen, also Muskeln, Sehnen, Bänder und das knöcherne Gelenk selbst involviert. Jede dieser Strukturen meldet den Input an die übergeordneten Zentren weiter. Die Kreuzbänder werden lediglich global mit einbezogen.

Der Reiz wirkt auf alle Strukturen, besonders aber auf die Muskulatur, die die Haltearbeit leisten muss. Die KB werden in einer möglichst fixierten Position gehalten. Was für den Probanden im Vordergrund steht, ist die möglichst gezielte Anspannung der Muskulatur. Sie soll das Gelenk stabilisieren und keine Bewegung zulassen.



Möglicherweise genügt dies eben nicht als Stimulation. Wie gezeigt wurde, sind die KB in L6, L7 und S1 im dorsalen Spinalganglion repräsentiert, das gesamte Gelenk aber von L4-S2. Werden also mittels der Übung ganz gezielt nur die Nervenzellen angesprochen, die das VKB innervieren, könnte dieser Reiz bei der Reinnervation helfen und eine verbesserte Koordination hervorrufen.

Da die Reizleitung über die aufsteigenden Bahnen im Rückenmark über das Kleinhirn in den Thalamus bis in den sensorischen Kortex führt, wird auch erklärbar, warum die Empfindung bezüglich Angst und Unsicherheit sowie Instabilität positiv beeinflusst werden könnte.

Wird die Ansteuerung der Muskulatur über die Aktivierung der Innervation des VKB verbessert, können die umgebenden Muskeln das Gelenk besser führen. Die pathologischen Muster werden erkannt und können zentral korrigiert werden.

Durch die bessere Führung kann erklärt werden, warum auch die Schmerzen positiv beeinflusst werden.

Der Patient spürt bei der Übungsausführung seine KB nicht. Dies alles sind Prozesse, die für ihn völlig unbewusst ablaufen. Dennoch ist unmittelbar eine Auswirkung zu spüren. Das Gelenk schmerzt weniger oder gar nicht mehr und anschließende Übungen, sei es für Kraft oder Koordination, sind besser durchführbar.

Dafür spricht auch, wie sich in der Praxis immer wieder zeigt, dass diese Übung nicht nur bei posttraumatischen, sondern auch bei idiopathischen Arthrosen eine positive Wirkung zeigt. Da die Ursache der idiopathischen Arthrose beispielsweise in einer ungünstigen Führung des KG liegen könnte, wird dies erklärbar.

Auch hier kann die Stimulation im sensorischen Kortex eine verbesserte Führung hervorrufen. Dies ist ein interessanter Ansatz, um eine beginnende Arthrose aufzuhalten. In die Therapie muss dann auch das entsprechende Muskeltraining integriert werden, um die Stabilität bei verbesserter Führung des Gelenkes zu trainieren.

## **Wirkung der Übung auf den Knorpel**

Es ist zu vermuten, dass durch die KGZ der Knorpel kaum involviert ist. Obwohl durch das Bewegen der Gelenkflächen gegeneinander in einer entspannten Stellung die Synovialflüssigkeit im Gelenkspalt in Bewegung versetzt wird, ist die Dauer der Übungsausführung zu kurz. Eine direkte Wirkung mittels der Synovialflüssigkeit auf den Knorpel ist daher eher unwahrscheinlich.

Durch die verbesserte Führung des Gelenkes werden aber die belasteten Kompartimente im Gelenk entlastet. Somit müsste sich im Laufe der Zeit auch hier eine Verbesserung feststellen lassen.

## **Nachhaltigkeit der Kniegelenks-Zentrierung**

Die Nachhaltigkeit ist im vorliegenden Fall eindeutig zu bejahen.

Der beschriebene Patient führte die KGZ anfangs täglich morgens aus.

Nach zwei Wochen war er in der Lage, die Treppe schmerzfrei zu bewältigen, dies war sowohl beim Abwärts- wie beim Aufwärtsgehen der Fall.

Die Schmerzfreiheit blieb bestehen, auch als ein moderates Krafttraining aufgenommen wurde. Im Lauf der Zeit konnten die Anforderungen kontinuierlich gesteigert werden.

Einige Monate später konnte er wieder Ski fahren, was 5 Jahre zuvor schmerzbedingt aufgegeben worden war.

Heute, etwa vier Jahre später, ist er immer noch schmerzfrei, der Muskelaufbau hat gute Fortschritte gemacht.

Die KGZ wird bei Bedarf immer noch angewandt, allerdings hat sich die Frequenz stark verringert. Sie wird noch ein- bis zweimal wöchentlich durchgeführt. Dies vor allem vor dem Training oder wenn die Schmerzen aus irgendeinem Grund wieder auftreten.

Sogar Joggen, obwohl bei Arthrose nicht empfehlenswert, ist wieder möglich.

Die Funktionalität des Gelenkes ist über 30 Jahre nach dem Trauma fast vollständig wiederhergestellt. Nach wie vor besteht eine Einschränkung in der Flexion.

Die Kraft ist im Vergleich mit dem kontralateralen Gelenk noch immer vermindert. Da es sich um das Sprungbein handelt, war dies vor dem Unfall das dominante Bein und entsprechend kräftiger.

Die Schäden am Knorpel, die sich in allen Kompartimenten über die Jahre entwickelt haben, sind natürlich noch vorhanden. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Situation hier weiter entwickelt.

Eine TP ist in der gegenwärtigen Situation keine Option mehr.

### **Zusammenfassende Diskussion**

Der vorliegende Fall illustriert eindrücklich, dass auch nach jahrelangem unbefriedigendem Verlauf einer posttraumatischen Gonarthrose eine erfreuliche und nachhaltige Verbesserung erzielt werden kann; dies mit weitgehender Schmerzfreiheit und normalisierter Funktionalität. Im vorliegenden Fall war das auf die KGZ zurückzuführen. Ähnliche Fälle sind in der Literatur nicht beschrieben. Daher bleibt offen, in wie fern die positive Entwicklung wie im beschriebenen Fall generalisierbar ist. Die mit Hilfe der Literatur erarbeiteten Vorstellungen über die Wirkungsweise der KGZ legen nahe, dass die Übungen direkt eine Bewegung mit Spannungsänderungen im VKB bewirken und somit die Stimulation der Propriozeptoren anregen können. So wird möglicherweise die Neubildung der Rezeptoren angeregt und die Vernetzung via Hinterhorn des RM und die Weiterleitung in den sensomotorischen Kortex verbessert.

Da der Erfolg des hier beschriebenen Falles so eindrücklich ist, wären weitere Untersuchungen mit Patienten angezeigt.

Es lassen sich verschiedene Szenarien vorstellen:

Eine Studie, bei der die KGZ nach Ruptur und anschließende VKB-Plastik zum frühest möglichen Zeitpunkt durchgeführt wird, könnte Aufschluss geben, ob sich das Resultat eines solchen Eingriffs in Bezug auf die subjektive Wahrnehmung verbessert.

Die Wahl der besten Operations-Methode ist bis heute ungeklärt. Auch besteht keine Einigkeit darüber, bei welchen Patienten keine OP durchgeführt werden sollte (Petersen/Zantop, 2009). Bei allen kommt es immer wieder zu unbefriedigenden Ergebnissen. Dies lässt sich auch in der Nachbehandlung oft nur unzureichend korrigieren. Eine Anwendung der Übungen nach unterschiedlich durchgeführter Rekonstruktion des VKB wäre eine Untersuchung wert.

Auch Patienten, bei denen die Beschwerden ebenso wie das Angst- und Unsicherheitsgefühl nach einem schon länger zurückliegenden operativen Eingriff bestehen bleiben, sind eine interessante Untersuchungsgruppe.

Wie lange die Operation zurückliegt, spielt wohl eher eine untergeordnete Rolle. Wie beschrieben, ist auch Jahrzehnte nach dem Ereignis eine Verbesserung möglich.

## Literaturverzeichnis

- Angoules, A. G., Mavrogenis, A. F., Dimitriou, R., Karzis, K., Drakoulakis, E., Michos, J., Papagelopoulos, P. J.:  
Knee proprioception following ACL reconstruction ; a prospective trial comparing hamstrings with bone-patellar tendon-bone autograft, *The Knee* 18, 2011, S. 76-82
- Bacha, S.:  
Skript Modul 9, MFKSc 2012
- Bedi, A., Haidukewych, G. J.:  
Management of the Posttraumatic Arthritic Knee, *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, Vol. 17(2), 2009, S. 88-101
- Böhni, U., Lauper, M., Locher H.:  
Manuelle Medizin 1, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2015, S.45-48
- Kapandji, I. A.:  
Funktionelle Anatomie der Gelenke, Band 2:  
Untere Extremität, 3. unveränderte Auflage, Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart 1999, S. 64-129
- Kelli, A. D., Golightly, Y. M.:  
Epidemiology of osteoarthritis: state of evidence, *Current Opinion in Rheumatology* 2015, Vol.27, S. 276-283
- Kennedy, J. C., Alexander, I. J., Hayes, K. C.:  
Nerve supply of the human knee and its functional importance, *The American Journal of Sports Medicine* 1982, Vol. 10 S. 329-335
- Michael, J. W.-P.; Schlüter-Brust, K. U.; Eysel P.:  
Epidemiologie, Ätiologie, Diagnostik und Therapie der Gonarthrose, *Deutsches Ärzteblatt International* 2010, Vol. 107, S.152-162
- Moseley, J. B., O'Malley, K., Petersen N. J., Menke, T.J., Brody, B. A., Kuykendall, D. H., Hollingsworth, J. C., Ashton, C. M., Wray, N. P.:  
A Controlled Trial of Arthroscopic Surgery for Osteoarthritis of the Knee: *The New England Journal of Medicine* 2002, Vol. 347, S. 81-88
- Ochi, M. (Hrsg):  
ACL Injury and Its Treatment, Springer Japan 2016, S. 51-65

Ochi, M., Iwasa, J., Uchio, Y., Adachi N., Sumen, Y.:

The regeneration of sensory neurones in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *The Journal of Bone and Joint Surgery (Br)* 1999; 81-B: 902-906

Petersen W., Zantop T.:

Das vordere Kreuzband, 1. Auflage, Deutscher Ärzte-Verlag GmbH Köln 2009, S.3-9

Spirgi-Gantert, I., Suppé, B. (Hrsg.):

FBL Klein-Vogelbach, Functional Kinetics, Die Grundlagen, 6. Auflage, Springer Verlag Heidelberg 2007, S.42

Spirgi-Gantert I.:

FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics, Therapeutische Übungen, 6. Auflage, Springer Verlag Heidelberg 2012, S.191-193

Van den Berg, F. (Hrsg.):

Angewandte Physiologie, 3. Auflage, Thieme Verlag Stuttgart 2011, S.117-123

Van Ginckel, A., Verdonk, P., Witvrouw, E.:

Cartilage adaptation after anterior cruciate ligament injury and reconstruction: implications for clinical management and research? A systematic review of longitudinal MRI studies, *Osteoarthritis and Cartilage* 21, 2013, S. 1009-1024

## **Danksagung**

Für die Überlassung des Themas, die Betreuung und die kritische Durchsicht möchte ich mich bei Andreas Bertram und Prof. Dr.med. Niklaus Friederich bedanken.

Frau Sabine Finkbohner, dipl. Sozialpädagogin, danke ich für die Betreuung und die wertvollen Hinweise.

Frau Dr.rer.nat. Marita Weisser bin ich für das Korrekturlesen sehr dankbar.

Petra Böttcher, dipl. Graphik-Designerin, danke ich für die graphische Gestaltung und das Einfügen der Abbildungen.

Ein besonderer Dank an Prof. Dr.med. Stefan Engelters für seine Tipps für die Strukturierung und den Aufbau der Arbeit. Sie waren sehr hilfreich.

Meine Familie für ihre Geduld und stetige Unterstützung verdient grossen Dank.

