

Kay Niemier¹, Christian. Rauscher², Karolin von Korn², Joachim Mallwitz³

Chronischer Knieschmerz

Häufigkeit, Ursachen und Behandlungsoptionen

Chronic pain syndromes of the knee

Frequency, causes and treatment

Zusammenfassung: Chronische Schmerzen im Knie sind häufig und führen zu signifikanten Einschränkungen in der Lebensgestaltung und -qualität von vielen Betroffenen.

Wie auch bei anderen chronischen Schmerzsyndromen ist der chronische Knieschmerz in seiner Genese multifaktoriell. Funktionelle, morphologische und psychosoziale Faktoren führen zusammen mit neurophysiologischen Veränderungen in der Schmerzverarbeitung zum chronischen Schmerzsyndrom. In der Behandlung müssen alle Einflussfaktoren berücksichtigt werden, um ein positives Ergebnis erzielen zu können. Multimodale interdisziplinäre Assessments und Behandlungsprogramme könnten die Behandlung von chronischen Knieschmerzen deutlich verbessern.

Schlüsselwörter: Knieschmerz, chronische Schmerzsyndrome, multimodale Schmerztherapie

Zitierweise

Niemier K, Rauscher C, von Korn K, Mallwitz J. Chronischer Knieschmerz. Häufigkeit, Ursachen und Behandlungsoptionen. OUP 2015; 6: 315–322 DOI 10.3238/oup.2015.0315–0322

Summary: Chronic pain syndromes of the knee are frequent and often responsible for a significant impairment of the quality of life.

As in other chronic pain syndromes, many pathogenetic factors are responsible for the development of a chronic knee pain. Somatic dysfunction, morphological and psychosocial factors together with neurophysiological changes of pain perception lead to the development of chronic pain syndromes. Assessment and treatment concepts have to take these facts into account. All pathogenetic factors should be evaluated and treated in order to be successful in treatment. Multimodal interdisciplinary programs might be helpful to improve treatment outcome.

Citation

Niemier K, Rauscher C, von Korn K, Mallwitz J. Chronic pain syndromes of the knee. Frequency, causes and therapy. OUP 2015; 6: 315–322 DOI 10.3238/oup.2015.0315–0322

Einführung

Knieschmerzen treten in den entwickelten Industrieländern häufig auf. In einer finnischen Untersuchung wurden Prävalenzen chronischer Knieschmerzen bei Kindern von 3,9 % und bei Jugendlichen von 18,5 % angegeben [1]. Die Mehrzahl dieser Kniebeschwerden ist auf funktionelle Ursachen zurückzuführen. Knieschmerzen bei Jugendlichen wurden zusätzlich mit vermehrter sportlicher Aktivität und höherer Bildung assoziiert [2].

In Deutschland gaben 2008 54 % der Berufstätigen an, unter Knieschmerzen zu leiden [3]. Circa 53 % der erwach-

senen Bevölkerung leidet unter einer Kniearthrose [4]. Chronischer Knieschmerz führt zu häufigen Arbeitsunfähigkeiten (12-Monats-Prävalenz 5–22 %) [5] und medizinischen Interventionen. So stieg die Zahl der implantierten Knieendoprothesen von 2003 bis 2008 um über 50 % [6]. Ungefähr 1,4–5 % der Konsultationen in allgemeinmedizinischen Praxen sind auf Knieschmerzen zurückzuführen. Risikofaktoren für chronische Knieschmerzen sind Übergewicht, höheres Lebensalter, weibliches Geschlecht, andere Schmerzkrankungen des Bewegungssystems, schwere körperliche Arbeit (tragen gro-

ßer Lasten, knieende Tätigkeit), psychische Einflussfaktoren und vorhergehende Knieverletzungen [7, 8, 9, 10, 11].

Chronischer Schmerz

Schmerz ist eine der wichtigsten Sinneswahrnehmungen. Ohne Schmerzen ist ein (gesundes) Überleben nicht möglich. Schmerzen warnen vor potenziellen und bei existierenden Schädigungen und führen so zu einer Verhaltensadaptation, um den schädlichen Einfluss zu verhindern oder zu minimieren. Schmerzen werden nicht einfach über

¹ Klinik für Manuelle Therapie, Hamm

² Rückenzentrum St. Georg, Hamburg

³ Rückenzentrum am Michel, Hamburg

Störung/Einflussfaktoren		Beispiele
Funktionsstörungen des Bewegungssystems	Grundlegende Funktionsstörungen	<ul style="list-style-type: none"> – Koordinationsstörungen – Störungen der Bewegungs- und Haltungsverstärkung – Hypermobilitäten – Autonome Dysbalancen
	Sekundäre/schmerzhafte Funktionsstörungen	<ul style="list-style-type: none"> – Muskuläre Dysbalancen – Triggerpunkte – Rezidivierende Gelenkdysfunktionen/segmentale Dysfunktionen – Bindegewebsstörungen
Morphologische Störungen Bewegungssystem	Störungen, die direkt Schmerz verursachen können	<ul style="list-style-type: none"> – Arthrosen – Gelenkbinnenschäden – Entzündungen
	Störungen, welche die muskuläre Steuerung/Stabilität beeinflussen und indirekt zu Schmerzen führen können	<ul style="list-style-type: none"> – Polyneuropathien – Bandrupturen – Lähmungen – Systemische neurologische Erkrankungen
	Störungen, welche die Funktionalität von anderen Strukturen beeinflussen und indirekt zu Schmerzen führen können	<ul style="list-style-type: none"> – Typische Muskelmuster bei Arthrosen – Achsenfehlstellungen
Psychische Einflussfaktoren	Dysfunktionale Kognitionen	<ul style="list-style-type: none"> – Katastrophisieren – Angstvermeidungsreaktionen – Durchhaltestrategien
	Primär psychische Schmerzerkrankungen	<ul style="list-style-type: none"> – Somatoforme Störung – Somatisierungsstörung
	Psychische Erkrankungen sekundär zur Schmerzerkrankung	<ul style="list-style-type: none"> – Depressionen – Substanzmissbrauch
	Psychische Erkrankungen, welche die Behandlung signifikant erschweren oder unmöglich machen	<ul style="list-style-type: none"> – Psychosen – Persönlichkeitsstörungen
Soziale Einflussfaktoren	Gesellschaftliches Umfeld	<ul style="list-style-type: none"> – Wie wird Schmerz medial verarbeitet – Stellenwert von Schmerz und Schmerztherapie
	Zielkonflikte	<ul style="list-style-type: none"> – Rentenanträge – Kompensationsverfahren – Vorteile im familiären Kontext
	Arbeitsbelastung	<ul style="list-style-type: none"> – Monotone Arbeit – Einseitige Belastung – Geringe Arbeitszufriedenheit
	Rollenverlust	<ul style="list-style-type: none"> – Arbeitslosigkeit – Rente
Neurophysiologische Veränderungen der Schmerzverarbeitung [16, 17]		<ul style="list-style-type: none"> – Veränderungen der kortikalen Organisation – Zentrale Hypersensitivierung

Tabelle 1 Einflussfaktoren auf die Entwicklung chronischer Schmerzsyndrome.

die Nozizeptoren in elektrische Impulse umkodiert, weitergeleitet und im Zentralnervensystem (ZNS) wahrgenommen, sondern der Schmerz wird auf seinem Weg in und durch das ZNS moduliert. Schmerzimpulse können z.B. durch Ablenkung oder Stress unterdrückt werden. Durch Übung sind Menschen in der Lage, selbst extreme Schmerzreize zu unterdrücken (z.B. Fackire). Auf der anderen Seite können dau-

erhafte Schmerzreize, psychische Erkrankungen oder auch persönliche Dispositionen (z.B. autonome Fehlregulation) zur Verminderung der Schmerzregulationsfähigkeit führen. Bei diesen Patienten findet sich lokal (z.B. Knie) oder generalisiert (z.B. Fibromyalgie) eine Schmerzüberempfindlichkeit.

Insbesondere, jedoch nicht ausschließlich bei chronischen Schmerzen, sind die Schmerzursachen vielfältig und

komplex. Schmerzauslöser (z.B. Knie-trauma, Funktionsstörungen des Kniegelenks) können initial in der Schmerzgenese eine Rolle spielen, die Schmerzchronifizierung wird jedoch durch andere Prozesse bestimmt [12]. Unterschiedliche Faktoren spielen bei der Entstehung von chronischen Schmerzsyndromen in unterschiedlichsten Kombinationen eine zentrale Rolle (Tab. 1 [12, 13, 14, 15]).

Über längere Zeiträume bestehende grundlegende Funktionsstörungen des Bewegungssystems führen zu sekundären morphologischen Störungen und einem erhöhten Verletzungsrisiko [18].

Erst das Zusammenspiel der einzelnen Faktoren führt zur Entwicklung von chronischen Schmerzen. Dem muss in der Diagnostik und Therapie Rechnung getragen werden. Patienten mit einem chronischen Schmerz, inklusive der Patienten mit einem chronischen Knieschmerz, benötigen eine interdisziplinäre multimodale Diagnostik, in der funktionelle, morphologische und psychosoziale Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Im interdisziplinären Team kann ein dem Störungsbild angemessener Therapieplan (multimodal oder monomodal) entwickelt werden [19]. Einseitige Behandlungen bzw. Überbewertung eines einzelnen Aspekts/Einflussfaktors führen oft zur Fehlbewertung des Schmerzsyndroms, zu therapeutischen Misserfolgen bzw. nur kurzfristigen Verbesserungen, zur Iatrogenisierung und oft zur weiteren Schmerzchronifizierung [20].

Funktionelle Anatomie des Kniegelenks

Die wesentlichen Aufgaben des Bewegungssystems bestehen in der Gewährleistung von

- aufrechter Haltung
- Beweglichkeit
- Fortbewegung

Hierfür ist die ausreichende Stabilität von Haltung und Bewegung sowie eine ausreichende Flexibilität notwendig.

Die Stabilität des Bewegungssystems wird gewährleistet durch passive Strukturen, aktive Strukturen und die neurogene Steuerung [21, 22].

Die passiven Strukturen (Knochen, Sehnen, Bänder, Faszien, Knorpel) dienen dem Formerhalt, der strukturellen Sicherung von Haltung und Bewegung, als Ansatzpunkt der aktiven Strukturen und als sensorisches Organ der Haltungs- und Bewegungssteuerung. Das Kniegelenk wird von folgenden passiven Strukturen in seiner Haltung und Bewegung gestützt:

- Femur mit den Femurkondylen und der Fossa intercondylaris
- Tibia mit dem Tibiaplateau und der Eminentia intercondylaris

Statik	<ul style="list-style-type: none"> – Füße – Beinachsen – Beckenstellung
Bewegungsmuster/ Koordination/ Stabilisation	<ul style="list-style-type: none"> – Gang – Hüftextension – Hüftabduktion – Beckenstabilisation – Stabilisation LWS
Muskulatur	<ul style="list-style-type: none"> – Kniemuskulatur – Beckenmuskulatur – Fußmuskulatur
Gelenke	<ul style="list-style-type: none"> – Kniegelenk (inklusive Patella und Fibula) – Oberes und unteres Sprunggelenk – Gelenke des Mittelfußes – Hüftgelenk – Sakroiliakgelenk
Wirbelsäule	<ul style="list-style-type: none"> – Lendenwirbelsäule – Lumbosakraler Übergang

Tabelle 2 Funktionsuntersuchung bei Kniegelenksbeschwerden.

- Seiten- und Kreuzbänder, z.T. verstärkt durch die Sehnen der Kniemuskulatur
- Die Gelenkkapsel mit den Retinacula patellae und den Sehnen der Kniemuskulatur
- Lateraler und medialer Meniscus
- Patella mit dem Ligamentum Patellae und dem M. quadrizeps

Die passiven Strukturen ermöglichen Beugung und Streckung im Kniegelenk sowie eine Rotation im gebeugten Zustand. Diese Bewegung ist begleitet von einer Gleitbewegung der Patella nach proximal/distal (Beugung/Streckung) bzw. einer Lateralbewegung (Rotation). Die große Patellabeweglichkeit wird durch Rezessus in der Gelenkkapsel ermöglicht. In der Streckstellung wird das Kniegelenk durch die Seitenbänder und das hintere Kreuzband stabilisiert. Eine muskuläre Stabilisierung ist nicht notwendig. Eine dauerhafte Streckung/Überstreckung im Kniegelenk führt zur Überlastung der Bänder und zum Genu recurvatum.

Die Bänder werden mit zunehmender Beugung entspannt und tragen weniger zur Stabilität bei. Zusätzlich ist die Form der Gelenkpartner für die Stabilität verantwortlich. Die Menisci werden als gleitende Gelenkflächen durch die Gelenkpartner passiv und durch einstrahlende Muskelsehnen aktiv verlagert.

Neben der Gewährleistung der passiven Stabilität sind die passiven Strukturen wichtige Informationsgeber für die neurogene Steuerung von Bewegung und Stabilität. Störungen dieser Strukturen führen zur Veränderung des proprio-

zeptiven Inputs und damit zur Veränderung der Bewegungs- und Haltungssteuerung.

Veränderungen der Gelenkpartner, der Gelenkachsen, der Bandstabilität sowie der Gelenkkapsel führen zur Verminderung der passiven Stabilität und zur Überlastung aktiver Strukturen [23].

Die Kniegelenkmuskulatur spielt die wesentliche Rolle bei der Kniegelenkstabilität. Außer bei der maximalen Kniestreckung wird die Stabilität im physiologischen Bewegungsbereich überwiegend muskulär realisiert. Voraussetzung ist eine exakte muskuläre Steuerung, um eine physiologische Gelenkführung zu gewährleisten.

Die Muskulatur ermöglicht die aktive Streckung, Beugung und Rotation im Kniegelenk bzw. die Stabilisation des Gelenks in der jeweiligen Gegenrichtung. Des Weiteren strahlt die Muskulatur über ihre Sehnen in die Gelenkkapsel und die Bänder ein. Neben der passiven Bewegung der Menisci wird diese auch indirekt, z.B. über die aktive Patellabewegung, vermittelt. Dies ermöglicht eine feine Steuerung von Bewegung und Haltung im Kniegelenk.

Viele der Muskeln des Kniegelenks sind 2-gelenkig (Hüfte-Knie; Knie-Sprunggelenk). Bewegungen in diesen Gelenken beeinflussen die Aktivität und Effektivität der Kniegelenkmuskulatur. Störungen werden z.B. über die Gelenkachsenstellung und die Veränderung der Muskelaktivität an das Kniegelenk vermittelt [23].

Ausstrahlungsschmerz (Referred Pain)	Verantwortliche muskuläre Triggerpunkte
Laterales Knie	M. vastus lateralis
Mediales Knie	M. vastus medialis M. gracilis M. rectus femoris M. satorius Mm. adductor brevis et. longus
Ventrales Knie	M. rectus femoris M. vastus medialis Mm. adductor brevis et. longus
Dorsales Knie	M. gastrocnemius M. biceps femoris M. popliteus M. semitendineus M. semimembranosus M. soleus

Tabelle 3 Ausstrahlungsschmerz muskulärer Triggerpunkte am Knie [33].

Zentraler Bestandteil von Haltung und Bewegung ist die neurogene Steuerung. Priorität hat immer die Stabilität. Bei intendierten Bewegungen werden feste (erlernte) Bewegungsmuster abgerufen. Der muskulären Stabilisierung (Feed forward Aktivierung) folgt die eigentliche Zielbewegung [24]. Störungen dieser Bewegungsabläufe sind z.B. durch Schmerzreize, Zwangshaltungen oder Immobilisierungen in relativ kurzer Zeit möglich [16, 26, 27]. Veränderte Bewegungsmuster führen über muskuläre Dysbalancen zu Fehlbelastungen, unökonomischen Bewegungsabläufen, Schmerzen und einem erhöhten Verletzungsrisiko. Veränderte Bewegungsmuster sind Mitursache von chronischen Schmerzsyndromen [28].

Eine zentrale Rolle für die Funktion des Kniegelenks spielt der Fuß. Funktionsstörungen des Fußes verketteten sich insbesondere über die Wadenmuskulatur und die Fibula auf das Kniegelenk [29]. Insbesondere die Aufhebung der Federfunktion des Fußes durch Fußbettung (Schuhversorgung) führt zur direkten Kraftübertragung auf das Knie und bei unzureichender muskulärer Stabilisierung zur Überlastung [30, 31].

Knieschmerzen – funktionelle Ursachen und referred Pain

Das Kniegelenk ist zentral in der Bewegungsachse der unteren Extremität. Um die Funktionalität und funktionelle Schmerzursachen zu eruieren, muss die

gesamte untere Extremität inklusive Füße, Sprunggelenke, Knie, Hüfte, Becken und der lumbosakrale Übergang untersucht werden (Tab. 2).

Häufige schmerzhafte Funktionsstörungen des Knies sind Blockierungen des Fibulaköpfchens (meist sekundär zu Funktionsstörungen des Fußes), der Patella und des Kniegelenks selber. Hinzu kommen muskuläre Funktionsstörungen, insbesondere Triggerpunkte (Tab. 3). Muskuläre Triggerpunkte übertragen Schmerzen in die Knieregion auch unabhängig von segmentalen Bezügen [32]. Weitere Ausstrahlungsschmerzen (referred pain) kommen aus dem Wirbelsäulensegment L4 und dem Hüftgelenk.

Multimodale interdisziplinäre Komplexbehandlung chronischer Knieschmerzen

Die multimodale interdisziplinäre Komplexbehandlung chronischer Knieschmerzen zielt vorrangig darauf ab, den individuellen Umgang des Patienten mit dem Schmerz zu beeinflussen, die Aktivität zu steigern und negative Kompensationsmechanismen zu reduzieren.

Verhalten, Überzeugungen, kulturelle Prägungen sowie frühere Erfahrungen des Patienten im Umgang mit andauernden Schmerzen haben einen maßgeblichen Einfluss auf die Ausprägung der Symptome, den Umgang und die Wahl von Therapiemethoden sowie die Fähigkeiten, den Schmerz selbst zu

managen (Selbstwirksamkeit). Negative Kompensationsmechanismen wie z.B. Schonhaltungen, Hinkmechanismen, Bewegungsangst sowie Tendenzen zu einem Überforderungs- oder Vermeidungsverhalten tragen maßgeblich zur Dekonditionierung und Schmerzchronifizierung bei [34].

In Folge dieser Kompensationsversuche resultieren auf der physischen Ebene ein Abbau an Muskulatur, muskuläre Dysbalancen, eine mangelnde Stabilität und eine Reduktion der kardiopulmonalen sowie muskulären Kondition.

Auf der psychosozialen Ebene stehen folgende Punkte im Vordergrund:

- Verlust an Vertrauen in das eigene Können und den eigenen Körper
- Angst vor bestimmten Haltungen, Belastungen und Tätigkeiten
- Depressionen
- Antriebslosigkeit
- Dis-Stress

Viele chronische Schmerzpatienten berichten ebenfalls von einer verminderten Teilhabe am sozialen und familiären Leben sowie Konflikten am Arbeitsplatz und somit von einem sozialen Rückzug. Diese physischen, psychischen und sozialen Veränderungen führen zu einer Reduktion der Lebensqualität, was den Prozess der Chronifizierung vorantreibt und somit als eine Spirale der Dekonditionierung gesehen werden kann. Besonders eine verstärkte Teilhabe am sozialen Leben und somit eine Verbesserung alltäglicher Aktivitäten wird von vielen chronischen Schmerzpatienten als Therapieziel geäußert.

Um all diese Faktoren berücksichtigen zu können, greift ein Konzept zur Behandlung chronischer Schmerzpatienten auf das biopsychosoziale Modell von Engel zurück, in welchem neben den pathophysiologischen Vorgängen auch kognitive, affektive und sozio-kulturelle Faktoren berücksichtigt werden [35]. Auf diese Weise sollen Ressourcen und Bewältigungsstrategien wiedererworben und somit der oben beschriebene Prozess der Dekonditionierung unterbrochen werden.

Auf Grundlage des Therapieprogramms ESCAPE (Enabling Self-management and Coping with Arthritic knee Pain through Exercise), den Evidence-Based Clinical Practice Guidelines der AAOS (American Academy/Association of Orthopaedic Surgeons) und der Nationalen Versorgungsleitlinie Kreuzschmerz wurde am Rückenzentrum St.

The image shows a blue-bordered box with a white background containing the Borg scale. The title 'Borg-Skala Anstrengungsempfinden' is at the top. Below it is a list of numbers from 6 to 20, each paired with a descriptive German phrase. The phrases are: 6: Sehr sehr leicht; 7: Sehr leicht; 8: Leicht; 9: Etwas anstrengend; 10: Anstrengend; 11: Sehr schwer; 12: Sehr sehr Schwer; 13: Zu schwer – geht nicht mehr.

Skala	Beschreibung
6	Sehr sehr leicht
7	Sehr leicht
8	Leicht
9	Etwas anstrengend
10	Anstrengend
11	Sehr schwer
12	Sehr sehr Schwer
13	Zu schwer – geht nicht mehr

Abbildung 1 Borgskala. Skala des subjektiven Belastungs- und Dyspnoe-Empfindens nach Borg [39].

Georg in Hamburg ein Konzept zur Behandlung chronischer Knieschmerzpatienten entwickelt [36, 37, 38].

Kernpunkte der Therapie sind die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Ärzten, Psychologen und Physiotherapeuten, um das zentrale Ziel einer ressourcenorientierten Wiederherstellung der objektiven und subjektiven Funktionsfähigkeit (Functional Restoration) mit Steigerung der Kontrollfähigkeit und des Kompetenzgefühls des Patienten über das eigene Schmerzgeschehen zu erreichen. In dem multimodalen Setting soll der Patient lernen, selbst aktiv gegen seinen Schmerz vorzugehen. Der therapeutische Ansatz zeichnet sich durch eine „Hands-off“-Strategie aus. Die Patienten sollen eigene Problemlösungsansätze erlernen und aktive Langzeitstrategien entwickeln, welche sich positiv auf den momentanen Schmerzlevel auswirken. Somit soll dem Patienten ermöglicht werden, selbst einen Einfluss auf das Schmerzgeschehen zu nehmen.

Von zentraler Bedeutung ist die gemeinsame Erarbeitung von patientenindividuellen realistischen Therapiezielen (kurz-, mittel- und langfristig). Die Schmerzreduktion steht nicht primär

im Mittelpunkt der Behandlung. Es geht vielmehr um Aktivitätssteigerung zur Verbesserung von Funktion und Belastungsfähigkeit [36]. Die Therapiesteuerung erfolgt daher nicht auf Grundlage von Schmerzausprägungen, sondern basiert auf dem subjektiven Anstrengungsempfinden (Abb. 1).

Multimodales interdisziplinäres Assessment

Vor der Aufnahme in die Therapie erfolgt ein multimodales interdisziplinäres Assessment. Alle an der Behandlung beteiligten Berufsgruppen (Arzt, Psychotherapeut, Physiotherapeut) nehmen eine individuelle Einschätzung des Patienten vor dem Hintergrund ihres spezifischen professionellen Backgrounds vor.

Der ärztliche Kontakt beinhaltet eine fundierte Erhebung der Anamnese, die gründliche körperliche Untersuchung (neuroorthopädisch, funktionell), die Bewertung der Vorbefunde (z.B. Bildgebung, Neurophysiologie) sowie der Vor- und aktuellen Behandlungen.

Das Augenmerk der psychologischen Basisdiagnostik ist die Identifika-

tion der aus psychosozialer Sicht auslösenden oder aufrechterhaltenden Faktoren des Schmerzerlebens mit dem Ziel der Abschätzung, ob spezifische psychologische Aspekte im Behandlungssetting speziell berücksichtigt werden müssen und ob eine erfolgreiche Behandlung aufgrund komorbider psychischer Störungen realistisch erscheint.

Im physiotherapeutischen Eingangs-Assessment stehen die Funktionen und die Aktivitäten des täglichen Lebens des Patienten im Vordergrund. Ein funktioneller Befund wird erstellt, um Auffälligkeiten auf artikulärer, muskulärer und neuraler Ebene zu identifizieren und in das Therapieprogramm zu integrieren. Bei der körperlichen Untersuchung ist zwingend zu beachten, dass die Chronifizierung eine veränderte Interpretation der Schmerzprovokationsbefunde erfordert [40].

Unterstützt wird die Diagnostik durch standardisierte Fragebögen, z.B. Deutscher Schmerzfragebogen, und eine standardisierte Funktionstestung, z.B. mit dem AFPT (Aggregated Functional Performance Test [36]), oder dem 6-Minuten-Gehtest [41].

Von zentraler Bedeutung ist die Abklärung der Therapiemotivation. Nur durch die Bereitschaft des Patienten zur aktiven Verhaltensänderung kann ein langfristiger Erfolg durch die multimodale Schmerztherapie erreicht werden. Da es bislang noch kein evaluiertes und standardisiertes Erfassungsinstrument für Veränderungsmotivationen gibt, dienen die subjektiven Eindrücke des Arztes und von Psychologen und Physiotherapeuten als Beurteilungskriterium.

Die erhobenen Befunde werden in einer Teambesprechung zu einem strukturellen, funktionellen und psychosozialen Befund zusammengetragen, diskutiert und in ihrer Relevanz für das Schmerzgeschehen gewichtet.

Multimodale interdisziplinäre Therapie

Die multimodale interdisziplinäre Komplexbehandlung von Patienten mit chronischen Knieschmerzen findet in Kleingruppen von maximal 8 Patienten in einem 4-Wochen-Programm statt. Ziel des Gruppensettings ist, dass die Patienten voneinander lernen, ihre Beschwerden

MONTAG	DIENSTAG	MITTWOCH	DONNERSTAG	FREITAG
	08.00 - 08.30 Teambesprechung	08.00 - 08.30 Teambesprechung		08.00 - 08.30 Teambesprechung
8:00 - 9:30 optional Psychotherapie Einzel	8:30 - 9:30 optional Psychotherapie Einzel		08.00 - 08.30 optional Psychotherapie Einzel	
09:30 - 11:00 Gymnastik	09:30 - 10:30 Bewegungsbad	09:30 - 11:00 Alltagstraining	09:30 - 11:00 Gymnastik	10:00 - 11:00 Basisinformation
Pause: 11:00 - 11:15	Pause: 10:30 - 11:00	Pause: 11:00 - 11:15	Pause: 11:00 - 11:15	Pause: 11:00 - 11:15
11:15 - 11:45 Progressive Muskelentspannung	11:00 - 12:30 Schmerzbewältigungs- therapie	11:15 - 12:45 Schmerzbewältigungs- therapie	11.15 - 12:00 Sporttheorie	11.15 - 12.45 Alltagstraining
11:45 - 12:45 Basisinformation			12:00 - 12:45 Progressive Muskelentspannung	
12:15 - 13:15 Teambesprechung	Pause 12:30 - 13:30	Pause 12:45 - 13:45	Pause 12:45 - 13:45	Pause 12:45 - 13:45
Pause 12:45 - 13:45				
13:45 - 15:15 Visite	13:30 - 15:00 medizinische Trainingstherapie	13:45 - 14:45 Bewegungsbad	13.45 - 15:00 Ausdauereinheit	13.45 - 15:15 medizinische Trainingstherapie
15:15 - 16:45 optional Psychotherapie Einzel	15:00 - 16:00 optional Psychotherapie Einzel	15:15 - 15:45 optional Psychotherapie Einzel	15:00 - 15:30 PT oder Eigenübungen	15:15 - 16:15 PT oder Eigenübungen
15:15 - 16:15 PT oder Eigenübungen	15:00 - 16:00 PT oder Eigenübungen	14:45 - 15:30 PT oder Eigenübungen		
			15:30 - 16:30 Teambesprechung aller Berufsgruppen	
Legende:				
30 Min. Block optional Psychotherapie Einzeltermin mind. 1x/Wo		30 Min. Block optional Physiotherapie Einzel mind. 1x/Wo oder Eigenübungszeit 30-60 Min.		
Psychologie	Arzt - bei Bedarf zu jeder Zeit verfügbar	Physio-/ Sporttherapie	Gesamteam/Kleinteam	

Abbildung 2 Typischer 4-Wochen-Stundenplan Multimodale Schmerztherapie bei chronischen Schmerzen des Kniegelenks.

differenzierter bewerten und Austauschmöglichkeiten mit Menschen haben, die unter ähnlichen Beschwerden leiden, und somit aus ihrem sozialen Rückzug geholt werden. Zudem führt die Gruppendynamik zu einem offenen Umgang mit dem Thema Schmerz und zu einer Reduktion des Vermeidungsverhaltens.

In den mehrmals pro Woche stattfindenden Teambesprechungen wird aus allen Berufsgruppen der aktuelle körperliche und psychische Status der Patienten zurückgekoppelt und das weitere Vorgehen besprochen. Bei Schmerzverstärkungen wird gemeinschaftlich im Team über eine Änderung der Herangehensweise oder der Medikation diskutiert. Des Weiteren werden „obstacles to return to work“ besprochen.

Themen und Inhalte aller Gruppenbehandlungen sind festgelegt und dem gesamten Therapeuten-Team bekannt. Dies führt zu einem übereinstimmenden interdisziplinären Informationsfluss und fördert das Vertrauen der Patienten in das Team (Abb. 2).

Die ärztlichen Basis-Informationseinheiten werden in 2 Blöcken pro Woche abgehalten. Wesentliche Schwerpunkte liegen in den Bereichen Edukation und Aufklärung:

- Zentrale Schmerzverarbeitungsmechanismen
- Anatomie und muskuläre Ansteuerungsmechanismen des Kniegelenks
- Operative und konservative Therapieverfahren und deren Evidenz
- Bildgebung und die Relevanz der Befunde
- Medikamentöse Schmerz-Therapieoptionen
- Sozialmedizin

Hierdurch wird es den Patienten ermöglicht, sich ein Bild über die Komplexität der Kniegelenkfunktion und ihrer individuellen Problematik zu machen. Ziel ist es, ein besseres Eigen-Management zu erreichen und die iatrogene Fixierung aufzulösen.

In den wöchentlich stattfindenden Visiten liegt das Hauptaugenmerk auf der 100 %-igen aktiven Teilnahme der

Patienten an allen Therapiemaßnahmen (Verhinderung von Vermeidung). Zusätzlich wird eine wertschätzende regelmäßige Bestätigung oder ggf. Modifikation der gemeinsam definierten Ziele vorgenommen, damit sowohl der Patient als auch das Therapeuten-Team gezielt hierauf hinarbeiten können.

Eine wesentliche Grundlage ist eine von Empathie getragene vertrauensvolle Arzt-Patienten-Beziehung. Klassische ärztliche Interventionen wie z.B. die Änderungen der Medikation, Infiltrationen oder manualmedizinische Interventionen sowie die Anordnung passiver physiotherapeutischer/physikalischer Maßnahmen werden funktionskontingent und ausschließlich nach Rücksprache im Behandlungsteam durchgeführt. Zwingend erforderlich ist, dass der Arzt für das gesamte Therapeuten-Team jederzeit für Fragen zur Verfügung steht. Nur so ist die erforderliche Behandlungsintensität und Kontinuität zu realisieren [40].

Die psychotherapeutische Gruppenbehandlung wird in 2 Einheiten je 90

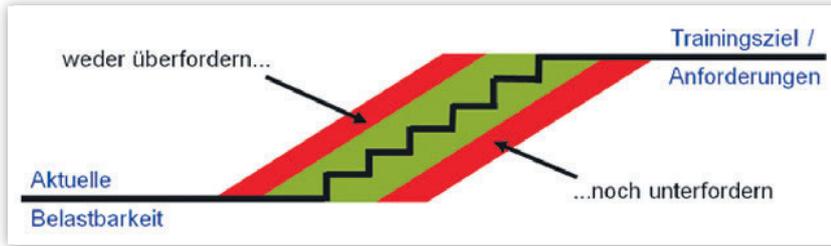


Abbildung 3 Pacing in der aktiven Trainingsbehandlung und im Work Hardening [42, 50].

Minuten (Schmerzbewältigungstherapie) und in 2 Einheiten je 45 bzw. 30 Minuten (Entspannungstherapie) pro Woche abgehalten. Zusätzlich zu den Gruppenbehandlungen werden bei Bedarf psychotherapeutische Einzelgespräche angeboten. Während dieser Einzelsitzungen wird gemeinsam eruiert, ob über das Gruppenprogramm hinaus eine längerfristige, ambulante psychotherapeutische Behandlung indiziert ist.

Die psychotherapeutische Behandlung im Rahmen der interdisziplinären multimodalen Schmerztherapie basiert auf Prinzipien der kognitiven Verhaltenstherapie. Grundlage der Therapie ist, dass neben der Nozizeption die emotionale Bewertung des Schmerzes und das Schmerzverhalten maßgeblich am Schmerzerleben und der Schmerzchronifizierung beteiligt sind. Das primär oft somatisch geprägte Krankheitsmodell der Patienten wird im Rahmen der Therapie zu einem biopsychosozialen Krankheitsmodell ausgebaut und das Kontroll- und Kompetenzerleben gesteigert.

Dysfunktionale Kognitionen, z.B. das sogenannte Katastrophisieren („ich werde nie wieder richtig gehen können“ etc.) werden im Rahmen der Therapie bearbeitet. Gezielte kognitive Umstrukturierungsmaßnahmen werden genutzt, um einer unrealistischen und exzessiven gedanklichen Verschlimmerung der eigenen Situation entgegenzuwirken. Hierzu wird der Zusammenhang zwischen Gedanken, Gefühlen und Verhalten erläutert und neue angemessene Sichtweisen erarbeitet.

Bei einer Mehrzahl der chronischen Schmerzpatienten sind psychosoziale Belastungsfaktoren, wie z.B. Konflikte am Arbeitsplatz oder sozialer Rückzug vorhanden. Dieses hohe soziale Belastungsniveau, gepaart mit depressiven Symptomen und ausgeprägtem Angstvermeidungsverhalten, führt häufig zu

einer Überforderung der Patienten und zu einem deutlich erhöhten Stresslevel. Zur Stressbewältigung werden die Auswirkungen von chronischem Stress auf den Körper erarbeitet und in der Gruppe diskutiert. Die verschiedenen Ebenen von Stress (Stressoren, Stressverstärkung und Stressreaktion) werden individuell herausgearbeitet und entsprechende Ansatzpunkte und erste Lösungswege in der Gruppe erarbeitet.

Ein wesentlicher psychotherapeutischer Behandlungsansatz ist die Schmerzdefokussierung. Im Genuss-Training geht es um Übungen zur Reaktivierung der Genussfähigkeit und der Förderung angenehmer Körpererfahrungen mit dem Ziel, den Schmerz durch die Freude, das Lachen und die Konzentration auf positive Aspekte den Alltags bewusst in den Hintergrund zu drängen. Dies kann in unterschiedlicher Art und Weise geschehen, zum Beispiel Entspannung unter emotional positiven Vorstellungen oder auch Aufmerksamkeitslenkung über wenig genutzte sensorische Kanäle (z.B. Geruchs- oder Tastsinn). Auch sich selbst zu belohnen und sich lange Gewünschtes zu erfüllen oder einfach nur die kleinen Freuden des Alltags zu entdecken, sind Bausteine dieser positiven Aufmerksamkeitslenkung.

Entspannungstherapien werden regelmäßig im Rahmen von multimodalen Schmerztherapien angewandt. Bei der Progressiven Muskelentspannung nach Jacobson (PME) handelt es sich um ein Verfahren, bei dem durch die willentliche und bewusste An- und Entspannung bestimmter Muskelgruppen ein Zustand tiefer Entspannung des ganzen Körpers erreicht werden soll. Dieses Training dient der Unterbrechung des Teufelskreislaufs aus Schmerz-Anspannung-Stress, indem erhöhte Muskelaktivität gezielt reduziert wird.

Die funktionelle Behandlung im multimodalen interdisziplinären Behandlungsprogramm setzt sich aus der medizinischen Trainingstherapie, physiotherapeutischen Gruppenbehandlungen und dem Work Hardening zusammen.

Die Trainingssteuerung in der Medizinischen Trainingstherapie (MTT) erfolgt nicht schmerzorientiert, sondern leistungskontingent. Dies bedeutet, dass der unter Belastung auftretende Schmerz weder ein Abbruchkriterium darstellt, noch die Trainingssteuerung bestimmt. Hauptkriterium für die Trainingssteuerung ist die individuelle Leistungsfähigkeit des Patienten mit dem Ziel der Funktionsverbesserung. Häufig liegt die Schmerzgrenze der Patienten unterhalb der Reizschwelle der Muskulatur und muss zur Erreichung adäquater Trainingsreize überschritten werden. Die individuelle Trainingssteuerung orientiert sich nicht am pathophysiologischen Befund des Patienten, sondern am Zustand der oft deconditionierten Muskulatur mit dem Ziel der Wiederherstellung/Verbesserung von Stabilität und Belastbarkeit [42].

Durch zahlreiche Studien konnte bei Patienten mit chronischem Knieschmerz eine Schwäche der Glutealmuskulatur [43, 44], sowie eine Atrophie des M. quadriceps vastus medialis [45, 46, 47] gezeigt werden. Sowohl der abduktorisches Hüftmuskulatur als auch dem M. quadriceps vastus medialis werden wichtige stabilisierende Funktionen für das Kniegelenk zugesprochen. 53 % der medialen Stabilisation der Patella erfolgen z.B. durch die horizontalen Fasern des M. quadriceps vastus medialis [47].

Ein regelmäßiges kardiopulmonales Ausdauertraining ist Bestandteil der multimodalen interdisziplinären Schmerztherapie. Viele Patienten haben aufgrund langer Phasen der Schonung an kardiopulmonaler und muskulärer Ausdauerleistungsfähigkeit eingebüßt. Häufig wird von Patienten mit chronischen Knieschmerzen das klare Ziel formuliert, wieder längere Distanzen Fahrrad fahren zu können sowie die Geh- oder Joggingstrecke zu vergrößern. Des Weiteren wirkt sich die Verbesserung der allgemeinen Ausdauerfähigkeit positiv auf Depressionen und die allgemeine Stimmungslage aus [48, 49].

Ein Kernstück der multimodalen interdisziplinären Schmerztherapie stellt

das Work Hardening dar. Work Hardening ist eine intensive funktionelle, körperlich aktivierende Maßnahme mit dem Ziel den Patienten auf berufsspezifische und private Alltagssituationen, -abläufe und -belastungen vorzubereiten und diese somit zu rekonditionieren [42, 50, 51]. Durch einen Fragebogen wird erhoben, welche alltags- und berufsspezifischen Tätigkeiten die Patienten wieder besser und mit mehr Selbstvertrauen ausführen wollen und welche Belastungen die Knieschmerzen hervorrufen oder momentan gar nicht ausgeführt werden können. Die Patienten sollen ihr aktuelles Aktivitätslevel sowie das Ausmaß, mit dem der Knieschmerz ihr alltägliches Leben beeinflusst, einschätzen. Durch eine stufenweise Steigerung der Belastung im Sinne des Pacing werden diese Tätigkeiten gemeinsam mit dem Patienten geübt. Vielfache Wiederholungen über einen festgelegten Zeitraum sollen eine Bewusstseinsweiterung für das eigene Körpergefühl hervorrufen und die Angst vor bestimmten Belastungen reduzieren (Abb. 3).

Durch das Erkennen und Steuern kognitiver Leistungsmodelle (Überforderer, Vermeider) wird eine progressive, individuell angepasste Belastungssteigerung ermöglicht, welche im Work Hardening nicht nur durch Erhöhung der Gewichte erfolgt, sondern auch durch Veränderungen der Körperhaltungen, der Komplexität von Bewegungsmustern sowie eine Erhöhung der Belastungsdauer. Das Work Hardening stellt besondere Anforderungen an Therapeut und Patient. Aufgabe des Therapeuten

ist es, Defizite und Ressourcen des Patienten zu erkennen, zu analysieren und gezielt individuell zu nutzen und zu therapieren. Hierfür muss eine intensive Vertrauensbasis zwischen Therapeut und Patient hergestellt werden, da vermeintlich verbotene oder angstbesetzte Haltungen und Belastungen von dem Patienten gefordert werden [42, 50].

In der physiotherapeutischen Behandlung geht es um die Verbesserung der muskulären Stabilität von Haltung und Bewegung sowie um die Verbesserung der Bewegungsabläufe (inter- und intramuskuläre Koordination). Unter anderem wird durch eine EMS (Elektrische Muskelstimulation)-getriggerte Aktivierung das Onset des M. Quadriceps vastus medialis sowie die Intensität der Aktivierung unter Belastung gesteigert und bei mangelnder Rekrutierbarkeit geschult [52]. Darüber hinaus soll durch spielerische Einheiten mit verschiedenen Trainingsgegenständen eine Steigerung der Freude an Bewegung erreicht werden. Besonders der Koordination wird eine wichtige Rolle zugeschrieben, da sie die Grundlage bildet, „um neue Bewegungen rasch zu erlernen, ungewohnte Bewegungen kontrolliert und effektiv durchzuführen sowie notwendige Änderungen im Bewegungsablauf adäquat umsetzen zu können“ [42].

Zum Ende des Programms erfolgt ein gemeinsamer Rückblick zur Evaluation des Erreichten. Die Patienten werden ermutigt den eigenen Zustand selbst zu managen und einen aktiveren Lebensstil anzunehmen, um so die er-

reichte Stabilität, Flexibilität und Funktion des Knies zu erhalten und weiter auszubauen. Ebenso ist es von großer Bedeutung, weitere langfristige physische und psychosoziale Ziele sowie den weiteren Verlauf mit den Patienten zu besprechen und sie zu einer selbständigen Fortsetzung aller individuell relevanten Therapiekomponenten zu motivieren.

Da dieses deutschlandweit einzigartige Pilotprojekt im Rückenzentrum St. Georg erst seit circa 4 Monaten besteht, kann noch keine Aussage über die langfristige Effektivität gemacht werden. Die ersten Erfahrungen zeigen jedoch positive Ergebnisse. Vergleichbare multimodale Komplexbehandlungen, z.B. bei chronischem Rückenschmerz, liefern aber in zahlreichen randomisierten, kontrollierten Studien sehr beachtliche Ergebnisse. So wird eine signifikante Verbesserung der schmerzbezogenen Beeinträchtigung, eine hohe Rückkehrquote an den Arbeitsplatz sowie eine signifikante Verbesserung der psychosozialen Beeinträchtigungsmaße wie Depressivität, Angst und schmerzbezogene Kognitionen auch über einen Zeitraum von 6 und 12 Monaten postuliert [40, 53].

Interessenkonflikt: Keine angegeben

Korrespondenzadresse

Dr. med. Kay Niemier
Klinik für Manuelle Therapie
Ostenallee 83
59063 Hamm
kay.niemier@kmt-hamm.de

Literatur

- Vähäsarja V. Prevalence of chronic knee pain in children and adolescents in northern Finland. *Acta Paediatr* 1995; 84: 803–5
- Spahn G, Schiele R, Langlotz A, Jung R. Prevalence of functional pain of the back, the hip and the knee in adolescents. Results of a cross-sectional study. *Dtsch Med Wochenschr*. 2004; 129: 2285–90
- <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/36417/umfrage/berufstaetige-in-deutschland-die-haeufigsten-krankheiten/>
- <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/260243/umfrage/lokalisierung-von-arthrose-bei-betroffenen-in-deutschland-nach-geschlecht/>
- Agaliotis M, Mackey MG, Jan S, Fransen M. Burden of reduced work productivity among people with chronic knee pain: a systematic review. *Occup Environ Med*. 2014; 71: 651–9
- <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/161917/umfrage/erstimplantationen-hueftgelenke-und-kniegelenke-seit-2003/>
- Frese T, Peyton L, Mahlmeister J, Sandholzer H. Knee pain as the reason for encounter in general practice. *ISRN Family Med*. 2013; 2013: 930825
- Agaliotis M, Fransen M, Bridgett L et al. Risk factors associated with reduced work productivity among people with chronic knee pain. *Osteoarthritis Cartilage*. 2013; 21: 1160–9
- Herquelot E, Bodin J, Petit A et al. Long-term persistence of knee pain and occupational exposure in two large prospective cohorts of workers. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014; 15: 411
- Herquelot E, Bodin J, Petit A et al. Incidence of Chronic and Other Knee Pain in Relation to Occupational Risk Factors in a Large Working Population. *Ann Occup Hyg*. 2015 Feb 23. pii: mev010. [Epub ahead of print]
- Miranda H, Viikari-Juntura E, Martikainen R, Riihimäki H. A prospective study on knee pain and its risk factors. *Osteoarthritis Cartilage* 2002; 10: 623–30
- Pfingsten M, Franz C, Hildebrandt J, Sauer P, Seeger D. Das Göttinger Rücken Intensiv Programm (GRIP) – ein multi-

- modales Behandlungsprogramm für Patienten mit chronischen Rückenschmerzen, Teil 3. Psychosoziale Aspekte. *Schmerz* 1996; 10: 326–344
13. Niemier K, Seidel W, Pioch E, Werin A. Sommerfeld Assessment System: Introduction and evaluation of a multiprofessional assessment system for the differential diagnosis of chronic musculoskeletal pain syndromes. *JOM* 2003; 25: 21–26
 14. Niemier K, Ritz W, Amelung P, Seidel W. Evaluierung der funktionellen muskuloskeletalen Diagnostik als Bestandteil eines multiprofessionellen Diagnostiksystems für Patienten mit chronischen und chronifizierungsgefährdeten Schmerzen des Bewegungssystems. *Manuelle Medizin* 2007; 45: 123–127
 15. Radebold A, Cholewicki J, Polzhofer GK et al. Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with low back pain. *Spine* 2001; 26: 724–730
 16. Schabrun SM, Christensen SW, Mrachacz-Kersting N, Graven-Nielsen T. Motor Cortex Reorganization and Impaired Function in the Transition to Sustained Muscle Pain. *Cereb Cortex*. 2015 Jan 21. pii: bhu319. [Epub ahead of print]
 17. Descalzi G, Ikegami D, Ushijima T, Nestler EJ, Zachariou V, Narita M. Epigenetic mechanisms of chronic pain. *Trends Neurosci*. 2015; 38: 237–246
 18. El-Metwally A, Salminen JJ, Auvinen A, Kautiainen H, Mikkelsen M. Prognosis of non-specific musculoskeletal pain in preadolescents: a prospective 4-year follow-up study till adolescence. *Pain*. 2004; 110: 550–59
 19. Arnold B, Brinkschmidt T, Casser HR et al. Multimodal pain therapy for treatment of chronic pain syndrome. Consensus paper of the ad hoc commission on multimodal interdisciplinary pain management of the German Pain Society on treatment contents. *Schmerz*. 2014; 28: 459–72
 20. Lang E, Eisele R, Kastner S, Liebig K, Martus P, Neundörfer B. Ergebnisqualität der ambulanten Versorgung von Patienten mit chronischen Rückenschmerzen. *Schmerz* 2000; 14: 146–159
 21. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord*. 1992; 5: 390–6
 22. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord*. 1992; 5: 383–9
 23. Kapandji IA. Kniegelenk. In Kapandji IA (Ed.) Funktionelle Anatomie der Gelenke. Band 2 Untere Extremität. Stuttgart: Enke-Verlag, 2001: 64–147
 24. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of the transverse abdominis. *Spine* 1996; 21: 2640–2650
 25. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord*. 1992; 5: 383–9
 26. Shiozawa S, Hirata RP, Jeppesen JB, Graven-Nielsen T. Impaired anticipatory postural adjustments due to experimental infrapatellar fat pad pain. *Eur J Pain*. 2015 Feb 23. doi: 10.1002/ejp.667. [Epub ahead of print]
 27. Mista CA, Christensen SW, Graven-Nielsen T. Modulation of motor variability related to experimental muscle pain during elbow-flexion contractions. *Hum Mov Sci*. 2015; 39: 222–35
 28. Niemier K, Ritz W, Seidel W. Der Einfluss muskuloskeletaler Funktionsstörungen auf chronische Schmerzsyndrome des Bewegungssystems. *Schmerz* 2007; 21: 139–145
 29. Lewit K. Übertragungs- und andere Schmerzen. In Lewit K (Hrsg.) Manuelle Medizin bei Funktionsstörungen des Bewegungsapparates. ELSEVIER, Urban und Fischer 2007; 8: 354–361
 30. Altman AR, Davis IS. Barefoot running: biomechanics and implications for running injuries. *Curr Sports Med Rep*. 2012; 11: 244–50
 31. Hall JP, Barton C, Jones PR, Morrissey D. The biomechanical differences between barefoot and shod distance running: a systematic review and preliminary meta-analysis. *Sports Med*. 2013; 43: 1335–53
 32. Mense S. Muscle pain: mechanisms and clinical significance. *Dtsch Arztebl Int*. 2008; 105: 214–9.
 33. Orientierende Untersuchung der unteren Extremität. In Sachse J, Harke G, Linz W. (Hrsg.) Extremitätengelenke. Manuelle Untersuchung und Mobilisationsbehandlung für Ärzte und Physiotherapeuten. ELSEVIER, Urban und Fischer, 2012; 8: 121–141
 34. Jones M, Edwards I, Gifford L. Conceptual models for implementing biopsychosocial theory in clinical practice. *Man Ther* 2002; 7: 2–9
 35. Hegeveld E. Biopsychosoziales Modell. In: Van den Berg F (Hrsg.) Angewandte Physiologie Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2003
 36. Hurley M, Walsh M. ESCAPE-knee pain: Enabling Self-management and Coping with Arthritic knee Pain through Exercise. 2011. PROGRAMME HANDBOOK.
 37. www.aaos.org/research/guidelines/GuidelinesOAKnee.asp
 38. <http://www.versorgungsleitlinien.de/themen/kreuzschmerz>
 39. Löllgen H. Borg-Skala – Standards der Sportmedizin. *DZSM* 2004; 11: 299–300
 40. Mallwitz J, Dörner T, Richter M. Multimodale interdisziplinäre Therapie beim chronischen Rückenschmerz. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 2014; 9: 463–480
 41. Balke B. A simple field test for the assessment of physical fitness. *Rep Civ Aeromed Res Inst US*. 1963; 53: 1–8
 42. Hildebrandt J, Pflingsten M, Lüder S et al. (Hrsg.). Göttinger Rücken-Intensivprogramm (GRIP). Das Manual 2003. Berlin: Congress Compact Verlag
 43. Boling MC, Padua DA, Creighton RA. Concentric and Eccentric Torque of the Hip Musculature in Individuals With and Without Patellofemoral Pain. *J Athl Train* 2009; 44: 7–13
 44. Willy R, Davis I. Varied Response to Mirror Gait Retraining of Gluteus Medius Control, Hip Kinematics, Pain, and Function in 2 Female Runners With Patellofemoral Pain. *J Orthopae Sports Phys Ther* 2013; 43: 864–874
 45. Pattyn E, Verdonk P, Steyaert A et al. Vastus Medialis Obliquus Atrophy: Does It Exist in Patellofemoral Pain Syndrome? *Am J Sports Med* 2011; 39: 1450–5
 46. Pflörring W. Konservative Therapie bei Erkrankungen und Verletzungen des Femoropatellargelenks. *Fortbildung, Orthopädie, Traumatologie* 2007; 12: 25–36
 47. Jan MH, Lin DH, Lin JJ, Lin CHJ, Cheng CK, Linet JF. Differences in Sonographic Characteristics of the Vastus Medialis Obliquus Between Patients With Patellofemoral Pain Syndrome and Healthy Adults. *Am J Sports Med* 2009; 37: 1743–9
 48. Mück H. Bewegen und Heilen: Sport bei Angst und Depression. Begleitmanuskript zum Vortrag von Dr. Dr. med. Herbert Mück, Facharzt für Psychosomatische Medizin & Psychotherapie – Sportmedizin/Ernährungsmedizin (Köln), am 06.11.2010 auf dem 5. internationalen Hamburger Sport-Kongress
 49. Sarubin N. Sport als begleitende Maßnahme bei der Psychotherapie depressiver Patienten. *PTJ*. 2013; 3: 278–282
 50. Hamel M, Maier A, Weh L, Klein A, Lucan S, Marnitz U. „Work hardening“ bei chronischen Rückenschmerzen. Ein integraler Bestandteil multimodaler Therapieprogramme. *Der Orthopäde*. 2009; 10: 928–936
 51. Beyer W. „Work Hardening“. Evaluation und Implementation des Work Hardening-Programms bei Patienten mit chronischen unspezifischen Rückenschmerzen in der stationären medizinischen Rehabilitation. Projekt B1 im Rehabilitationswissenschaftlichen Forschungsverbund Bayern (RFB).
 52. Laube W et al. 2011 Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre. Stuttgart: Thieme Verlag, 2011
 53. Hafenbrack K, Heinrich M, Müller G, Marnitz U, Mallwitz J, Klinger R. Effekte eines interdisziplinären Functional-restoration-Behandlungsprogramms mit kognitiv-behavioraler Therapie beim chronischen Rückenschmerz. *Schmerz* 2013; 27: 566–576