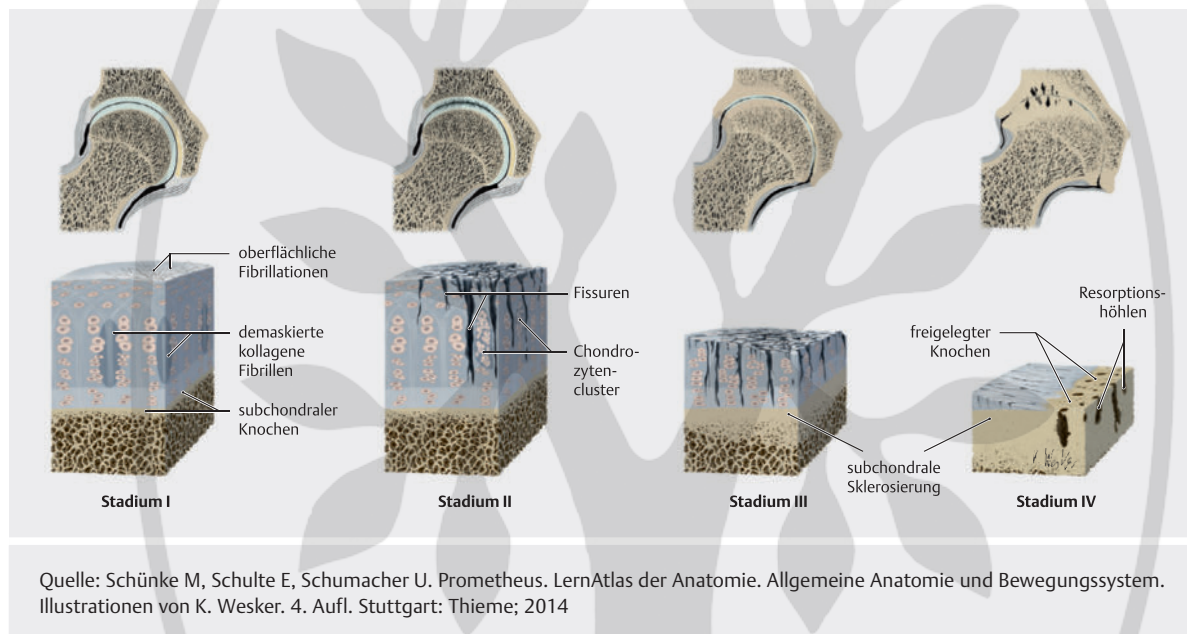


# Periphere Schmerzmechanismen und evidente Therapieoptionen

Ronny Petzold

Arthrose ist nicht heilbar. Der Schaden an Knorpel und Knochen ist irreversibel. Schmerzen und Bewegungsdefizite prägen das klinische Bild der Volkskrankheit. Um ein Fortschreiten der Degeneration zu verhindern und die Beschwerden des Patienten zu lindern, bieten sich zahlreiche physiotherapeutische Interventionen an. Nicht alle sind effektiv, um die Symptomquellen und Schmerzmechanismen in den Griff zu bekommen.



Arthrose ist weltweit die am häufigsten diagnostizierte Gelenkerkrankung. Als Risikofaktoren gelten neben Alter, Verletzungen, Übergewicht und Überlastung auch das Geschlecht sowie genetische Faktoren [16]. Mindestens jeder zweite Mensch über 65 Jahren leidet heute unter der degenerativen Pathologie, aber auch jüngere Personen klagen v. a. nach Traumata über chronische Arthrose-Schmerzen [25].

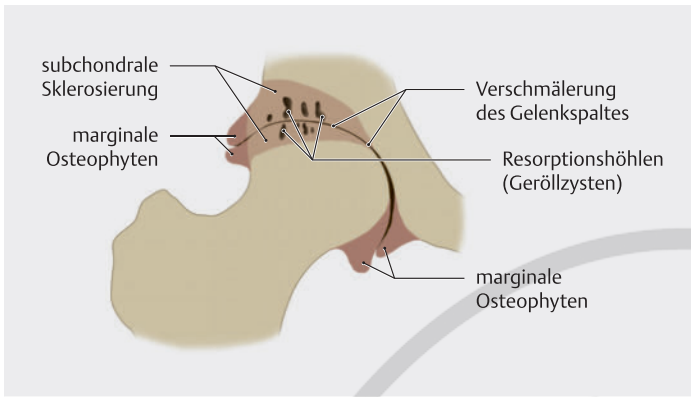
**Kosten** Die durch Arthrose entstehenden sozio-ökonomischen Belastungen sind gravierend. Bereits vor mehr als 20 Jahren wurde in einer internationalen Studie – die Daten wurden u. a. in den USA, Kanada, Frankreich und Australien erhoben – deutlich, dass die aus Erkrankungen des Bewegungsapparates resultierenden Kosten ca. 1 bis 2,5% des Bruttonationalproduktes ausmachen [19]. Ange-

sichts einer global steigenden Lebenserwartung ist absehbar, dass die Zahl der Arthrose-Patienten und die Belastung der Volkswirtschaft weiter steigen werden.

## Klinik und Radiologie

### Klinisches Bild

Am häufigsten vom Verschleiß betroffen sind die gewichttragenden Hüft- und Kniegelenke [16]. Das Leitsymptom, um sich an einen Arzt oder Physiotherapeuten zu wenden, sind Schmerzen [15].



► **Abb. 1** Synopsis der radiologischen Untersuchungsbefunde bei fortgeschrittener Coxarthrose. Quelle: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Illustrationen von K. Wesker. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2014.



► **Abb. 2** Röntgenbild bei fortgeschrittener medialer Gonarthrose. Neben der Verschmälerung des Gelenkspaltes imponieren v. a. Veränderungen im subchondralen Knochen (Aufhellungen). Quelle: Ronny Petzold.

### Merke

#### Klinisches Bild der Arthrose

Arthrose-Patienten berichten in der Regel von:

- (chronischen) Schmerzen,
- Steifigkeitsgefühlen,
- morgendlichen Anlaufschmerzen,
- spür- und hörbaren Krepitationen,
- Bewegungsdefiziten der betroffenen Gelenke sowie gelenknaher Strukturen,
- Einschränkungen im Bereich der Alltagsaktivitäten sowie der Partizipation.

#### Biomechanik

Arthrose resultiert meist aus einem Missverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit des Gelenkknorpels. Diese Dysbalance kann anhand des Kniegelenks gut verdeutlicht werden. Ein Knie wird in der Standbeinphase des Gehens via Extension stabilisiert, in der Schwungbeinphase muss es dagegen über ausreichend Flexibilität und Rotationsfähigkeit verfügen, um dem Fuß auch bei unebenem Untergrund eine optimale Stellung zu gewährleisten. Die höhere Beweglichkeit des gebeugten Kniegelenks bedingt einen geringen Gelenkflächenkontakt und somit einen stärkeren Druck auf eine kleinere Gelenkfläche. Dieser Umstand birgt die Gefahr von Verletzungen und degenerativen Veränderungen, die im Alter oftmals zur Arthrose führen [8, 14].

#### Radiologisches Bild

Eine Arthrose liegt vor, wenn via Radiologie die Degeneration und Destruktion des hyalinen Gelenkknorpels festgestellt wird (► **Abb. 1** und **Abb. 2**). Die Pathologie imponiert im Röntgenbild mit typischen Zeichen:

- Verschmälerung des Gelenkspaltes (Knorpelverschmälerung)
- subchondrale Sklerosierungen
- Zysten- und Osteophyten-Bildung

#### Schmerzgenerator und Schmerzmechanismus

Aktuell werden in der Wissenschaft der subchondrale Knochen sowie die Gelenkkapsel als Schmerzgeneratoren diskutiert [25].

**Synovitis** Eine Kontrastmittel-MRT-Untersuchung von 111 Gonarthrose-Patienten wies bei 89% der Betroffenen eine Synovitis nach [22]. Demgemäß reagiert die Gelenkkapsel auf den Knorpelabbau mit der Freisetzung von Entzündungsmediatoren, die zur erhöhten Schmerzempfindlichkeit der periartikulären Strukturen führen. Die Arthrose kann somit als entzündliche Erkrankung klassifiziert werden [15]. Sie vollzieht sich in vier Stadien (► **Tab. 1**).

► **Tab. 1** Arthrose-Stadien.

Stadium I	Stadium II	Stadium III	Stadium IV
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Oberfläche des Gelenks ist aufgeraut und beginnt aufzufasern (oberflächliche Fibrillationen)</li> <li>▪ in tieferen Knorpelschichten werden durch verminderte Proteoglykan-Synthese kollagene Fibrillen freigelegt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entstehung von tief in den Knorpel reichenden Spalten (Fissuren)</li> <li>▪ Verlust von Knorpelmatrix</li> <li>▪ im Bereich der Fissuren teilen sich einzelne Knorpelzellen erneut (Chondrozyten-Cluster)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verdichtung des subchondralen Knochens als Reaktion auf den Knorpelverschleiß</li> <li>▪ erste Osteophyten-Bildung am Knorpel-Knochen-Übergang</li> <li>▪ entzündliche Reaktion der Gelenkkapsel auf den vermehrten Anfall von Knorpelabbauprodukten (reaktive Synovitis) oft mit Reizerguss</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ der Knochen liegt völlig frei („Knochenglatze“), die Knochenflächen reiben aneinander</li> <li>▪ Einbrüche der subchondralen Knochendecke (Knochennekrosen!)</li> <li>▪ Bildung großer Resorptionshöhlen (Geröllzysten) im angrenzenden Knochenmark</li> <li>▪ stärkeres Wachstum der Osteophyten</li> </ul>

**Peripherer Schmerzmechanismus** Die entzündlichen Vorgänge in der Gelenkkapsel, im subchondralen Knochen und in den periartikulären Strukturen sind potentielle Quellen für einen peripher nozizeptiven Schmerzmechanismus. Das Erkennen dieses Mechanismus ist im Rahmen des Clinical-Reasoning-Prozess elementar. Hierdurch kann das Schmerzerleben des Patienten individuell eingeschätzt und gemeinsam mit ihm ein adäquater Therapieansatz entwickelt werden [17].

**Zentrale Maladaptation** Gleichzeitig muss abgeklärt werden, ob der Arthrose-typischen Schmerzchronifizierung nicht ein zentraler Prozess zugrunde liegt. Weil die Schmerzwahrnehmung im Zentralen Nervensystem stattfindet, kann auch eine gestörte kortikale Verarbeitung als Schmerzgenerator fungieren. Gleichzeitig können Dysfunktionen von Vegetativum, Endokrin- und Immunsystem den Schmerz triggern.

In der Praxis manifestiert sich das gestörte Processing des Patienten etwa in einem nicht mechanischen und unvorhersagbaren Schmerzverhalten.

In der Patientengeschichte zeigt sich ein persistierender, über die zu erwartende Heilungszeit hinaus anhaltender Verlauf der Symptome. Ebenso weisen eine unverhältnismäßige Ausbreitung der initialen Gelenkschmerzen oder spiegelbildlicher „Mirror-Pain“ auf eine zentrale Maladaptation hin [17].

## Konservative Therapieansätze bei Gonarthrose

Die meisten physiotherapeutischen Behandlungstechniken beeinflussen die Gelenkkapsel und die periartikulären Strukturen über mechanische Reize, um schmerzhemmende Systeme zu aktivieren [15].

## Empfehlungen

Im Rahmen einer Delphi-Studie wurden 51 Arthrose-Experten sowie neun Patienten aus 13 Ländern befragt, was Personen mit Cox- oder Gonarthrose über ihre Erkrankung wissen sollten [10]. Hierfür beurteilen sie 114 aus verschiedenen Leitlinien entnommene Therapieempfehlungen zur Arthrose. Ausgewählt wurden schließlich 21 Statements, deren Vermittlung die Gesundheitskompetenz, Aktivität, Partizipation und das Schmerzmanagement der Betroffenen fördern soll.

### Merke

**Wichtige Informationen für Arthrose-Patienten Laut der aktuellen internationalen Konsensliste sollten Patienten mit Arthrose u. a. folgendes über ihre Erkrankung wissen [10]:**

- nichtmedikamentöse Therapieansätze sind bei geringeren Nebenwirkungen genauso effektiv wie medikamentöse
- physische Aktivität sowie individualisierte Übungsprogramme mit Kraft- und Herz-Kreislauf-Training:
  - reduzieren Schmerzen
  - schützen vor weiterem Gelenkverschleiß
  - verbessern Alltagsaktivitäten
- eine kräftige gelenkumgebende Muskulatur ist wichtig für die Gelenkfunktion
- konsequente Selbstübungsprogramme sind entscheidend für den Therapieerfolg

## Physiotherapeutische Praxis

Erst jüngst untersuchte eine US-Studie, wie Physiotherapeuten ihre Gonarthrose-Patienten behandeln [7]. Hierzu sollten die Therapeuten anhand eines Fallbeispiels die Effektivität verschiedener Maßnahmen beurteilen und angeben, wie häufig sie diese in der Praxis anwenden. Fazit: 96% der Befragten nutzen sehr häufig therapeutische Übungen. Um welche Übungen es sich dabei im Einzelnen handelt, wurde nicht näher beschrieben.



► **Abb. 3** Die aktuelle Evidenz belegt, dass Krafttraining die Lebensqualität von Gonarthrose-Patienten fördert: Sie erhöht nicht nur deren Kraft und Beweglichkeit, sondern reduziert nachweislich auch ihre Schmerzen. Quelle: Ronny Petzold.

**Therapieschwerpunkte** Vergleichbare Ergebnisse lieferte eine ähnlich designte Studie aus Großbritannien [12]. Auch hier sollten Physiotherapeuten angeben, wie sie Kniearthrose behandeln. 99% der Befragten setzten ihren Schwerpunkt auf aktive therapeutische Übungen u. a. mit Kraft- und Balancetraining sowie Mobilisation.

Ferner zeigte da Costa et al., dass die Hälfte der befragten Therapeuten mit Manueller Therapie behandelte, ein Drittel zu Wärme-Anwendungen griff, und fast jeder Vierte sich der Kryotherapie bediente. Es folgten Bewegungsbäder (19%), Elektrotherapie (16%) und Ultraschall (12%). Schlusslicht der Therapiemaßnahmen war die Hilfsmittelversorgung mit Tapes, Bandagen oder Einlegesohlen [7].

## Evidenz der Therapieinterventionen

Wie effektiv die gängigen Behandlungsansätze hinsichtlich der Hauptsymptome und klinischen Zeichen sind, wird angesichts der Studienlage deutlich.

## Krafttraining

Eine kanadische Meta-Analyse von 18 randomisiert kontrollierten Studien zeigte signifikante Verbesserungen der Parameter Schmerz, Lebensqualität, Kraft und Bewegungsmaß durch Kräftigungsübungen [21]. Bemerkenswert erscheint, dass ein Krafttraining bis zu sechs Monate nach Therapieende positiv nachwirken kann. Neben diesem Langzeiteffekt verbessert es – durch die Kompression der Gelenkflächen – den Knorpelstoffwechsel und wirkt entzündungshemmend [2, 20] ► **Abb. 3**).

### Merke

#### Trainingsinhalte

#### Ein Krafttraining für Gonarthrose-Patienten

fokussiert folgende Muskeln:

- M. quadriceps femoris
- Mm. ischiocrurales
- Hüftabduktoren
- Rumpfmuskulatur

Die Trainingsintensität sollte zwischen 60% und 70% der Maximalkraft liegen [27]. Trotz dieser relativ hohen Intensität sind – nach genauer Analyse von Stabilität und Irritierbarkeit des Gewebes – keine langanhaltenden Symptomverschlechterungen zu erwarten.

Das Training darf Schmerzen auslösen, wenn diese anschließend schnell abklingen und sich Ruhesympptome nicht verstärken [15].

## Sensomotorisches Training

Das sensomotorische Training (SMT) hat wahrscheinlich ebenfalls einen positiven Einfluss auf das Leitsymptom Schmerz. Eine koreanische Studie belegt, dass ein achtwöchiges sensomotorisches Zirkeltraining für die untere Extremität das Schmerzniveau der Patienten verringert und signifikant deren Muskelfunktion verbessert [26].

**Kombination** Der Schmerz bei Arthrose führt zur Muskelinhibition des M. quadriceps femoris, mindert dessen Aktivierungsfähigkeit und mündet in der Schwäche des wichtigsten Kniestrecker [11]. Um dem entgegenzuwirken eignet sich eine Kombination aus Krafttraining und SMT. Sie fördert die Quadrizeps-Hypertrophie, verbessert die Muskelfunktion im Kniegelenksbereich und reduziert dadurch ebenfalls die Schmerzen [23].

**Knie-Adduktionsmoment** Auch Patienten mit sog. O-Beinen – d. h. mit einer Achsabweichung in Varus-Stellung und daraus resultierender Überlastung des medialen Kniekompartiments – profitieren vom progressiven sensomotorischen Training auf SensoPro-Trainer, Weichbodenmatte, Balance-Board oder Trampolin ► **Abb. 4**). So zeigte eine Studie, dass bereits ein zwölfwöchiges Trainingsprogramm mit lediglich zwei Einheiten pro Woche das Knie-Adduktionsmoment um 24% verringern kann [4].



► **Abb. 4** Sensomotorik-Training in Kombination mit Kräftigungsübungen stärkt die Muskulatur der unteren Extremität. Dies gewährleistet die Funktionalität der Gelenke, korrigiert die Beinachse und lindert Schmerzen. Quelle: SensoPro AG

### Patientenedukation

Die Patientenedukation ist fester Bestandteil des konservativen Managements bei Gonarthrose. In den initialen Stadien der Arthrose ist die Aufklärung über eine Veränderung der Lebensgewohnheiten – die Notwendigkeit von physischer Aktivität und einer evtl. notwendigen Gewichtsreduktion – ausschlaggebend für den Therapieerfolg. Voraussetzung für die Edukation ist die Beurteilung von Ängsten und Vermeidungsverhalten der Patienten.

**Postoperative Autonomie** Im Falle einer unausweichlich nötigen Operation sollte mittels der Patientenschulung der postoperative Genesungsprozess optimal eingeleitet

werden. Dies ermöglicht die Autonomie des Patienten nach dem Eingriff und eine schnelle Rückkehr ins häusliche Umfeld [5].

### Manuelle Therapie

Patienten mit Gonarthrose imponieren häufig mit Funktionsstörungen, die in Zusammenhang mit ihren Schmerzen stehen. Ursache ist die bei Arthrose veränderte Arthrokinematik: Das gestörte intraartikuläre Rollen und Gleiten der Gelenkpartner resultiert aus verkürzten Kapsel-Bandstrukturen, dem Flexibilitätsverlust der periartikulären Strukturen sowie einem erhöhten intraartikulären Druck.

**MT-Ziel** Manuelle Therapie verbessert die gestörte Arthrokinematik des Gelenks und damit seine osteokinematische Funktionalität, was sich im erweiterten Bewegungsausmaß (ROM) zeigt. Gleichzeitig lindert die Maßnahme auch Schmerzen, wie eine aktuelle Untersuchung belegt: Bereits nach sechsminütigem Tibia-Gleiten nach dorsal wurde bei den Probanden eine signifikante Schmerzreduktion mittels Visueller-Analog-Skala (VAS) gemessen [6].

**Kombinationen** Als ebenso effektiv für die Gonarthrose-Behandlung ist die Kombination von Manueller Therapie – appliziert wurden passive Bewegungen (physiologisch/translatorisch), Weichteiltechniken sowie Muskeldehnungen – mit Eigenübungen [9]. In Verbindung mit Krafttraining, Mobilisation und aerobem Training ist die Manuelle Therapie hinsichtlich der Parameter Schmerz und Funktionalität ebenso empfehlenswert [13]. Zudem bietet sie im Vergleich mit therapeutischen Übungen einen kurzfristig höheren Nutzen für die Patienten [1].

### Eigenübungen

Eigenübungen sind bei Arthrose-Patienten entscheidend, um deren Symptome nachhaltig zu verbessern und ihre Selbstwirksamkeit zu stärken. Diese Wichtigkeit untermauert ein Systematic Review des Jahres 2015, in dem verschiedene wissenschaftliche Arbeiten einen Langzeiteffekt von Eigenübungen nachwiesen [3].

Im Rahmen einer Studie verbesserte ein standardisiertes achtwöchiges Übungsprogramm in Verbindung mit regelmäßiger Manueller Therapie den Arthrose-spezifischen WOMAC-Score der Betroffenen um 56% und steigerte deren körperliche Leistungsfähigkeit im Sechsen-Minuten-Gehtest um 13% [9]. Das unter Supervision angeleitete Programm umfasste aktive mobilisierende Übungen für das Knie, ein Krafttraining für Hüft- und Kniegelenk, Muskeldehnungen für beide Beine sowie ein häusliches Ergometer-Training.

### Thermotherapie

Obwohl Wärme- und Kryotherapie bei Arthrose häufig eingesetzt werden, gibt es für beide Interventionen kaum Evidenz. Eine aktuelle Untersuchung offenbart, dass Fangopackungen weder die Funktionalität noch die Schmerzen der Patienten signifikant verbessern [28].

### Elektro- und Ultraschalltherapie

Ein systematischer Review aus China untersuchte die analgetische Wirkung der Elektrotherapie bei Gonarthrose [30]. Von sechs applizierten Stromarten linderte lediglich der Interferenzstrom die Schmerzintensität. Zeng et al. betonten dabei, dass die übrigen elektrotherapeutischen Ströme für die Patienten nicht gefährlich seien. Für den therapeutischen Ultraschall ist ein klar nachweisbarer Nutzen ebenfalls nicht belegt [24].

## Fazit

Aus wissenschaftlicher Sicht ist für die Behandlung von Patienten mit Gonarthrose die Physiotherapie die erste Wahl [29]. Um die Funktionalität der betroffenen Gelenke zu verbessern und Schmerzen zu lindern, erscheint eine Kombination aus Kräftigungsübungen, sensomotorischem Training und Manueller Therapie als evidenzbasiert und demzufolge als besonders sinnvoll.

**Interne Evidenz** Neben dieser wissenschaftlich belegten externen Evidenz ist die individuelle klinische Erfahrung des Therapeuten sehr wichtig für den Erfolg der Behandlung [18]. Die eher subjektiv begründete interne Evidenz darf in Zeiten der „Verwissenschaftlichung“ der Physiotherapie nicht vernachlässigt werden. Durch sie kann ein Therapeut – anders als in Studien oder wissenschaftlichen Forschungsarbeiten – ein individuell auf den Patienten abgestimmtes Therapieprogramm mit der bestmöglichen internen und externen Evidenz entwickeln.

### Autorinnen/Autoren



#### Ronny Petzold

ist Physiotherapeut (M.Sc.) und arbeitet mit seinem Kollegen Rico Meißner in der eigenen „Praxis für muskuloskeletale Physiotherapie – mpPHYSIO“ in Chemnitz. Er ist Dozent für die OMT-Weiterbildung der DGOMT und Clinical Mentor für den MSc-Studiengang „Musculoskeletal Physiotherapy“ der Donau-Universität Krems.

### Korrespondenzadresse

#### Ronny Petzold

mpPHYSIO  
Meißner & Petzold GbR  
Clausstraße 10–12  
09126 Chemnitz  
ronny.petzold@mp-physio.de

### Literatur

- [1] Anwer S, Alghadir A, Zafar H et al. Effects of orthopaedic manual therapy in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy* 2018; 104 (3): 264–276. doi:10.1016/j.physio.2018.05.003
- [2] Beckwée D, Vaes P, Cnudde M et al. Osteoarthritis of the knee: why does exercise work? A qualitative study of the literature. *Ageing Res Rev* 2013; 12 (1): 226–236. doi:10.1016/j.arr.2012.09.005
- [3] Button K, Roos P, Spasić I et al. The clinical effectiveness of self-care interventions with an exercise component to manage knee conditions: A systematic review. *Knee* 2015; 22 (5): 360–371. doi:10.1016/j.knee.2015.05.003
- [4] Cho Y, Kim M, Lee W. Effect of proprioceptive training on foot posture, lower limb alignment, and knee adduction moment in patients with degenerative knee osteoarthritis: a random-

- ized controlled trial. *J Phys Ther Sci* 2015; 27 (2): 371–374. doi:10.1589/jpts.272.371
- [5] Coudeyre E, Sanchez K, Rannou F et al. Impact of self-care programs for lower limb osteoarthritis and influence of patients' beliefs. *Ann Phys Rehabil Med* 2010; 53 (6–7): 434–450. doi:10.1016/j.rehab.2010.07.002
- [6] Courtney CA, Steffen AD, Fernández-de-Las-Peñas C et al. Joint Mobilization Enhances Mechanisms of Conditioned Pain Modulation in Individuals With Osteoarthritis of the Knee. *J Orthop Sports Phys Ther* 2016; 46 (3): 168–176. doi:10.2519/jospt.2016.6259
- [7] da Costa BR, Ramos Vieira E, Gadotti IE et al. How do Physical Therapists Treat People with Knee Osteoarthritis, and What Drives Their Clinical Decisions? A Population-Based Cross-Sectional Survey. *Physiother Can* 2017; 69 (1): 30–37. doi:10.3138/ptc.2015-83
- [8] Debrunner AM. *Orthopädie/Orthopädische Chirurgie. 4., vollst. neu bearb. Aufl.* Bern: Huber; 2005
- [9] Deyle GD, Henderson NE, Matekel RL et al. Effectiveness of manual physical therapy and exercise in osteoarthritis of the knee. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 2000 1; 132 (3): 173–181
- [10] French SD, Bennell KL, Nicolson PJ et al. What do people with knee or hip osteoarthritis need to know? An international consensus list of essential statements for osteoarthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2015; 67 (6): 809–816. doi:10.1002/acr.22518
- [11] Hassan BS, Doherty SA, Mockett S et al. Effect of pain reduction on postural sway, proprioception, and quadriceps strength in subjects with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 2002; 61 (5): 422–428. doi:10.1136/ard.61.5.422.
- [12] Holden MA, Nicholls EE, Hay EM et al. Physical therapists' use of therapeutic exercise for patients with clinical knee osteoarthritis in the United Kingdom: in line with current recommendations? *Phys Ther* 2008; 88 (10): 1109–1121. doi:10.2522/ptj.20080077
- [13] Jansen MJ, Viechtbauer W, Lenssen AF et al. Strength training alone, exercise therapy alone, and exercise therapy with passive manual mobilisation each reduce pain and disability in people with knee osteoarthritis: a systematic review. *J Physiother* 2011; 57 (1): 11–20. doi:10.1016/S1836-9553 (11)70002-9
- [14] Kapandji IA. *Funktionelle Anatomie der Gelenke.* Stuttgart: Thieme; 2006
- [15] Köcker S. Physiotherapie bei Gonarthrose – Krafttraining ist Spitzenreiter. *physiopraxis* 2016; 14 (09): 35–37. doi:10.1055/s-0042-111569
- [16] Krauss I, Mueller G, Haupt G et al. Effectiveness and efficiency of an 11-week exercise intervention for patients with hip or knee osteoarthritis: a protocol for a controlled study in the context of health services research. *BMC Public Health* 2016; 16: 367. doi:10.1186/s12889-016-3030-0
- [17] Luomajoki H, Schesser R. Schmerzmechanismen und Clinical Reasoning. *Der Schmerzpatient* 2018; 1 (1): 7–18. doi:10.1055/s-0043-122097
- [18] Mangold S. *Evidenzbasiertes Arbeiten in der Physio- und Ergotherapie.* Heidelberg: Springer; 2011
- [19] March LM, Bachmeier CJ. Economics of osteoarthritis: a global perspective. *Baillieres Clin Rheumatol* 1997; 11 (4): 817–834
- [20] Otterness IG, Eskra JD, Bliven ML et al. Exercise protects against articular cartilage degeneration in the hamster. *Arthritis Rheum* 1998; 41: 2068–2076. doi:10.1002/1529-0131(199811)41:11<2068::AID-ART23>3.0.CO;2-L
- [21] Pelland L, Brosseau L, Wells G et al. Efficacy of strengthening exercises for osteoarthritis (Part I): A meta-analysis. *Physical Therapy Reviews* 2004; 9: 77–108. doi:10.1179/108331904225005052
- [22] Roemer FW, Kassim Javid M, Guermazi A et al. Anatomical distribution of synovitis in knee osteoarthritis and its association with joint effusion assessed on non-enhanced and contrast-enhanced MRI. *Osteoarthritis Cartilage* 2010; 18 (10): 1269–1274. doi:10.1016/j.joca.2010.07.008
- [23] Romero-Franco N, Martínez-Amat A, Hita-Contreras F et al. Short-term effects of a proprioceptive training session with unstable platforms on the monopodal stabilometry of athletes. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26 (1): 45–51. doi:10.1589/jpts.26.45
- [24] Rutjes AW, Nuesch E, Sterchi R et al. Therapeutic ultrasound for osteoarthritis of the knee or hip. *Cochrane Database Syst Rev* 2010; 20 (1): CD003132. doi:10.1002/14651858.CD003132.pub2
- [25] Sofat N, Ejindu V, Kiely P. What makes osteoarthritis painful? The evidence for local and central pain processing. *Rheumatology (Oxford)* 2011; 50 (12): 2157–2165. doi:10.1093/rheumatology/ker283
- [26] Sung-Bum J, Gi Duck P, Sang-Soo K. Effects of proprioceptive circuit exercise on knee joint pain and muscle function in patients with knee osteoarthritis. *J Phys Ther Sci.* 2015; 27 (8): 2439–2441. doi:10.1589/jpts.27.2439
- [27] Vincent KR, Vincent HK. Resistance exercise for knee osteoarthritis. *PM R* 2012; 4 (5 Suppl): S45–S52. doi:10.1016/j.pmrj.2012.01.019
- [28] Xiang J, Wu D, Li J. Clinical Efficacy of Mudpack Therapy in Treating Knee Osteoarthritis: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies. *Am J Phys Med Rehabil* 2016; 95 (2): 121–131. doi:10.1097/PHM.0000000000000354
- [29] Zhang W, Moskowitz RW, Nuki G et al. OARS recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis, part I: critical appraisal of existing treatment guidelines and systematic review of current research evidence. *Osteoarthritis Cartilage* 2007; 15 (9): 981–1000. doi:10.1016/j.joca.2007.06.014
- [30] Zeng C, Li H, Yang T et al. Electrical stimulation for pain relief in knee osteoarthritis: systematic review and network meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage* 2015; 23 (2): 189–202. doi:10.1016/j.joca.2014.11.014

## Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0752-4968>  
 Der Schmerzpatient 2019; 2: 11–17  
 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York  
 ISSN 2512-6210