

REVIEW

Konservative Behandlungs-Strategien - patellofemoraler Beschwerden in der Physiotherapie

EXERCISE IS MEDICINE



Rogan S^{1,2,3}, Taeymans J^{1,3}, Clijsen R^{1,3,4,5}, Lutz N^{1,6}, Tscholl PM⁷

¹ Berner Fachhochschule, Departement Gesundheit, Abteilung Physiotherapie, Bern, Schweiz

² Akademie für integrative Physiotherapie und Trainingslehre, AfiPT, Grenzach-Wyhlen, Deutschland

³ Vrije Universiteit Brussel, Fakultät für Sport- und Bewegungswissenschaften und Physiotherapie, Brüssel, Belgien

⁴ Rehabilitation Research Laboratory, Department of Business Economics, Health and Social Care, Fachhochschule SÜDSCHWEIZ SUPSI, Landquart, Schweiz

⁵ International University of Applied Sciences for Physiotherapy THIM, Landquart, Schweiz

⁶ Hirslanden Klinik Linde, Abteilung Physiotherapie, Biel, Schweiz

⁷ Centre de médecine de l'appareil locomoteur et du sport, Hôpitaux Universitaires de Genève, Suisse

Zusammenfassung

Ein häufiges Beschwerdebild am Bewegungsapparat stellt der anteriore Knieschmerz (AKS) dar. Die Vielzahl beitragender Faktoren, die zum Beschwerdebild führen, erschweren im Alltag das Verständnis für ein gezieltes physiotherapeutisches Behandlungsmanagement. In Bezug auf eine symptomkomplexorientierte physiotherapeutische Versorgung kommt die Frage auf, welche Therapiemethoden bei welchem Beschwerdebild zur Anwendung kommen sollen. Um Therapiemassnahmen ableiten zu können, sind Kenntnisse des Krankheitsbildes und der gewählten Behandlungsmethode essenziell. Die vorliegende Arbeit möchte mit Hilfe eines heuristischen Modells ein Beschwerdebild- und Patienten-adaptiertes Behandlungskonzept vorstellen.

Abstract

A common complaint in the musculoskeletal system is the anterior knee pain (AKP) or the so called patellofemoral pain syndrome (PFPS). The large number of contributing factors that lead to the symptoms make a proper diagnosis and targeted physiotherapeutic treatment management difficult. With regard to symptom-complex-oriented physiotherapeutic care, the question arises as to which therapy methods should be used for individuals with AKP. In order to be able to identify adequate physical therapy methods, an understanding of the clinical condition and the chosen treatment method is essential. This article aims to present a heuristic model of objectives and situational physiotherapeutic treatment methods.

Einleitung

Eine Therapie beginnt mit einer klaren Diagnosestellung und deren Begleiterscheinungen. Stellen sich Personen mit dem Beschwerdebild eines anterioren Knieschmerzes (AKS) vor, so wird dies meist durch die Verwendungen unklarer Sammelbegriffe, wie AKS, patellofemorale Beschwerden oder Chondropathia patellae, verunmöglicht, da sie eine rein Knie-zentrierte Pathologie vortäuschen, was jedoch sehr häufig nicht der Realität entspricht.

Die anatomisch klar lokalisierbaren Diagnosen, wie beispielsweise das jumper's oder runner's knee, entsprechen einer relativ klar zuordenbaren peripatellär schmerzhaften Struktur. Diese Diagnosen und schmerzhaften Punkte können sich in ihrer Entstehung und in ihrem Erscheinungsbild stark unterscheiden, sodass aus unserer Sicht nicht von ein und derselben Pathologie ausgegangen werden kann. Somit wird deutlich, dass eine weitere Ebene notwendig ist, damit eine Behandlungsstrategie vorgeschlagen werden kann.

In der Literatur finden sich verschiedene Klassifizierungsmodelle, welche als Leitlinien dieser Arbeit dienen, die Diagnose als patho-anatomisches und biologisches Modell zu verstehen:

- Willy et al. [1] (2019): funktionelles Defizit-Modell mit vier Untergruppen (overuse / overload, patellofemorales Schmerzsyndrom (PFSS) mit muskulärem Koordinationsdefizit, PFSS mit muskulärem Leistungsdefizit und PFSS mit Beweglichkeitsdefizit)
- Rogan et al. [2] (2018): patho-anatomisches Modell (Instabilität, retropatellarer Knieschmerz, Arthrose)
- Collins et al. [3] (2018): Therapiebezogenes Modell (kombinierte Therapie, Orthesen, Tape/Schiene, zusätzliche Therapie).

Es gilt somit einerseits die schmerzhaft(e)n Struktur(en) zu definieren, deren anatomisch statischen und kinematischen Risikofaktoren zu untersuchen [4] und die individuelle Trainierbarkeit des Patienten zu ermitteln, um einerseits das Auftreten des AKS zu verstehen und andererseits einen Behandlungsvorschlag unterbreiten zu können.

Es wird daher das folgende Modell als Grundlage der konservativen Behandlungsstrategien vorgeschlagen. Als Ursache eines AKS können folgende Situationen vorliegen:

- Strukturelle Überbelastung durch Übertraining (overload)
- Relative, strukturelle Überbelastung durch eine Fehlbelastung (funktionelles Malalignment) oder vorangehendes Schonverhalten ohne morphologisches Korrelat (relative overload)
- Strukturelle Überbelastung, (teilweise) zurückzuführen auf eine morphologische Komponente (patellofemorale Dysplasie und Torsionsanomalie) und pathologisches Patellagleitverhalten (Patella Maltracking)
- Patella-Instabilität mit Patella-Luxation (Patella-Instabilität).

Overload

Prinzipiell ist ein overload individuell festzulegen. Dies erfolgt in Abhängigkeit vom Fitnesszustand des Patienten und der Progression des Belastungsaufbaus. So sollte beispielsweise die Erhöhung des Trainingsumfangs nicht mehr als 10% pro Woche betragen [5]. Zu beachten ist, dass Adaptationsprozesse Zeit brauchen und insgesamt auch Erholung. Dies gilt für die Muskelregeneration und dessen Wachstum sowie auch der Bindegewebsanpassung beispielsweise von Sehnen- und Knorpelgewebe.

Im Laufsport scheint es eine kritische Schwelle der Trainingsbelastung zu geben. So ist die Wahrscheinlichkeit, bei einem Laufpensum von > 32 km pro Woche [6] oder bei > 5 Stunden [7] pro Woche bei Männern wie bei Frauen an Überlastungsbeschwerden zu leiden, um 1.6–2-mal höher. Hierbei kann eine Laufanalyse mit Hilfe der Schrittfrequenz und Schrittlänge helfen. Bramah et al. [8] zeigten bei Ausdauersportlern mit AKS (Laufpensum: 29 km pro Woche) einen positiven Einfluss von hoher Schrittfrequenz bei gleichbleibender Geschwindigkeit auf die Laufkinematik der unteren Extremität, Schmerz und Alltagsaktivität nach drei Monaten auf. Ebenso spielen der Bodenbelag, die Schuhe und womöglich auch die Diversität der Schuhe eine Rolle.

In gewissen Disziplinen muss daher vermehrt auch polysportiv trainiert werden, um den einzelnen physiologischen Komponenten gerecht zu werden. Bei Bedarf können einige Einheiten gelenkschonend durch Aquajogging, Schwimmen oder Wasserbike oder mit einem Anti-Schwerkraft-Laufband ersetzt werden. Gerade im Ausdauer-Laufsport ist aber die Trainierbarkeit der mechanischen Belastung essenziell aber äusserst diffizil, aufgrund dessen der AKS eine dermassen hohe Prävalenz aufweist.

Eine Ursache hierfür kann die Vernachlässigung eines Krafttrainings sein, gemäss dem Motto: «Läufst Du

nur, oder trainierst Du schon?». Ein Augenmerk sollte hier auf die Kräftigung der Rumpf-, Hüftabduktoren- und Wadenmuskulatur gelegt werden, nebst natürlich der aktiven und passiven Fusspflege, auf welche hier nicht weiter eingegangen wird.

Die Behandlung zielt beim overload somit auf die Patientenedukation und die Gestaltung der Trainingsdauer, -intensität und -form ab. Absolut essenziell ist es, hierbei nicht auf das Training vollkommen zu verzichten, da ansonsten eine muskuläre Schwäche durch Muskelfaseratrophie auftreten kann. Primäres Ziel ist der Erhalt der Muskel- und Sehnenstruktur in Bezug auf Dehnfähigkeit und Kraftgenerierung sowie der Gelenkbeweglichkeit. In der Therapie muss der Muskel-/Sehnenbiologie Rechnung getragen werden, um aufgrund einer falschen Belastungsgewichtung/Inaktivität nicht in ein defizitäres Muster eines relativen «overload» zu geraten. Eine medikamentöse Behandlung ist hier meist nicht indiziert oder sogar kontraindiziert, da gerade nicht-steroidale Antirheumatika (NSAR) einen negativen Einfluss auf die Gewebs-Adaptationsprozesse aufweisen [9].

Relative overload

Diese Form von AKS kann auftreten aufgrund:

- einer falschen Belastungsgewichtung oder nach einer falschen Inaktivität (z.B. einer zu raschen Wiederaufnahme der körperlichen Aktivität nach Immobilisation jeglicher Art, wie einem banalen Trauma, postoperativ oder krankheitsbedingt)
- eines falschen und repetitiven Bewegungsablaufs, welcher zu einer strukturellen Überlastung führt (funktionelles malalignment).

Beide Formen können zur Überlastung jeder obig genannten peripatellären Struktur führen.

Insgesamt ist erstere Form mit einem exogenen oder einmalig auftretenden Faktor einfacher zu therapieren als bei einem falsch erlernten Bewegungsablauf (funktionellem Malalignment wie «medial collaps» oder «kneeing-in»), welcher sich ohne klaren Grund oder leicht erhöhtem Trainingsaufwand manifestieren kann.

Nach einer Inaktivitätsperiode kann eine Muskelatrophie, eine veränderte inter- und intramuskuläre Koordination auftreten, daraus resultieren häufig Ausweich- respektive Fehlbewegungen, welche eine lokale Strukturüberlastung hervorrufen können und umgekehrt. Ebenso spielen Angst/ Apprehension in diesem Zusammenhang insbesondere bei Kontakt- und Sprungsportarten eine grosse Rolle [10]. Es gilt somit primär den auslösenden Faktor, unter anderem die Schmerzen, zu behandeln, teils auch medikamentös, sodass der korrekte Bewegungsablauf wieder schmerzfrei durchgeführt werden kann, um den circulus vitiosus zu durchbrechen. Dazu gehört auch die Karenz der schmerzprovozierenden Bewegung [22], mögliche ergänzende physikalische Massnahmen wie Iontophorese [23] oder Ultraschall und Kälteanwendungen [22].

Natürlich muss bei einer strukturellen Verletzung auch der Gewebsheilung genügend Beachtung geschenkt werden.

Um die Trainierbarkeit herzustellen, muss insbesondere die Muskulatur schmerzfrei, dehnfähig und leistungsfähig sein. Faktoren, welche diese Aspekte beeinflussen, sind Muskelverhärtungen, Triggerpunkte oder reduzierte Muskeldehnfähigkeit, nach welchen aktiv gesucht werden muss. Folgende

Therapieansätze können angewendet werden: statische oder dynamische Dehnungen, Faszientherapie oder Triggerpunktbehandlungen. In diesem Zusammenhang gewinnt die Mechanobiologie, welche die Adaptation von Zellen und Gewebe auf Änderung ihrer «mechanischen Umgebung» untersucht, zunehmend an Bedeutung. Dies bedeutet, um die Dehnfähigkeit der Muskulatur zu verbessern, ist die Methodenvielfalt höher gewichtet als eine gewisse Dehnform [11]. So setzt sich ein Dehntraining z.B. aus intermittierenden Dehnungen in verschiedenen Gelenkwinkelstellungen und langsam gehaltene Dehnstellungen bis zur Dehn-Endstellung zusammen. Hierbei gilt, die Dehnung in Bezug auf Geschwindigkeit, Kraft, Dauer zu variieren [11]. Um die Kraft zu steigern, gilt es die Belastungsintensität über 70% des Einwiederholungsmaximums zu wählen, und die Bewegung acht bis zehn Mal in vier bis sechs Sätzen zu integrieren. Die Pause zwischen den Sätzen sollte weniger als zwei Minuten betragen [12]. Zwei Trainingseinheiten pro Woche erscheinen optimal [16]. Insbesondere in der akut schmerzhaften Frühphase sollten Kniegelenks-ferne Kraftereinübungen bevorzugt werden (Rumpf, Hüftabduktoren und -ausenrotatoren). Sukzessive wird die Quadrizepsmuskulatur unter Einbezug biomechanischer Erkenntnisse auftrainiert. Um die retropatelläre Gelenksreaktionskraft gering zu halten, muss zum Teil die Bewegungsamplitude angepasst werden: bei der «leg-extension» zwischen 50 und 90 Grad und der «leg-press» zwischen 0 und 50 Grad [19], wobei erstere eine bis zu 45% stärkere Quadrizepsaktivierung zeigt [20,21]. Bis die Muskulatur jedoch rehabilitiert, trainierbar und in Folge dessen voll belastbar ist, sollte die Bewegungsqualität im Sinne des sensomotorischen Trainings (SMT) auf einer möglichst niederschweligen Intensität erlernt werden. Inhalte eines SMT sind Gleichgewichtsübungen mit oder ohne Dual-Task-Aufgaben, in Kombination mit Koordinations-, Kraft- oder bei bereits geschulter Technik Schnellkraftübungen [13]. Eine lokal-strukturelle Überbelastung sollte dabei möglichst vermieden werden. Beim funktionellen Malalignment muss die funktionelle Kette vom unteren Sprunggelenk bis zur Lendenwirbelsäule aufgebaut werden, da häufig eine vermehrte Hüftadduktion mit einem Tilt des Beckens, Valgisierung im Knie oder eine exzessive Pronation des unteren Sprunggelenkes beobachtet werden kann. Der Aufbau findet meist etappenweise statt, sodass zuerst mono- oder bi-artikulär gearbeitet wird, bis der gesamte Bewegungsablauf zuerst ohne, dann mit Gewichten trainiert werden kann [15]. Eine lokal genügend ausgeprägte Muskulatur und danach mehrgelenkige Koordination sind auch hierzu notwendig, um trainierbar zu sein. Das heisst, zu früh den Bewegungsablauf korrigieren zu wollen bei ungenügender Muskelmasse und lokaler muskulärer Ansteuerung, ist meist zum Scheitern verurteilt. Zum Teil sind externe Hilfen notwendig, wenn auch nur temporär. So bieten Schuheinlagen die Möglichkeit, über die angepasste Fussstellung und somit der Beinachse Einfluss auf das patellofemorale Gleitlager zu nehmen. Knie-Orthesen sind beim funktionellen Malalignment ohne Patella Maltracking nutzlos.

Patella Maltracking

Ein Patella Maltracking ist schwierig zu definieren, da die Definition eines allgemein gültigen «normo-trackings» fehlt. Zudem hat es alleine vorliegend noch keinen Krankheitswert. Bei lang anhaltenden und therapie-refraktären AKS des Typs «overload» oder «relative overload» sind nicht diagnostizierte oder nicht-berücksichtigte Faktoren des Maltrackings jedoch häufig. In der Regel wird von einem Fehlgleiten ausgegangen, wenn die Patella in Strecknähe sich spontan lateralisiert (im Sinne einer funktionellen Lateralisation oder eines J-sign), oder einen lateralen Tilt aufweist, d.h. nach lateral abkippt. Weitere Formen sind möglich, aber weitaus weniger häufig. Zugrunde liegt allermeist eine zu hochstehende Patella

(patella alta), eine Dysplasie des patellären Gleitlagers (Trochleadysplasie) oder auch Torsions- und Achsenabweichungen, wobei letztere hauptsächlich im Stehen zum Vorschein kommen. Diese wird daher auch strukturelles Malalignment genannt. Gute Kenntnisse der patellofemorale Bildgebung sind daher unerlässlich. Ein Maltracking kann bei nahezu jeglicher Form des AKS vorliegen, so beispielsweise beim jumper's und runner's knee, dem Plica Syndrom sowie dem lateralen Hyperkompressions-Syndrom. Die Behandlungsstrategie kann von derjenigen des «relative overload» abgeleitet werden, wobei die Trainierbarkeit, die Bewegungsanalyse und die lokal schmerzhafte Struktur im Zentrum stehen. Die auslösenden Faktoren sollten mit geeigneten Bewegungsübungen adressiert werden, insbesondere, um einer Dekonditionierung auch der umliegenden Gelenke entgegenzuwirken. Neben der Beachtung des funktionellen Malalignment (Beinachse, Becken-Hüfte- Knie-unteres Sprunggelenk) muss bei dieser Form auch das strukturelle Malalignment bei Patella Maltracking meist jedoch nur temporär angegangen werden. Dies kann über eine spezielle Kniegelenksorthese oder eine geeignete Tapeapplikation erfolgen. Auch hier gilt jedoch, dass eine alleinige klassische Medialisation (z.B. nach McConnell) nicht zielführend ist [14]. Es gilt das 'Test, Treat and Re-Test'-Prinzip. Gerade bei einer Patella alta, und einer häufig assoziierten schmerzhaften proximalen Patellarsehne im Sinne eines Jumper's knee, muss paradoxerweise die Patella proximalisiert werden, damit eine Vorspannung über das Tape auf die Patellarsehne gegeben werden kann, um die Schmerzen des Patienten zu lindern. Orthesen sind einfach anzubringen, aber leider schwierig, patientengerecht anzupassen.

Das häufig erwähnte Ungleichgewicht zwischen dem medialen und lateralen Anteil des Quadrizepsmuskel [17], kann gemäss der aktuellen Literatur nicht angegangen werden. Eine systematische Literaturübersichtsarbeit konnte ein isoliertes Auftrainieren des M. vastus medialis oder vastus medialis obliquus elektrophysiologisch nicht bestätigen [18], zudem haben die beschriebenen Kräftigungsprogramme keinen Einfluss auf das Patella maltracking zeigen können.

Patella-Instabilität

Die Therapie nach einer Patella-Luxation richtet sich nicht nur an das Kniegelenk, sondern schliesst den Rumpf, die Hüfte und den Fuss mit ein. Empfehlenswert sind Beinachsenübungen in geschlossener Kette, welche sensomotorische Trainingskomponenten (z.B. Gleichgewichtsübungen) enthalten. Neueste Untersuchungen zum Gleichgewichtstraining empfehlen eine Kombination aus vier verschiedenen Übungen [24,25]:

- Übungen im Stand mit graduell instabiler werdender Unterstützungsfläche (z.B. vom Zweibeinstand über Semi- Tandemstand und Tandemstand zum Einbeinstand),
- Übungen sollten dynamische und reaktive Bewegungen enthalten, bei denen der Körperschwerpunkt aus dem Lot gebracht wird (z.B. Drehungen)
- relevante Muskelgruppen faszilitieren (z.B. Fersenstand, Zehenstand) und
- Variation des sensorischen Inputs (z.B. «Dual-Tasking», Stehen mit geschlossenen Augen)

Die Dauer jeder Übung sollte maximal 40 Sekunden betragen [26]. Der Trainingsumfang beträgt 15 Minuten und ein Gleichgewichtstraining sollte zwei- bis dreimal wöchentlich durchgeführt werden [26,27]. Die Übungen können durch Tapeverbände oder Rezentrierungsorthesen unterstützt werden. In der Regel gilt jedoch, dass eine rezidivierende Patella-Luxation insbesondere bei jugendlichen Patienten durch rein

konservative Massnahmen kaum stabilisiert werden kann, und eine chirurgische Behandlung notwendig ist.

Schlussfolgerung

In der Wahl der Behandlungsstrategie des AKS sind die begleitenden Faktoren wie die Trainierbarkeit, lokale Überlastung mit oder ohne Fehlbewegungen, patelläres Maltracking und Patella-Instabilität bedeutend wichtiger als die schmerzhaft, anatomische Struktur selbst. Es kommen daher meist edukative und aktive Massnahmen wie Beinachsentraining, Krafttraining der Rumpf-, Hüft- und Quadrizepsmuskulatur im Sinne eines Hypertrophie-/Muskelquerschnittstrainings und Beweglichkeitstrainings zum Zuge, wie auch passive Therapieformen. Die Evidenz jeder einzelnen Therapieform ist aufgrund der Komplexität der Problematik gering. Insbesondere in den hartnäckigen Fällen wird nach dem Prinzip «Treat what you find» behandelt.

Practical implications

- Die Trainierbarkeit der Muskulatur ist beim AKS eine Grundvoraussetzung der aktiven Therapie und soll bei schmerzhaften peripatellären Strukturen zuerst kniegelenksfern beübt werden (Rumpf, Hüftabduktoren und -ausserrotatoren).
- Zur Wiederherstellung/Aufrechterhaltung des funktionellen Alignment erfolgt ein Beinachsentraining mit Schwerpunkt auf die Aktivierung der Hüftabduktoren.
- Eine gute Grundkenntnis der strukturellen und funktionellen patellofemorale Einheit ist essenziell, um eine patienten- und problemorientierte Behandlungsstrategie aufstellen zu können.

Korrespondenzadresse

Slavko Rogan
Berner Fachhochschule,
Departement Gesundheit
Murtenstrasse 10
3008 Bern, Schweiz
Tel. +41 31 848 35 56
slavko.rogan@bfh.ch



References

1. Willy RW, Högglund LT, Barton CJ, Bolgla LA, Scalzitti DA, Logerstedt DS, et al. Patellofemoral Pain: Clinical Practice Guidelines Linked to the International Classification of Functioning, Disability and Health From the Academy of Orthopaedic Physical Therapy of the American Physical Therapy Association. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2019;49(9):CPG1-CPG95.
2. Rogan S, Taeymans J, Clijisen R, Hähni M. Analyse und Therapie des schmerzhaften Patellofemoralegelenks. *Manuelletherapie*. 2018; 22(03):118-23.
3. Collins NJ, Barton CJ, Van Middelkoop M, Callaghan MJ, Rathleff MS, Vicenzino BT, et al. 2018 Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual

- therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Gold Coast, Australia, 2017. *Br J Sports Med.* 2018;52(18):1170-8.
4. Witvrouw E, Werner S, Mikkelsen C, Van Tiggelen D, Berghe LV, Cerulli G. Clinical classification of patellofemoral pain syndrome: guidelines for non-operative treatment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2005;13(2):122-30.
 5. Murray A. Managing the training load in adolescent athletes. *International journal of sports physiology and performance.* 2017;12(s2):S2-42.
 6. Hootman J, Macera C, Ainsworth B, Martin M, Addy C, Blair S. Predictors of lower extremity injury among recreationally active adults. *Clinical Journal of Sport Medicine.* 2002;12(2):99-106.
 7. Taunton J, Ryan M, Clement D, McKenzie D, DR. L-S, Zumbo B. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *British Journal of Sports Medicine.* 2002;36(2):95-101.
 8. Bramah C, Preece SJ, Gill N, Herrington L. A 10% Increase in Step Rate Improves Running Kinematics and Clinical Outcomes in Runners With Patellofemoral Pain at 4 Weeks and 3 Months. *The American journal of sports medicine.* 2019:0363546519879693.
 9. Tscholl PM, Gard S, Schindler MA. "A sensible approach to the use of NSAIDs in sports medicine". *Swiss Sports Exerc Med.* 2016; 65(2):15-20.
 10. Rogan S, Taeymans J. Sport hilft bei muskuloskelettalen Schmerzen. *Der Schmerzpatient.* 2019;2:120-5.
 11. Kremer B. Dehninterventionen im Spannungsfeld historischer Entwicklung, ritualisierter Anwendung, Meisterlehre und Wissenschaft – Eine Bestandsanalyse: KIT Scientific Publishing; 2019.
 12. Rogan S, Taeymans J, Hilfiker R, Baur H. Overview of musculoskeletal mechanobiology: Interpretation of muscle adaptation behavior after muscle strength training. Bjelca D, editor. Dubrovnik: Montenegrin Sports Academy & University of Montenegro; 2020.
 13. Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Dose-response relationships of balance training in healthy young adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine.* 2015;45(4):557-76.
 14. Jayaseelan DJ, Scalzitti DA, Palmer G, Immerman A, Courtney CA. The effects of joint mobilization on individuals with patellofemoral pain: a systematic review. *Clinical rehabilitation.* 2018;32(6):722-33.
 15. Tittel K. Beschreibende und funktionelle Anatomie: Kiener; 2012.
 16. Borde R, Hortobágyi T, Granacher U. Dose–response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine.* 2015;45(12):1693-720.
 17. Weh L, Eickhoff W. Innervationsstörungen des Musculus quadriceps bei Chondropathia patellae. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete.* 1983;121(02):171-6.
 18. Mirzabeigi E, Jordan C, Gronley JK, Rockowitz NL, Perry J. Isolation of the vastus medialis oblique muscle during exercise. *The American journal of sports medicine.* 1999;27(1):50-3.
 19. Bizzini M, Biedert R, Maffiuletti N, Impellizzeri F. Biomechanische Aspekte in der Rehabilitation des Patellofemoralgelenks. *Der Orthopäde.* 2008;37(9):864-71.
 20. Groot ES, Suntay WJ, Noyes FR, Butler D. Biomechanics of the knee-extension exercise. Effect of cutting the anterior cruciate ligament. *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 1984;66(5):725-34.
 21. McGinty G, Irrgang JJ, Pezzullo D. Biomechanical considerations for rehabilitation of the knee. *Clinical Biomechanics.* 2000;15(3):160-6.
 22. Lukas C, Fehske K. Das Patellaspitzensyndrom im Sport. *Sports Orthopaedics and Traumatology.* 2016;32(4):349-54.
 23. de Bruin ED, Mangold S, Menzi C. Evidenzbasierte Beurteilung der konservativen Behandlungsmöglichkeiten des Patellaspitzensyndroms. *Sportverletzung: Sportschaden.* 2003;17(04):165-70.
 24. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Singh MAF, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. Exercise and physical

- activity for older adults. *Medicine & science in sports & exercise*. 2009;41(7):1510-30.
25. Muehlbauer T, Roth R, Bopp M, Granacher U. An exercise sequence for progression in balance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(2):568-74.
 26. Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Effects of balance training on balance performance in healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*. 2015;45(12):1721-38.
 27. Gebel A, Lesinski M, Behm DG, Granacher U. Effects and dose-response relationship of balance training on balance performance in youth: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2018;48(9):2067-89.
 28. Gautschi R. *Manuelle Triggerpunkt-Therapie* Stuttgart, Deutschland: Thieme; 2018. 728 p.
 29. Mucha C. *Physikalische Maßnahmen in der Schmerztherapie des Bewegungsapparats*. *Erfahrungsheilkunde*. 2010;59(03):130-7.

ANTERIOR KNEE PAIN MALALIGNMENT OVERUSE PATELLOFEMORAL PAIN SYNDROME PHYSICAL
THERAPY STRENGTH EXERCISE