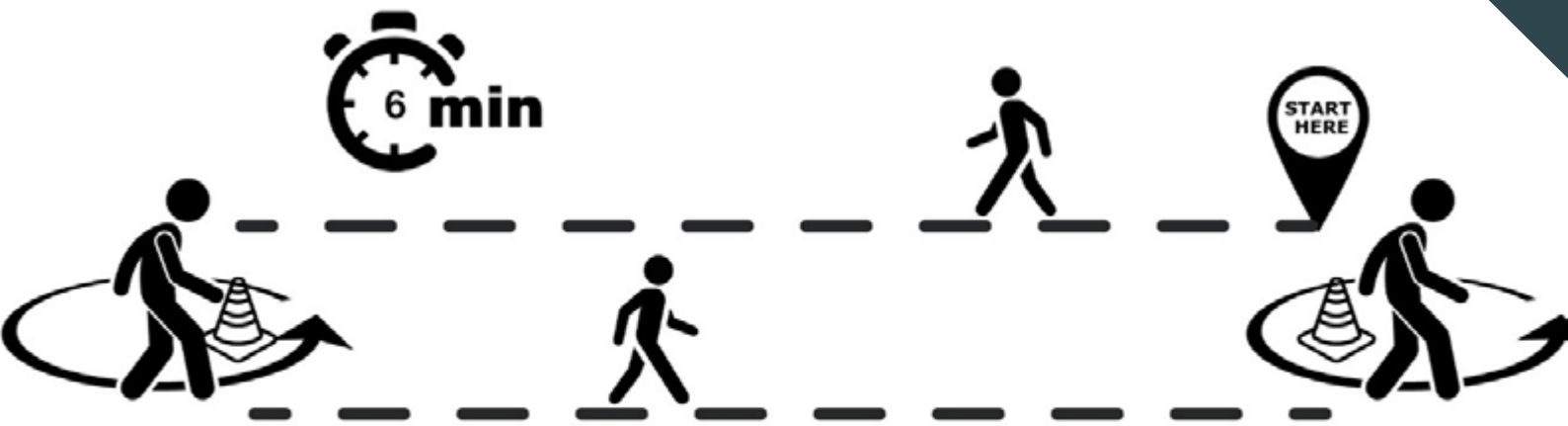
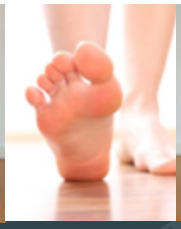
02
2024

RehaTrain

Zeitschrift für Prävention, Rehabilitation und Trainingstherapie





Kreuz und Quer

» Psychologische Flexibilität
» diagnostischer muskuloskeletaller Ultraschall
» Foot-Core-System
» Timed-up-and-go

Osteopathieausbildung

inklusive möglicher Zertifikate:
- Manuelle Therapie
- Krankengymnastik am Gerät
- Vorbereitung auf die große Heilpraktikerprüfung

in München und Stuttgart

+49 175 1202791
info@digotor.info
www.digotor.info
www.facebook.com/digotor.info
www.instagram.com/digotor.fortbildungen

DIGOTOR

Inhaltsverzeichnis

Editorial	Maike Küstner	4
Das Journal	Katrin Veit	6
Psychologische Flexibilität	Tamara Renzhofer	12
Nutzen des diagnostischen muskuloskelettalen Ultraschalls	Marc Kwidzinski	20
Foot-Core-System	Patrick Hartmann	40
Der Test Timed-up-and-go	Katrin Veit	48

20. Symposium SSMT 2024

Swiss Sports Medicine for Tennis
Konservative Orthopädie: Knie
Hands on mit Evidenz in der Hinterhand?

Mittwoch, 23. Oktober 2024
Haus der Wirtschaft, Pratteln Schweiz

Das SSMT-Symposium findet seit 2003 statt und bietet ExpertInnen und interessierten Kreisen; v.a. PhysiotherapeutInnen, ÄrztInnen, TrainerInnen und sport-medizinisch interessierten Fachpersonen, mit Fachreferaten, Workshops und Ständen einen kommunikativen Erfahrungs- und Gedankenaustausch im Umfeld der Swiss Indoors Basel. Ein anschliessender Besuch der Tennismatches zu ermässigten Konditionen ist möglich.

save the date

ssmt-tennis.ch | sart.ch

SART aktiv vernetzt

Editorial

Geduld ist, darauf zu vertrauen, dass Alles kommt. wenn die Zeit reif ist.
In diesem Sinne hat das Warten ein Ende.

Hier kommt die Rehatrain 02/2024

Liebe Leserinnen und Leser,

Gleich zu Beginn greift Katrin Veit im **„Journal“** ein sehr interessantes und stets aktuelles Thema auf. Ihr könnt gespannt sein, zu welchem Ergebnis sie kam im Hinblick auf „ **Degenerativer Meniskusriss: Übungstherapie vs. Meniskektomie“.**

Die Verfasserin des 1. Hauptartikels ist Tamara Renzhofer. Mit ihrem Artikel **„Psychologische Flexibilität in der Physiotherapie - Eine Einführung in die Akzeptanz- und Commitment-Therapie“** gewährt sie einen Blick über den Tellerrand der Physiotherapie hinaus.

Als 2. Hauptartikel dürfen wir exklusiv die Arbeit von Marc Kwidzinski veröffentlichen. In seinem pragmatischem Review beschäftigt er sich mit dem **„Nutzen des diagnostischen muskuloskelettalen Ultraschalls in der Rehabilitation von Muskelverletzungen“**.

Der letzte Hauptartikel wurde von Patrick Hartmann verfasst. Es handelt sich dabei um eine Zusammenfassung zweier Arbeiten von *McKeon* und Team und einer Erläuterung zum **„Foot-Core-System.**

„Der Test“in der aktuellen Ausgabe ist der **„timed-up-and-go“**-Test. Katrin Veit hat euch zum Abschluss alle wichtigen Fakten dazu zusammengefasst.

Viel Spaß beim Lesen!

Euer DIGOTOR - Team

Meng J, Tang H, Xiao Y et al. Long-term effects of exercise therapy versus arthroscopic partial meniscectomy for degenerative meniscal tear: A meta-analysis of randomized controlled trials. Asian J Surg. 2024; S1015-9584 (24): 00525-6.

Einleitung

Etwa 25% der Menschen im Alter über 50 Jahren leiden unter Knieschmerzen aufgrund degenerativer Knieerkrankungen *(Nguyen et al. 2011; Turkiewicz et al. 2015)*. Meniskusrisse können als Folge des degenerativen Prozesses im Kniegelenk auftreten und sind in der genannten Altersgruppe sehr verbreitet, wie die Bildgebung zeigt, die bei 35% der Betroffenen über 50 Jahren einen Meniskusriss nachweist *(Englund et al. 2008)*. Degenerative Meniskusrisse können Schmerzen auslösen, die Lebensqualität beeinträchtigen und ein höheres Risiko einer Arthroseentwicklung bergen. Die arthroskopische partielle Meniskektomie ist einer der häufigsten Eingriffe in der orthopädischen Chirurgie. Dieser Eingriff und Trainingstherapie sind zwei gängige Behandlungsmethoden für degenerative Meniskusrisse. Die optimale Behandlung des degenerativen Meniskusrisses ist jedoch weiterhin umstritten.

Methodik

Um die Langzeitergebnisse der beiden genannten Behandlungsmethoden zu vergleichen, führte das chinesische Forscherteam eine Meta-Analyse randomisierter kontrollierter Studien (RCTs) mit Langzeitnachbeobachtung durch. Die Metaanalyse wurde in Übereinstimmung mit den PRISMA- (Preferred Reported Items for Systematic Reviews and Metaanalysis) und AMSTAR- (Assessing the Methodological Quality of Systematic Reviews) Richtlinien durchgeführt. Die Forschenden suchten in den Datenbanken PubMed, Cochrane Library, Embase und Web of Science nach Studien zu degenerativen Meniskusrissen, in denen die klinischen Ergebnisse zwischen arthroskopischer partieller Meniskektomie und Trainingstherapie verglichen wurden. Das subjektive Outcome war der Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS-Fragebogen), der aus fünf Unterskalen besteht: Schmerzen, Symptome, Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL), Sport/Freizeit und Lebensqualität (QOL). Das objektive Ergebnis umfasste das Fortschreiten der Gonarthrose mittels Kellgren-Lawrence- oder Ahlbäck-Klassifikation (wenn die Röntgenuntersuchung eine Verschlechterung um mindestens einen Grad hervorbrachte). Alle Studien wurden über einen Zeitraum von 5 Jahren nachverfolgt.

Ergebnisse

Im Rahmen der Literaturrecherche wählten die Forschenden 6 potenziell geeignete Studien mit 1078 Teilnehmenden aus. Alle Studien wurden 5 Jahre lang nachbeobachtet.

In den verschiedenen Studien variierten die Dauer und die Häufigkeit der Übungen zwischen den Gruppen und reichten von 6–12 Wochen bzw. von 2–5-mal pro Woche. Die Trainingstherapie basierte in erster Linie auf einem Heim-Übungsprogramm. Es umfasste Übungen zur Steigerung der Muskelkraft und -ausdauer, zur Verbesserung der Beweglichkeit sowie zur Verbesserung von Gleichgewicht und Propriozeption. Das detaillierte Übungsprotokoll für jede Studie wird in Tabelle1 dargestellt.

Autor*innen	Übungen	Woche/ Phase	Dosis
Herrlin et al. 2013	Fahrradergometer	0.- 8. Woche	7-15 Min
	Fersenheben (Sitz, Stand, einbeinig…)	1.-4. Woche: Sitz 4.-8. Woche: Stand	3 x 10 Wdh.
	Beinpresse	1.-4. Woche	3 x 10 Wdh.
	Ausfallschritte (< 80° Knieflexion; mit oder ohne Gewichte)	4.-8. Woche	3 x 10 Wdh.
	Isolierte progressive Knieextensions- und -flexionskraftübungen	1.-4. Woche: konzentrisch beidbeinig & exzentrisch einbeinig 4.-8. Woche: einbeinig	3 x 10 Wdh.
	Treppensteigen und Balanceübungen	0.-8. Woche	3 Min
	Joggen, Sprünge, Landungen	0.-8. Woche	5 Min
	Beweglichkeitsübungen für Knieextensoren und -flexoren	0.-8. Woche	1 Min / Muskelgruppe
Sihvonen et al. 2020	4 verschiedene einfache isometrische Knieextensions- und -flexionsübungen in RL, Sitz, Stand		5 x / Woche (pro Trainingseinheit 10-15 Min)
Berg et al. 2020	Fahrradergometer		20 Min
	(einbeinige) Kniebeugen		3 x 10 Wdh.
	Step up		3 x 10 Wdh.
	Gleichgewichtsübungen mit oder ohne Wackelkissen mit Zugband am Knie		3 x 10 Wdh.
	Knieflexionskraftübungen mit Gymball		3 x 8 Wdh.
	einbeinige Beinpresse, Knieflexions- und Knieextensionskraftübungen am Gerät		2-4x 6-15 Wdh. (+2)
	Skater Sprünge		3 x 10 Wdh.
	Sprünge re/li & vor/ zurück		3 x 3 Runden

Autor*innen	Übungen	Woche/ Phase	Dosis
Katz et al. 2020	Ziele: Entzündungsmanagement Wiederherstellung aktives/passives ROM neuromuskuläre Re-Edukation M. quadriceps	Phase 1: akute Phase (0-10. postoperativer Tag) Betroffene müssen bestimmte Kriterien erfüllen, um Übungen der jeweiligen nächsten Phase machen zu dürfen	
	Ziele: Wiederherstellung Muskelkraft und -ausdauer schmerzfreies volles ROM Rückkehr zu funktionellen Aktivitäten Hinkmechanismen minimieren	Phase 2: subakute Phase (10. postoperativer Tag – 4 Wochen post-OP)	8 verschiedene Übungen 1-2 Serien 12-15 Wdh.
	Ziele: Wiederherstellung Muskelkraft und -ausdauer schmerzfreies volles ROM Rückkehr zum Sport	Phase 3: fortgeschrittene Aktivitätsphase (4.-7. post-operative Woche)	8 verschiedene Übungen 1-2 Serien 12-15 Wdh.
Noorduyn et al. 2022	ähnliches Programm wie Herrlin et al. 2013	ähnliche Progression wie Herrlin et al. 2013	3 x 12 Wdh.
	zusätzlich Crosstrainer als kardiovaskuläres Training und Cool-Down		10 Min oder länger
Sonesson et al. 2020	Fitnessstudio Übungen	Alternative: Heimübungen	
	Fahrradergometer	schnelles Walking 20-30 Min	Phase 1 und 2	15 Min
	Beinpresse	Kniebeugen	Phase 1 Phase 2	2 x 10 Wdh. 3 x 10 Wdh.
	Hüftgelenksadduktion	Brücke	Phase 1 Phase 2	2 x 10 Wdh. 3 x 10 Wdh.
	Hüftgelenksabduktion	einbeinige Brücke mit Ball zwischen Beinen und ein Bein in die Luft strecken	Phase 1 Phase 2	2 x 10 Wdh. 3 x 10 Wdh.
	Fersenheben	Fersenheben	Phase 1 Phase 2	2 x 10 Wdh. 3 x 10 Wdh.
	Kniebeugen mit Gymball an der Wand	Wall-Squat	Phase 1 Phase 2	2 x 10 Wdh. 3 x 10 Wdh.
	Einbeinstand auf Wackelbrett	Einbeinstand auf Kissen	Phase 1 Phase 2	3 x 20 Sek 3 x 30 Sek

Tabelle 1: Jeweilige Trainingsprogramme und -parameter der eingeschlossenen Studien

Die Trainingstherapie zeigte ein geringeres Risiko für das Fortschreiten der Gonarthrose im Vergleich zur arthroskopischen partiellen Meniskektomie (RR 1,27; 95%CI 1,05 bis 1,53). Es gab keine statistisch signifikanten Unterschiede im KOOS-Schmerz, KOOS-Symptome, KOOS-ADL, KOOS-Sport/Freizeit und KOOS-QOL zwischen den beiden Behandlungsmethoden. Der Wert "RR" (relatives Risiko) von 1,27 deutet darauf hin, dass die Trainingstherapie ein um 27% geringeres Risiko für das Fortschreiten der Gonarthrose im Vergleich zur arthroskopischen partiellen Meniskektomie aufweist.

Diskussion

Die Studie liefert robuste Erkenntnisse über die langfristigen klinischen Auswirkungen der beiden Behandlungen, weshalb Gesundheitsdienstleistende das potenzielle Risiko der arthroskopischen partiellen Meniskektomie vorsichtig abwägen sollten. In Anbetracht des höheren Arthroserisikos wird die arthroskopische partielle Meniskektomie zunächst nicht empfohlen. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse sollten Betroffene, die auf eine konservative Behandlung nicht ansprechen, über die mit einer arthroskopischen partiellen Meniskektomie verbundenen Risiken informiert werden,

bevor eine chirurgische Behandlung in Betracht gezogen wird *(Avila et al. 2022)*.

Die vorliegende Studie weist jedoch einige Limitationen auf: Erstens nutzte die Metaanalyse nur zwei Outcome Parameter. In Zukunft sollten umfassendere und objektivere Parameter eingesetzt werden, um die klinischen Ergebnisse der beiden Behandlungsmethoden zu vergleichen. Zweitens war die Zahl der eingeschlossenen Studien (n = 6) gering. In Anbetracht der Tatsache, dass nur wenige Studien in die Analyse einbezogen wurden, ist das Ergebnis mit Vorsicht zu interpretieren. Es werden mehr hochwertige RCTs benötigt, um die Auswirkungen der beiden Behandlungsmethoden umfassender zu vergleichen.

Konklusion

Bei der Behandlung eines degenerativen Meniskusrisses zeigte die Trainingstherapie ein geringeres Risiko für das Fortschreiten der Gonarthrose als die arthroskopische partielle Meniskektomie. Beide Interventionen hatten vergleichbare Auswirkungen auf die subjektiven Ergebnisse, einschließlich Schmerzmanagement und Kniefunktion. Daher wird die arthroskopische partielle Meniskektomie nicht empfohlen, sondern vielmehr eine Trainingstherapie zur Behandlung von degenerativen Meniskusrissen.

Katrin Veit
katrin.veit.1989@gmail.com

Literatur

Avila A, Vasavada K, Shankar DS et al. Current controversies in arthroscopic partial meniscectomy. Current reviews in musculoskeletal medicine. 2022; 15 (5): 336e343.

Berg B, Roos EM, Englund M et al. Development of osteoarthritis in patients with degenerative meniscal tears treated with exercise therapy or surgery: a randomized controlled trial. Osteoarthritis Cartilage. 2020; 28 (7): 897e906.

Englund M, Guermazi A, Gale D et al. Incidental meniscal findings on knee MRI in middle-aged and elderly persons. N Engl J Med. 2008; 359 (11): 1108e1115.

Herrlin SV, Wange PO, Lapidus G et al. Is arthroscopic surgery beneficial in treating non-traumatic, degenerative medial meniscal tears? A five year follow-up. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc: official journal of the ESSKA. 2013; 21(2): 358e364.

Katz JN, Shrestha S, Losina E et al. Five-year outcome of operative and nonoperative management of meniscal tear in persons older than forty-five years. Arthritis Rheumatol. 2020; 72 (2): 273e281.

Nguyen US, Zhang Y, Zhu Y et al. Increasing prevalence of knee pain and symptomatic knee osteoarthritis: survey and cohort data. Ann Intern Med. 2011; 155 (11): 725e732.

Noorduyn JCA, van de Graaf VA, Willigenburg NW, et al. Effect of physical therapy vs arthroscopic partial meniscectomy in people with degenerative meniscal tears: five-year follow-up of the ESCAPE randomized clinical trial. JAMA Netw Open. 2022; 5 (7): e2220394.

Sihvonen R, Paavola M, Malmivaara A et al. Arthroscopic partial meniscectomy for a degenerative meniscus tear: a 5 year follow-up of the placebo-surgery controlled FIDELITY (Finnish Degenerative Meniscus Lesion Study) trial. Br J Sports Med. 2020; 54 (22): 1332e1339.

Sonesson S, Kvist J, Yakob J et al. Knee arthroscopic surgery in middle-aged patients with meniscal symptoms: a 5-year follow-up of a prospective, randomized study. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2020; 8 (1): 2325967119893920.

Turkiewicz A, Gerhardsson de Verdier M, Engström G et al. Prevalence of knee pain and knee OA in southern Sweden and the proportion that seeks medical care. Rheumatology. 2015; 54 (5): 827e835.

Eine Einführung in die Akzeptanz- und Commitment-Therapie

Einführung

Das biopsychosoziale Modell ist heute weitgehend als Grundlage in der Therapie von muskuloskelettalen Beschwerden anerkannt *(Gatchel et al. 2014)*. Es erfasst Schmerz und Funktionsstörungen als komplexe und dynamische Systeme aus physiologischen, psychologischen, sozialen und anderen Kontextfaktoren, die weit über das biomedizinisch-pathologische Verständnis hinausreichen, bei der Entwicklung von persistierenden Problemen aber entscheidend sein können *(Gatchel et al. 2014, Keefe, Main&George 2018)*. Inzwischen gibt es eine Vielzahl von Belegen, dass psychosoziale Faktoren für das individuelle Outcome bei muskuloskelettalen Erkrankungen und Traumata eine Rolle spielen. Die Rückkehr zur Arbeit nach akutem Trauma kann durch psychologische Einflussgrößen wie Selbstwirksamkeit, Erwartungen zur Genesung, katastrophisierende Gedanken und mentale Gesundheit im Allgemeinen erheblich beeinflusst werden *(Duong et al. 2022)*, Psychologische Faktoren sind im Sport mit dem Verletzungsrisiko, Erholungsfähigkeit und erfolgreichem Return to Competition nach Trauma assoziiert *(Grunberg, Doorley&Barry 2024)*. Beim persistierenden muskuloskelettalen Schmerz haben psychologische Faktoren, insbesondere Angst, wahrscheinlich den größten Einfluss auf die Wahrnehmung, Verarbeitung, Interpretation und den Umgang mit der persönlichen Schmerzerfahrung *(Martinez-Calderon et al. 2019*). Schmerzbezogene Ängste und Katastrophisieren sind mit vergrößertem Schmerzempfinden und höherer Funktionseinschränkung assoziiert *(Martinez-Calderon et al. 2019, Casey et al. 2024)*.
Um diesem Umstand im therapeutischen Alltag Rechnung zu tragen, ist das Interesse an psychologisch informierter Therapie in den letzten Jahrzehnten enorm gewachsen. Der Fokus liegt dabei darauf, dysfunktionales Schmerzverhalten bei Patient*innen aufzudecken, um mit den dahinterliegenden psychologischen Faktoren adaquät umzugehen und einen optimalen Therapieverlauf zu unterstützen. Die am häufigsten eingesetzten Techniken umfassen Edukation, Stressreduktion, Strategien aus der kognitiven Verhaltenstherapie und aus neueren Strömungen der Verhaltenstherapie, die einem aktiven und selbstwirksamen Umgang mit Schmerz und Funktionsstörung dienen sollen *(Keefe, Main&George 2018)*. Eines dieser Konzepte, das in der Literatur zunehmend Aufmerksamkeit bekommt, ist die Akzeptanz und Commitment-Therapie (ACT). In neueren Metaanalysen und systematischen Reviews hat sich ACT bei chronischem Schmerz bezüglich Lebensqualität, Schmerzintensität und Funktion als effektiv herausgestellt *(Ma, Yuen&Yang 2023, McCracken, Yu&Vowles 2022, Du et al. 2021)* und ist in Bezug auf Schmerzakzeptanz, Schmerzbeeinträchtigung und Angst anderen Ansätzen möglicherweise sogar überlegen *(Ma, Yuen&Yang 2023, Hughes et al. 2017).* Darüber hinaus gibt es solide Evidenz für deren Wirksamkeit bei zahlreichen psychiatrischen, körperlichen- und Suchterkrankungen *(Gloster et al. 2020)*.

Dieser Artikel behandelt folgende Fragen: Was ist die Akzeptanz- und Commitment-Therapie? Was sind ihre Kerninhalte? Welche Relevanz hat ACT für die Physiotherapie?

Was ist die Akzeptanz und Commitment-Therapie?

Die Akzeptanz und Commitment-Therapie (Acceptance and Commitment Therapy, ACT) ist ein achtsamkeitsbasierter Ansatz und zählt zur sogenannten „dritten Welle“ der Verhaltenstherapie *(Hayes et al. 2006)*. Sie wurde in den 1980er-Jahren in der Gruppe um den US-amerikanischen Psychologen Steven Hayes entwickelt. Im Zentrum des transdiagnostischen Modells *(Le Borgne et al. 2017)* steht der Aufbau eines sinnerfüllten und werteorientieren Lebens, während ein effektiver Umgang mit unangenehmen, leidvollen Erfahrungen, die untrennbar zum menschlichen Leben gehören, etabliert wird *(Godbee & Kangas 2020)*.

Während traditionelle Verhaltenstherapiekonzepte darauf abzielen, den Inhalt von katastrophisierenden Gedanken, Bewegungsangst und weiteren dysfunktionalen Kognitionen zu verändern, geschieht die Verhaltensmodifikation in der ACT durch die Förderung psychologischer Flexibilität *(Veehof et al. 2016).* Psychologische Flexibilität bedeutet, sich dem inneren Erleben - Emotionen, Gedanken, Körperempfindungen – mit Offenheit und Bereitschaft zuzuwenden, ohne etwas daran zu verändern, ihre vorübergehende Natur anzuerkennen und sich in deren Anwesenheit weiter in Richtung der eigenen wertgerichteten Ziele zu bewegen (*Tatta, Willgens&Palombaro 2022)*. Zur Förderung der psychologischen Flexibilität werden in der ACT sechs psychologische Kernprozesse eingesetzt.

Die sechs Säulen der ACT

Akzeptanz: Akzeptanz bedeutet, die persönliche Erfahrung direkt und unmittelbar wahrzunehmen. Versuche, das innere Erleben (beispielsweise körperlicher Schmerz, Sorgen oder Angst) in seiner Intensität, Häufigkeit, Dauer oder Form zu verändern, werden unterlassen (*Hayes et al. 2006)*.

Kognitive Defusion: Kognitive Defusion hat zum Ziel, flexibel mit kognitiven Prozessen umzugehen, anstatt sich mit ihnen zu identifizieren. Kognitionen sollen in ihrem eigentlichen Sinn – Konstruktionen aus Worten und Bildern *(Harris 2020*) – erkannt, in einen neuen Kontext gestellt und so entkräftet werden, wenn sie einem wertebasierten Verhalten im Weg stehen. In der Fachliteratur sind dazu viele verschiedene Techniken angeführt. Zu den wichtigsten gehören: Gedanken umformulieren, verzerren oder verfremden; Gedanken achtsam wahrnehmen und an sich vorbeiziehen lassen; dem Verstand für den hervorgebrachten Inhalt danken; Bilder auf einem vorgestellten Fernseher vor sich ablaufen lassen; sich fragen, ob dieser Gedanke hilfreich ist; und viele mehr *(Harris 2020, Hayes et al. 2006).*

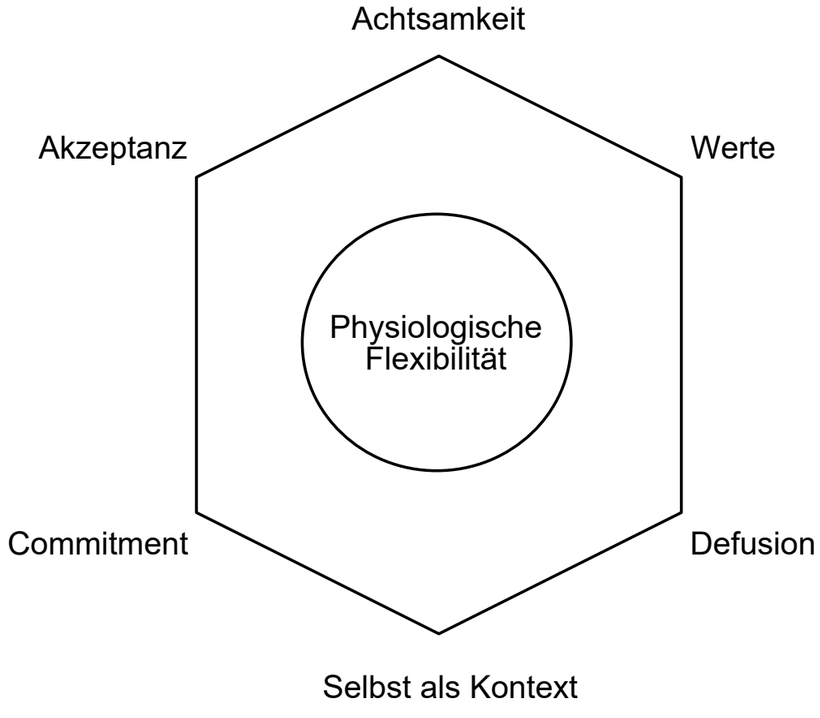
Achtsamkeit: Der Ursprung von Achtsamkeit wird in unterschiedlichen religiösen Traditionen verortet. In der westlichen Psychologie haben vor allem die buddhistischen Umsetzungen Einzug gefunden *(Harris 2020).* Achtsamkeit beschreibt die Fähigkeit, den gegenwärtigen Moment direkt und mit Offenheit, Neugier und Akzeptanz wahrzunehmen *(Bishop et al. 2004)*. Hervorgehoben wird dabei die nicht-wertende Haltung, mit der eine Person ihren Fokus auf Erfahrungen im Inneren oder in der unmittelbaren Umgebung richtet *(Hayes et al. 2006).* Achtsamkeit versteht sich als ein Prozess der Aufmerksamkeit, nicht des Denkens *(Harris 2020)*. Dabei soll, unabhängig von der Qualität der Erfahrung – angenehm oder unangenehm — ein freundlicher, zugewandter Umgang kultiviert werden *(Harris 2020)*. Achtsamkeit kann unter anderem das mit chronischen Schmerzen assoziierte Stressempfinden vermindern *(Veehof et al. 2016).*

Selbst als Kontext: Um „Selbst als Kontext“ verständlich zu machen, ist es notwendig, einen näheren Blick auf die der ACT zugrunde liegende Bezugsrahmentheorie zu werfen. Sie geht davon aus, dass menschliches Verhalten ein Resultat dessen ist, wie „Menschen in ihrem verbalen Verhalten Reize miteinander in Beziehung setzen und aufgrund der resultierenden Beziehungen nach ihnen handeln oder auf diese reagieren“ *(Kensche & Schweiger 2015).* Ein Bezugsrahmen ist also ein mentaler Vorgang, durch den Reize oder Ereignisse miteinander verknüpft und interpretiert werden und der auf dem Spracherwerb und persönlichen Erfahrungen basiert *(Kensche & Schweiger 2015).* Auch das Selbstbild beruht darauf: Überzeugungen, Annahmen und Beschreibungen über uns selbst, die aufgrund unserer historischen, familiären und gesellschaftlichen Prägungen durch entsprechende Verbindungen ein Konzept vom eigenen Selbst bilden. Achtsames Beob-

achten des Selbstkonzepts ermöglicht einen Perspektivenwechsel weg von der Identifikation, hin zu einer flexibleren Wahrnehmung und möglichen Distanzierung *(Godbee & Kangas 2020).* Anstatt sich also beispielsweise mit dem Satz „Das kann ich nicht, das konnte ich noch nie“ (Selbstkonzept) zu identifizieren, kann wahrgenommen werden, dass dies ein Gedanke über einen selbst ist (Selbst als Kontext), nach dem man nicht zwangsläufig handeln muss.

Werte: Werte beschreiben umfassende und frei gewählte Qualitäten, die das menschliche Verhalten motivieren, inspirieren und leiten. Durch sie bekommt das menschliche Leben einen individuellen Sinn und Richtung. Werte stehen immer im Bezug zum Handeln, sowohl in der inneren als auch äußeren Welt. Während Ziele sich auf die Ergebnisse in der Zukunft beziehen, stehen Werte für Handlungsoptionen in der Gegenwart *(Harris 2020)*. Ein Beispiel: Die Rückkehr in das Stammteam beim Fußball nach einer Knieverletzung kann für eine Person ein Ziel darstellen. Die darin liegenden Werte wie Teamgeist, körperliche Fitness und Gesundheit, Entschlossenheit und Engagement können aber im gegenwärtigen Handeln ausgedrückt werden.

Commitment: Engagiertes oder effektives Handeln (Commited Action) beschreibt die Fähigkeit, sich selbstgewählten Werten und Zielen entsprechend zu verhalten (*Yu, Norton&McCracken 2017)*. Dabei wird zwischen physischem, sichtbarem (offenen Handeln) und psychischem (verdecktem) Handeln unterschieden *(Harris 2020)*. Auf der Grundlage von Werten werden Verhaltensziele nach dem SMART-Konzept *(Harris 2020)* definiert und gegebenenfalls ein Handlungsplan erstellt. Alle oben beschriebenen Dimensionen sind wichtige Fertigkeiten der Problemlösung zur Überwindung von Barrieren beim wertegeleiteten Handeln.



Die Prozesse wirken aufeinander ein und werden in der Therapie nicht-linear eingesetzt *(Harris 2020)*, was bedeutet, dass je nach Gegebenheit und Anforderung flexibel an unterschiedlichen Prozessen gearbeitet werden kann. Ein Beispiel: Während in einer Therapiesitzung die Klärung der Werte und das Setzen von Zielen den Schwerpunkt bildet (Kernprozesse: Werte, Commitment), steht in der nächsten Einheit die Angst vor der Bewegung im Vordergrund (Kernprozesse: Akzeptanz, kognitive Defusion)und in einer weiteren Einheit werden Selbstannahmen überprüft, die dem wertegerichteten Verhalten im Weg stehen (Kernprozess: Selbst als Kontext).

Die Rolle der Therapeut*innen in der ACT

ACT betont die „radikale Gleichheit“ von Therapeut*in und Patient*in zur Herstellung einer tragfähigen therapeutischen Beziehung *(Harris 2020)*: Therapeut*innen erleben, wie auch Patient*innen und letztlich jeder Mensch, die gesamte Reichweite der menschlichen Erfahrung, und teilen dieses Erfahrung auch mit den Patient*innen, wenn es dem therapeutischen Prozess dienlich ist. Die eigenen Werte und Erfahrungen zu teilen, kann die Erfahrung der Patient*innen normalisieren oder bestätigen *(Harris 2020)*. Ziel ist eine Begegnung auf Augenhöhe. *(Harris 2020)*. Die Therapeut*innen sind dazu angehalten, selbst die Fertigkeiten der psychologischen Flexibilität weiterzuentwickeln, um einen authentischen Transfer in die Praxis zu gewährleisten. Haben sie beispielsweise selbst keinen akzeptierenden Umgang mit Schmerz, werden sie die Patient*innen weniger gut darin begleiten können, Schmerz akzeptieren zu lernen *(Luoma & Plumb 2013)*.

Die Tragfähigkeit und Qualität der therapeutischen Beziehung ist mit besseren klinischen Outcomes wie Schmerz, Patientenzufriedenheit und verbesserter Funktion assoziiert und steigert die Therapieadhärenz *(Hall et al. 2010).* Achtsamkeit hat in der therapeutischen Beziehung eine zentrale Bedeutung *(Hayes et al. 2006, Peterson et al. 2023)*. Epstein beschreibt Achtsamkeit in der Therapie als “die Brücke zwischen therapeutischer Beziehung und evidenzbasierter Praxis“ *(Epstein 1999)*.

Darüber hinaus scheint die Entwicklung psychologischer Flexibilität für Therapeut*innen selbst Vorteile zu haben. Eigene Erfahrung mit den Kernprozessen verbessert den Übertrag von ACT in die Praxis und kann sich bei Therapeut*innen positiv auf das Stressempfinden und das Burnout-Risiko auswirken *(Luoma & Plumb 2013)*.

ACT in der Physiotherapie

Forschung

Godfrey et al. 2020 untersuchten einen ACT-basierten Ansatz bei Patient*innen mit unspezifischem Rückenschmerz mit einer Dauer über 12 Wochen, der durch Physiotherapeut*innen ausgeführt wurde (PACT-Trial). Ziele der Intervention waren psychologische Flexibilität und Selbstmanagement. Insgesamt wurden 3 Einheiten (2x eine Stunde direkt, 1x 20min telefonisch) über einen Monat durchgeführt. Die angewendeten Techniken umfassten Achtsamkeitsübungen, flexibler Fokus, Klärung von Werten und wertebasierte Zielsetzung, Erstellen von spezifischen Handlungsplänen und Identifizierung von unterstützenden Faktoren im individuellen Umfeld. Die Intervention wurde mit physiotherapeutischer Standardversorgung (Rückenschule, Manualtherapie, Unterwassertherapie, Training der motorischen Kontrolle) verglichen.

Nach 3 Monaten zeigten die Patient*innen aus der Interventionsgruppe eine verbesserte Funktion, verbesserte allgemeine physische Gesundheit und weniger Behinderung, nach einem Jahr ließ sich kein Unterschied mehr zur Kontrollgruppe feststellen. Zu keinem Zeitpunkt gab es Unterschiede bezüglich der Schmerzintensität. Dies lässt sich durch den angestrebten Wirkmechanismus der ACT erklären: Die Reduktion der Symptome ist kein priorisiertes Ziel, vielmehr steht die Verbesserung der Funktion im Vordergrund *(Hayes et al. 2020, Coronado et al. 2020)*.

Psychologische Flexibilität

Tamara Renzhofer
office@tamara-renzhofer.at

Die Physiotherapeut*innen in der Studie wurden in einem zweitägigen Workshop durch ACT-erfahrene Psycholog*innen geschult. Nach Ansicht der Physiotherapeut*innen war die Anwendung der vermittelten ACT-Techniken gut umsetzbar *(Godfrey et al. 2020)*. Aus Sicht der ACT-Theorie sollten, wie oben erwähnt, Therapeut*innen eine solide, eigene Erfahrung mit den Kernelementen der psychologischen Flexibilität haben *(Luoma & Plumb 2013)*. In der Arbeit wird jedoch ausdrücklich erwähnt, dass es nicht das Ziel war, aus den teilnehmenden Therapeut*innen ACT-Therapeut*innen zu machen. Die Intervention war im Vergleich zur Standard-Physiotherapie zeitlich kürzer. Die Autor*nnen führen außerdem beispielsweise beschränkte Raumkapazitäten als Barriere zur Vermittlung psychologisch informierter Physiotherapie als mögliche Limitation an.

Casey et al. 2022 (30) kombinierten in ihrer randomisiert kontrollierten Studie Trainingsinterventionen mit ACT-Elementen und untersuchten die Wirksamkeit im Vergleich zu Training allein. Inkludiert wurden Patient*innen mit chronischen Schmerzen unterschiedlicher Genese, ausgenommen wurden Patient*innen mit einer Krebserkrankung. Die Intervention, eine Kombination aus Trainingstherapie, Edukation und ACT, wurde wöchentlich über 8 Wochen, 1x pro Woche, im Einzel- und Gruppensetting durchgeführt. Der ACT-Part wurde von einer ACT-erfahrenen Psychologin übernommen. Die Kontrollgruppe erhielt dasselbe Ausmaß an Trainingstherapie und Edukation. Es konnten keine klinisch relevanten Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf Schmerzbeeinträchtigung, Selbstwirksamkeit, Schmerzkatastrophisierung, Kinesiophobie und Schmerzakzeptanz ermittelt werden, in der Interventionsgruppe war die subjektive Zufriedenheit höher. Im 1-Jahres-Follow-up, bei dem Daten von etwa der Hälfte der Proband*innen ermittelt werden konnten, zeigten sich ähnliche Ergebnisse. Eine signifikante Besserung ließ sich in der Interventionsgruppe allerdings bei der Schmerzkatastrophisierung feststellen *(Casey et al. 2024)*.

Jacobs et al. 2015 beschäftigten sich mit dem Einfluss der Kernprozesse von psychologischer Flexibilität auf die Haltung und Überzeugungen von Physiotherapeut*innen in der Behandlung von Patient*innen mit chronischen Schmerzen. In einer siebenstündigen Fortbildung wurden die Inhalte Vermeidungsverhalten bei Schmerz, adaquäte Schmerzedukation und schwerpunktmäßig die sechs Kernprozesse der ACT vermittelt. Es konnte eine signifikante Veränderung zugunsten eines biopsychosozialen Grundverständnisses bzgl. chronischem Schmerz ermittelt werden. Der tatsächliche Übertrag in die praktische Tätigkeit von Physiotherapeut*innen wurde nicht untersucht.

Relevanz für die physiotherapeutische Praxis

Schmerzbezogene Ängste können neben anderen psychologischen Faktoren die Wirksamkeit der Therapie maßgeblich beeinflussen und mögliche Vorzeichen für eine Chronifizierung darstellen *(Martinez-Calderon et al. 2019)*. Die Identifikation dieser Faktoren kann durch eine sorgfältige Anamnese, die biopsychosoziale Faktoren berücksichtigt *(Tatta, Willgens&Palombaro 2022)*, und eine achtsame Haltung der Therapeut*innen im Gespräch *(Peterson et al. 2023)* ermöglicht werden. Besonders auf das Katastrophisieren - eine übertrieben negative Grundhaltung gegenüber dem Schmerz, die durch Grübeln, Angst vor Verschlechterung und Überbewertung der Symptome charakterisiert ist (*Brecht&Gachel 2019)* - scheinen die Techniken aus der ACT einen signifikanten Einfluss zu haben *(Casey et al.2024)*.

Einzelne Prozesse und Techniken der ACT können im physiotherapeutischen Setting ohne zusätzlichen Aufwand eingesetzt werden: Ein Routine-Trainingsprogramm kann zum Beispiel mit Achtsamkeitsübungen verbunden werden und Wertearbeit kann verstärkt in die therapeutische Zielsetzung einfließen *(Jacobs et al. 2015)*.

Physiotherapeut*innen, die achtsamkeits- und akzeptanzbasierte Techniken einsetzen, haben oft über Jahre entwickelte, spezifische Qualifikationen. Es kann für Therapeut*innen gerade anfangs verunsichernd sein, ihr Selbstverständnis als aktiv-führende Problemlöser aufzugeben und die Akzeptanz der Symptome in den Vordergrund zu rücken *(Barker, Heelas & Toye 2016).* Andererseits kann ACT bei Therapeut*innen auch den Druck reduzieren, die Patient*innen „reparieren“ oder „heilen“ zu müssen *(Tatta, Willgens&Palombaro 2022)*.

Fazit

Betrachtet man die Effektivität achtsamkeits- und akzeptanzbasierter Verfahren wie ACT für die Lebensqualität oder die Schmerzbeeinträchtigung *(Ma, Yuen&Yang 2023, McCracken, Yu&Vowles 2022, Du et al. 2021, Hughes et al. 2017)*, so liegt für Patient*innen mit persistierenden Beschwerden eine Chance darin, die Beziehung zu ihren Gedanken, Emotionen und Körperempfindungen zu verändern, statt primär an der Symptomreduktion zu arbeiten *(Tatta, Willgens&Palombaro 2022)*. Derzeit ist die Studienlage für die Anwendung in der Physiotherapie jedoch noch nicht ausreichend *(Coronado 2020).*

Literatur

Barker K, Heelas L, Toye F. Introducing Acceptance and Commitment Therapy to a physiotherapy-led pain rehabilitation programme: an Action Research study. British Journal of Pain. 2016; 10(1): 22 –28.

Bishop SR, Lau M, Shapiro S, et al. Mindfulness: A proposed operational definition. Clinical Psychology: Science and Practice.2004; 11(3): 230–241.

Brecht DM, Gatchel RJ. An overview of a biopsychosocial model of epigenetics and pain catstrophizing. Journal of Applied Biobehavioral Research. 2019; 24: e12171.

Casey MB, Smart KM, Segurado R et al. Exercise combined with Acceptance and Commitment Therapy compared with a standalone supervised exercise programme for adults with chronic pain: a randomised controlled trial. Pain. 2022; 163(6): 1158-1171.

Casey MB, Takemasa S, O'Reilly T, et al. Exercise combined with Acceptance and Commitment Therapy for chronic pain: One-year follow-up from a randomized controlled trial. European Journal of Pain 2024; 00:1–16.

Coronado RA, Brintz CE, McKernan LC, et al. Psychologically informed physical therapy for musculoskeletal pain: current approaches, implications, and future directions from recent randomized trials. Pain reports. 2020; 5: e847.

Du S, Dong J, Jin S, et al. Acceptance and Com-

mitment Therapy for chronic pain on functioning: A systematic review of randomized controlled trials. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2021; 131: 59–76.

Duong HP, Garcia A, Hilfiker R, et al. Systematic Review of Biopsychosocial Prognostic Factors for Return to Work After Acute Orthopedic Trauma: A 2020 Update. Frontiers in Rehabilitation Science. 2022; 2:791351.

Epstein RM. Mindful practice. Journal of the American Medical Association. 1999; 282: 833- 839. Gatchel RJ, McGeary DD, McGeary CA, Lippe B. Interdisciplinary chronic pain management: Past, present, and future. American Psychologist. 2014; 69(2): 119–130.

Gloster AT, Walder N, Levin ME, et al.. The empirical status of acceptance and commitment therapy: A review of meta-analyses. Journal of Contextual Behavioral Science. 2020; 18: 181-192.

Godbee M, Kangas M. The Relationship Between Flexible Perspective Taking and Emotional Well-Being: A Systematic Review of the "Self-as-Context" Component of Acceptance and Commitment Therapy. Behavior Therapy. 2020; 51: 917–932.

Godfrey E, Wileman V, Holmes MG, et al. Physical Therapy Informed by Acceptance and CommitmentTherapy(PACT) Versus Usual Care Physical Therapy for Adults With Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. The Journal of Pain. 2020; 21: 71–81.

Grunberg NE, Doorley JD, Barry ES. Sport Psychology: Principles and Practices for Sports Medicine Physicians. Current Sports Medicine Reports. 2024; 23(5):192-198.

Harris R. ACT leicht gemacht- Der Leitfaden für die Praxis der Akzeptanz- und Commitment-Therapie. 1. Auflage der komplett überarbeiteten Neuausgabe. Freiburg: Arbor Verlag GmbH; 2020

Hayes SC, Luoma JB , Bond FW, et al. Acceptance and Commitment Therapy: model, processes and outcomes. Behaviour Research and Therapy. 2006; 44: 1–25.

Hughes LS, Clark J, Colclough JA, et al. Acceptance and Commitment Therapy (ACT) for Chronic Pain: A Systematic Review and Meta-Analyses. Clinical Journal of Pain. 2017; 33(6): 552-568.

Jacobs CM, Guildford BJ, Travers W, et al. Brief psychologically informed physiotherapy training is associated with changes in physiotherapists' attitudes and beliefs towards working with people with chronic pain. British Journal of Pain. 2016; 10(1): 38-45.

Keefe FJ, Main CJ, George SZ. Advancing psychologically informed practice for patients with persistent musculoskeletal pain: promise, pitfalls, and solutions. Physical Therapy. 2018; 98:398–407.

Kensche M, Schweiger U. Die Bezugsrahmentheorie – Eine Grundlage zum Verständnis von kontextuellen Psychotherapiemethoden. Fortschritte der Neurologie Psychiatrie. 2015; 83: 290–302.

Le Borgne M, Boudoukha AH, Petit A, et al. Chronic low back pain and the transdiagnostic process: How do cognitive and emotional dysregulations contribute to the intensity of risk factors and pain? Scandinavian Journal of Pain. 2017; 17: 309-315.

Luoma JB, Plumb J. Improving Therapist Psychological Flexibility While Training Acceptance and Commitment Therapy: A Pilot Study. Cognitive Behaviour Therapy. 2013; 42: 1–8.

Ma T, Yuen A, Yang Z. The Efficacy of Acceptance and Commitment Therapy for Chronic Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. Clinical Journal of Pain. 2023; 39(3):147-157.

Martinez-Calderon J, Flores-Cortes M, Morales-Asencio JM, et al. Pain-Related Fear, Pain Intensity and Function in Individuals With Chronic Musculoskeletal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of Pain. 2019; 20(12): 1394–1415.

McCracken LM, Yu L, Vowles KE. New generation psychological treatments in chronic pain. British Medical Journal. 2022; 376: e057212.

Peterson S, Miciak M, Kleiner M, et al. Drawing a "Perfect Circle": How Clinicians Can Become Better Communicators. Journal of Orthopaedics & Sports Physical Therapy. 2023; 53(10):579-584.

Tatta J, Willgens AM, Palombaro KM. Perspective Mindfulness and Acceptance–Based Interventions in Physical Therapist Practice: The Time Is Now. Physical Therapy. 2022; 102:1–10.

Tatta J, Willgens AM, Palombaro KM. The ACT trained physical therapist: Psychologically flexible, resilient, and armed with evidence-based tools. Journal of Contextual Behavioral Science. 2022: 26: 253-260.

Veehof MM, Trompetter HR, Bohlmeijer ET, et al. Acceptance- and mindfulness-based interventions for the treatment of chronic pain: a meta-analytic review. Cognitive Behaviour Therapy. 2016; 45: 5-31.

Yu L, Norton S, McCracken LM. Change in "Self-as-Context" ("Perspective-Taking") Occurs in Acceptance and Commitment Therapy for People With Chronic Pain and Is Associated With Improved Functioning. Journal of Pain. 2017; 18(6): 664-672.

Physiologische Flexibilität

Über den Nutzen des diagnostischen muskuloskelettalen Ultraschalls in der Rehabilitation von Muskelverletzungen

Eine pragmatisches Review

Einleitung

Muskelverletzungen gehören zu den häufigsten Sportverletzungen sowohl im Freizeit- als auch im Leistungssport. Je nach Quelle liegt die Inzidenzrate zwischen 10-55% *(Best & Hunter, 2000; ZHuard et al., 2002; Järvinen et al., 2005)*. Beim Fußball z.B. betreffen fast 1/3 aller Verletzungen die Muskeln *(Ekstrand et al., 2011)*. Der M. biceps femoris sowie die anderen ischiocruralen Muskeln *(Connell et al., 2004; Slavotinek et al., 2002),* die Adduktoren der Hüfte, der Quadrizeps und der Gastrocnemius sind besonders häufig betroffen *(Ekstrand et al., 2011)*. Verletzungen der ischiocruralen Muskeln haben eine sehr hohe Rezidivrate von fast 1/3 innerhalb eines Jahres *(Orchard & Best, 2002)*.

Trotz dieser hohen Verletzungsraten gibt es nur wenige Hinweise auf wirksame therapeutische Maßnahmen. Zu den gängigen Behandlungsmodalitäten gehören die Akuttherapie ("RICE"-Schema), Ruhigstellung vs. Mobilisierung (in der Literatur umstritten), verschiedene Infiltrationstherapien einschließlich der Verwendung von Glukokortikoiden, orale Medikation mit z.B. NSAISDs, therapeutischer Ultraschall, verschiedene Gelenkmobilisierungen und Stabilisierung des Rumpfes sowie Kräftigung und Dehnung der verletzten Muskeln *(Hotfiel et al., 2016)*. Außerdem "[...] gibt es kaum einen Konsens darüber, wie man eine spezifische Muskelverletzung effektiv beschreiben oder ihre Prognose bestimmen kann [...]" (Hamilton et al., 2017).

Neben einer gründlichen Anamnese, Befragung und klinischen Untersuchung (Inspektion, Palpation und Funktionstests) *(Kieb et al., 2010),* gehören die Magnetresonanztomografie (MRT) und der diagnostische Ultraschall (US) zu den gängigen bildgebenden Verfahren, um Muskelverletzungen zu erkennen. Im Gegensatz zur MRT liegen die Vorteile der Sonografie in der Kosteneffizienz, der breiten Verfügbarkeit und der dynamischen Untersuchung in Echtzeit *(Gille et al., 2013)*. Je nach Erfahrung der Untersucher*innen wird die Sonografie dafür eingesetzt, um das Ausmaß der Verletzung, Kontinuitätsbrüche und verletzungsbedingte Hämatome zu beurteilen *(Courthaliac et al., 2005; Gaulrapp, 1999; Peetrons, 2002).*

Diese systematische Übersichtsarbeit versucht die folgenden Fragen zu klären: Gibt es einen Nutzen des diagnostischen muskuloskelettalen Ultraschalls für Physio- und Sporttherapeut*innen bei der Rehabilitation von Muskelverletzungen? Könnte es darüber hinaus von Nutzen sein, angemessene Trainingsparameter zu bestimmen, und kann der diagnostische Ultraschall bei der Bestimmung des Zeitpunkts der Rückkehr zum Spiel hilfreich sein?

Material und Methode

Diese pragmatische Übersichtsarbeit basiert auf den PRISMA-Richtlinien (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Page et al., 2021)*.

Suchstrategie

Der Autor führte eine systematische Literaturrecherche durch, um Studien zu finden, die zwischen 1995 und Oktober 2022 veröffentlicht worden waren und den Nutzen des diagnostischen US bei der Rehabilitation von Muskelverletzungen, einschließlich der Rückkehr zum Spiel, untersucht hatten. Drei elektronische Datenbanken wurden nach relevanten Studien durchsucht: PubMed, ScienceDirect (Elsevier) und LIVIVO (ZB MED-Suchportal für Lebenswissenschaften). Die endgültige Suche umfasste die folgenden Schlüsselwörter in Kombination: utility, benefit, diagnostic ultrasound, serial ultrasound, muscle injury, rehabilitation and return to play. Tabelle 2 zeigt die Suchstrategie mit allen Einstellungen für die verschiedenen Datenbanken. Alle Datenbanken wurden zuletzt am 01.10.2022 auf Aktualisierungen überprüft. Für das folgende Screening wurden Ein- und Ausschlusskriterien definiert *(Tab. 1)*.

Die Ausschlusskriterien für den Einsatz des US wurden gewählt, weil diese Studie Aufschluss über den potenziellen Nutzen der Anwendung von diagnostischem US in der Physio- und Sporttherapie geben soll.

Screeningprozess

Alle Titel und Abstracts wurden von einem Autor (MK) auf die Ein- und Ausschlusskriterien geprüft. Wenn die Einschlusskriterien erfüllt waren, wurden die Volltexte von demselben Autor (MK) auf die entsprechenden Kriterien überprüft. Wenn diese Kriterien erfüllt waren, wurde die Studie in die pragmatische Übersichtsarbeit aufgenommen.

Risko der Verzerrung

Der Gutachter (MK) bewertete das Risiko einer Verzerrung anhand ausgewählter Instrumente für die verschiedenen Studientypen.

Fallberichte (Einzelfallstudien) wurden mit der JBI Critical Appraisal Checklist for Case Reports bewertet. Dieses Instrument umfasst acht Fragen *(Martin, 2017b)*. Eine hohe Punktzahl weist auf eine gute Qualität hin. Bei dieser pragmatischen Übersichtsarbeit wurde eine Bewertung von 1-3 als geringe Qualität, eine Bewertung von 4-6 als mäßige Qualität und eine Bewertung von 7-8 als hohe Qualität angesehen.

Querschnittstudien wurden mit der entsprechenden JBI Critical Appraisal Checklist bewertet. Dieses Instrument umfasst ebenfalls acht Fragen *(Martin, 2017a)*. Eine Punktzahl von 1-3 wurde als geringe Qualität, eine Punktzahl von 4-6 als mäßige Qualität und eine Punktzahl von 7-8 als hohe Qualität angesehen.

Für **diagnostische Studien** w
urde die CASP-Checkliste für diagnostische Teststudien verwendet. Diese Checkliste umfasst zwölf Fragen zur Bewertung der Qualität der Studie (*CASP Checklists, 2018)*. Die Fragen 7, 8 und 12 sind offene Fragen. In Frage 12 wird nach den Auswirkungen der Anwendung dieses Tests auf Ihre Patient*innen/Bevölkerung gefragt, was nicht in die endgültige Punktzahl einfloss. Die Fragen 7 und 8 wurden als Punkte ge-

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskritierien	Ausschlusskriterien
• veröffentlicht in Englisch • diagnostischer Ultraschall • Muskel- und Sehnenverletzungen • keine Altersbeschränkung in der Population • alle Geschlechter • alle Studientypen	• neurologische Erkrankungen • therapeutischer Ultraschall • In-vitro- und Kadaverstudien • Ultraschall nur für Injektionen, Nadelung, Akupunktur, Aspiration • Ultraschall bei chirurgischen Eingriffen • Bänderverletzungen / Entzündungen • Knochen- und / oder Knorpel-Verletzungen/ Entzündungen • Buchkapitel

zählt, wenn sie bzw. die zugehörigen Hinweise zur Beantwortung der Frage positiv beantwortet werden konnten. Die maximale Punktzahl lag somit bei 11 Punkten. Eine Punktzahl von 1-4 wurde als niedrig, eine Punktzahl von 5-8 als mittel und eine Punktzahl von 9-11 als hoch eingestuft.

Kohortenstudien wurden anhand der CASP-Checkliste für Kohortenstudien bewertet. Sie besteht aus zwölf Fragen. Frage 5 und 6 bestehen aus jeweils zwei Fragen, so dass insgesamt 14 Fragen gestellt werden. Frage 7 fragt nur nach den Ergebnissen und wurde nicht als Punkt gewertet. Auch Frage 8 ist eine offene Frage nach der Genauigkeit der Ergebnisse und wurde als Punkt gezählt, wenn sie oder Kommentare aus den Hinweisen positiv beantwortet werden konnten. *(CASP Checklists, 2018)*. Daher war eine maximale Punktzahl von 13 möglich. Eine Punktzahl von 1-5 wurde als niedrig, eine Punktzahl von 6-10 als moderat und eine Punktzahl von 11-13 als hoch eingestuft.

Quantitative Studien wurden mit der zugehörigen CASP-Checkliste bewertet. Diese Checkliste umfasst 10 Punkte *(CASP Checklists, 2018)*. Die letzte Frage ist eine offene Frage und wurde als „ernannt“ gewertet, wenn sie positiv beantworten werden konnten. Ein Wert von 1-3 gilt als niedrig, ein Wert von 4-6 als moderat und ein Wert von 7-10 als hoch.

Systematische Übersichten wurden mit der zugehörigen CASP-Checkliste bewertet. Dieses Instrument umfasst 10 Fragen *(CASP Checklists, 2018)*. Frage 6 ist eine offene Frage, die nach den Gesamtergebnissen der Überprüfung fragt und nicht als Punkt gewertet wurde. In Frage 7 wird gefragt, wie präzise die Ergebnisse sind. Wenn sie als präzise angesehen wurden, wurde ein Punkt vergeben. Daher ist die maximale Punktzahl 9. Eine Punktzahl von 1-4 wurde als niedrige Qualität angesehen, eine Punktzahl von 5-7 als moderate Qualität und eine Punktzahl von 8-9 als hohe Qualität.

Wenn eine Studie die ersten beiden Fragen (die angeben, ob es sich lohnt, weiterzumachen) in der entsprechenden CASP-Checkliste nicht beantworten konnte, wurde die Qualität als zu gering eingestuft, um die Studie in die pragmatische Übersichtsarbeit aufzunehmen. Übersichtsartikel und Leitfäden wurden nicht bewertet.

Resultate

Studienselektion

Abbildung 1 gibt einen Überblick über das Auswahlverfahren. Insgesamt wurden 172 Studien gefunden. Nach dem Screening und der Entfernung von Duplikaten blieben 26 Studien für das Screening der Volltexte übrig.

Übersichtsartikel

In ihrem Artikel heben Paoletta et al. *(2021)* die zentrale Rolle hervor, die US bei der Behandlung von sportbedingten Muskelverletzungen spielen könnte. Die Untersuchung per US ist schnell und relativ kostengünstig und ermöglicht eine serielle Bewertung des Heilungsprozesses sowie die Unterscheidung zwischen Läsionen mit ähnlichen klinischen Merkmalen. Außerdem ist eine dynamische Bewertung in Echtzeit möglich. So können Untersuchende sehen, wie und ob sich die Befunde vor und nach isometrischen Kontraktionen verändern. Auch konzentrische Kontraktionen können bewertet werden, was für die korrekte Identifizierung der Läsionsränder und das Fortbestehen der Faserunterbrechung während des Heilungsprozesses nützlich ist. Allerdings ist US bei der Darstellung kleinerer Läsionen weniger empfindlich als die MRT. US ist nicht in der Lage, minimale Ödeme und Läsionen ohne Faserunterbrechungen sichtbar zu machen.

Hall *(2018)* beschreibt den Nutzen serieller US-Untersuchungen zur Steuerung des klinischen Verlaufs nach Oberschenkelmuskelverletzungen. Muskelverletzungen machen 33-55% aller Sportverletzungen in Hochleistungssportarten aus. Mehr als 50% dieser Muskelverletzungen betreffen den Oberschenkel. Die Verletzungs- und Wiederverletzungsraten sind nach

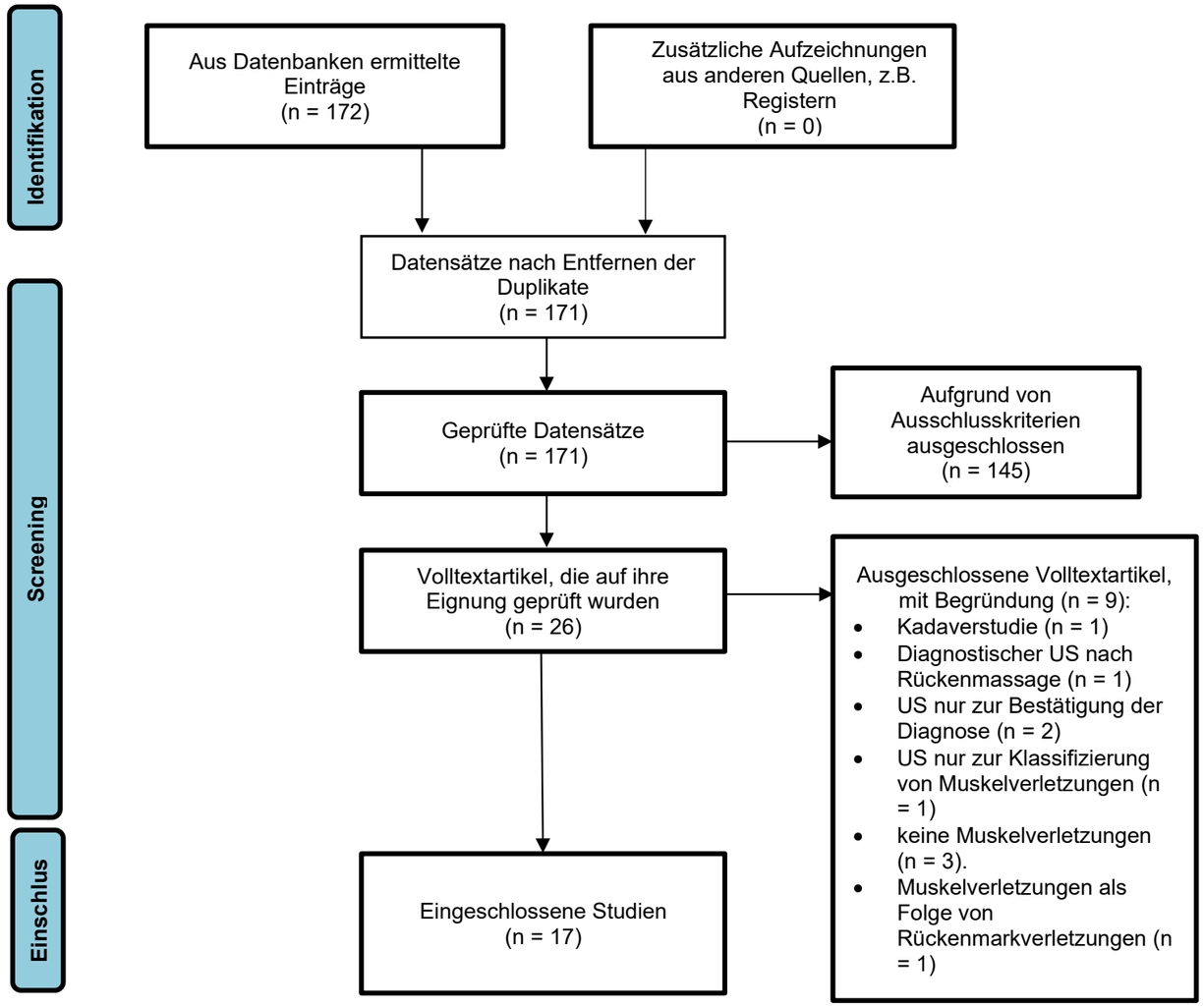


Abbildung 1: Flow-Chart des Einschlusses der Studien für das pragmatische Review

wie vor hoch und es besteht keine Einigkeit über ein optimales Protokoll für die Rückkehr zum Spiel oder die Verwendung von Bildgebungsverfahren. Hall *(2018)* erwähnt die Vorteile des US und sieht den seriellen US als wertvolles Instrument für die Risikostratifizierung und die Anleitung zu Return to Play (RTP.) Die klinischen Erfahrungen deuten darauf hin, dass die US-Diagnose von Oberschenkelmuskelverletzungen die Wiederverletzungsrate bei Hamstring- und Quadrizepszerrungen verringern und standardisierte Kriterien für RTP ermöglichen könnte

1. Erste Ultraschalluntersuchung zur Einstufung und Charakterisierung der Verletzung (idealerweise 24-48 Stunden nach der Verletzung
2. Bei Vorliegen eines Hämatoms (> 3-5ml) wird eine Aspiration durchgeführt.
3. Der Sportler bzw. die Sportlerin tritt dann in die übliche sportartspezifische Rehabilitationsphase unter Anleitung von Physiotherapeut*innen, Sport-, Kraft- oder Konditionstrainer*innen ein.
4. Sobald Sportler*innen 80% der Geschwindigkeit/Kraft ohne Schmerzen oder funktionelle Einschränkungen erreicht haben, wird die Ultraschalluntersuchung wiederholt.
5. Abhängig von den Ergebnissen können Athlet*innen für den Fortschritt auf 90% Geschwindigkeit/Kraft oder für die funktionale Progression freigegeben werden.
6. Die Ultraschalluntersuchung wird in 1- bis 2-wöchigen Abständen wiederholt, bis die Sportler*innen eine vollständige funktionelle Entwicklung aufweisen.
7. Der Athlet oder die Athletin muss alle Funktionstests und Feldtests absolvieren, bevor er oder sie zum vollen Training und/oder zur vollen Verfügbarkeit für die Wettkampfauswahl freigegeben wird.

Tabelle 3: Das IOWA-Protokoll zur Wiederaufnahme des Spielbetriebs bei Muskelverletzungen

(Hall 2018). Der ideale Zeitpunkt für eine US-Untersuchung scheint zwischen 2 und 48 Stunden nach einer Muskelverletzung zu liegen, ist aber noch nicht systematisch untersucht worden. Hall *(2018)* stellt das Protokoll der University of Iowa als ihren multidisziplinären Ansatz für RTP nach einer Muskelverletzung vor *(Tab. 3)* Mit diesem Protokoll konnte eine Untergruppe von Sportler*innen erkannt werden, deren klinische Untersuchung und Funktionstests darauf hindeuteten, dass sie für die Rückkehr zum Spiel bereit war, deren Ultraschalluntersuchung jedoch Hochrisikomerkmale zeigte.

Eine Übersichtsarbeit von Lempainen et al. *(2022)* beschreibt die Behandlung von Verletzungen des vorderen Oberschenkels bei Fußballspieler*innen. Bei den meisten dieser Verletzungen handelten es sich um Zerrungen oder Prellungen auch hier wird erwähnt die Bedeutung einer frühzeitigen Diagnose und einer korrekten Behandlung für ein gutes Ergebnis erwähnt. Die kombinierte klinische Untersuchung mit bildgebenden Befunden kann dazu beitragen, die richtigen Behandlungsentscheidungen oft schon in der akuten Phase einer Verletzung zu treffen. Die MRT sollte die primäre Diagnosemethode für eine frühzeitige und korrekte Diagnose sein. US kann zusätzlich verwendet werden, um weitere Informationen zu erhalten. Mit der US-Methode kann die verletzte Region im Vergleich zur MRT bei Kontraktionen und Bewegungen beobachtet werden. Außerdem ist sie nützlich, um den Heilungsprozess zu überwachen. Wenn jedoch nur US durchgeführt wird, können kleine Verletzungen am distalen Teil der myotendinösen Verbindung, Risse oder Sehnenrisse übersehen werden *(Lempainen et al., 2022*

Sarto et al. (*2021)* geben in ihrer Übersichtsarbeit einen Überblick über die praktischen Aspekte und die methodischen Überlegungen zur US-Bildgebung. Sie erwähnen auch, wie die vorherigen Artikel, dass die US-Bildgebung ein großes Potenzial im Sport hat. Um US-Bilder richtig zu verwenden und zu interpretieren, müssen jedoch die praktischen Aspekte und methodischen Überlegungen bekannt sein *(Sarto et*

Tabelle 4: Praktische Empfehlungen für die Anwendung der Ultraschall-Bildgebung

Ultraschallbildgebung im Elitesportkontext	
Dos	***Beachte***
✓ Verwenden Sie eine US-System, das Ihren Anforderungen entspricht – Fragen Sie sich: *„Wofür brauche ich es?“*	☝ Vermeiden Sie übermäßigen Druck mit dem Schallkopf auf den Muskel während der Untersuchung - *absolut kein Druck.*
✓ Vor der Datenerfassung ist eine Bedienungsschulung notwendig – *Rom wurde nicht an einem Tag erbaut.*	☝ Versuchen Sie, einzelne Scanstellen, ein kleines Sichtfeld und trigonometrische Extrapolationen für Muskeln mit längeren Faszikel zu vermeiden - *was Sie nicht sehen, ist vielleicht nicht das, was Sie bekommen.*
✓ Berechnen Sie ihren ICC, CV und MDC bei wiederholten Messungen zusammen mit Ihrer Datenkollektion – *Wiederholbarkeit ist der Schlüssel.*	☝ Verzichten Sie auf die Durchführung dynamischer US-Untersuchungen, wenn Zeit und Ausrüstung begrenzt sind – *halten Sie es kurz und einfach.*
✓ Richten Sie den Schallkopf auf die Ebene der Muskelfasern aus - *wissen, was man sieht.*	☝ Missbrauchen Sie ihren Panorama-US nicht: Beschränken Sie vollständige Muskelrekonstruktionen auf ein Minimum, um Fehler außerhalb der Ebene zu vermeiden. Wählen Sie stattdessen ausgewählte Bereiche von Interesse aus, um nur wenige ganze Faszikel in der richtigen Ebene zu verfolgen - *EFOV ist nicht die Lösung für alles.*
✓ Wählen Sie Ihren Schallkopf mit Bedacht aus: Form, Sichtfeld und zeitliche Auflösung - *wissen, was man braucht.*	
✓ Verwenden Sie Panorama-US für Muskeln mit längeren Faszikeln – *größeres Sichtfeld, anderes Bild.*	

Review

al., 2021). Daher müssen die Untersuchenden im Umgang mit US-Geräten und dem Lesen der Bilder gut geschult sein. Die wichtigsten Überlegungen sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Woodhouse & McNally *(2011)* weisen darauf hin, dass eine Bildgebung nach einer Muskelverletzung nicht immer notwendig ist, aber nützlich sein kann, um eine Verletzung zu bestätigen und die genaue Lage und die betroffenen Muskeln zu bestimmen. Sie kann das Ausmaß der Verletzung beurteilen, was für den Verlauf der Behandlung wichtig ist. Außerdem können Komplikationen festgestellt werden, die möglicherweise einen chirurgischen Eingriff erfordern oder eine Verzögerung bei der Wiederaufnahme der körperlichen Aktivität notwendig machen. US-Bilder haben eine höhere räumliche Auflösung als MRT-Bilder.
Außerdem bietet US den Vorteil einer funktionellen und dynamischen Bewertung von Sehnen und Muskeln in Echtzeit und die Möglichkeit, den Blutfluss zu beurteilen. Ein verminderter Blutfluss führt zu Gewebehypoxie, was möglicherweise zu weiteren Muskelverletzungen, Schwellungen und Muskelnekrosen führt. Weitere Vorteile sind, dass US nicht-invasiv, gut verträglich, kostengünstig und reproduzierbar ist. Die Vorteile gegenüber der MRT liegen darin, dass sie einzelne Muskelfasern auflösen kann. Umgekehrt liefert die MRT deutlich bessere Bilder von tiefen Muskelverletzungen (z.B. Piriformis-Rissen). Woodhouse & McNally *(2011)* geben eine Einstufung von Muskelzerrungsverletzungen im US an *(Tab. 5).*

Brandenburg et al. *(2014)* beschreiben die Fortschritte in der US-Technologie, die zur US-Elastografie geführt haben. Dabei handelt es sich um eine Spitzentechnologie, mit der die mechanischen Eigenschaften von Geweben, z.B. die Muskelsteifigkeit, direkt und in Echtzeit gemessen werden können. Die US-Elastografie könnte die Diagnose und Rehabilitation von Muskelverletzungen unterstützen.

US kann auch zur Beurteilung des Heilungsprozesses von partiellen und totalen Achillessehnenrissen bei der konservativen Behandlung und in der postoperativen Phase eingesetzt werden. Erfahrene Diagnostiker*innen sind in der Lage, die Höhe und den Bereich der betroffenen Fasern mit nahezu 100%iger Genauigkeit zu bestimmen. Nach einer Operation wird die nächste US-Untersuchung nach 6 und 12 Wochen durchgeführt. Nach der Entfernung der Fäden kann die US-Untersuchung dazu dienen, eine weitere Steigerung der Belastung zu bestimmen. (Smigielski, 2008).

Tabelle 5: Einstufung von Muskelzerrungsverletzungen mit Ultraschall

Grad	Ultraschallbefunde
0	Keine Ultraschallmerkmale einer Muskelverletzung.
1	Kleine Herde von Muskelzerstörungen (<5% der Fläche), die als Bereiche mit geringer Reflektivität im Muskel erscheinen.
2	Partieller Riss mit Unterbrechung der Muskelfasern (>5%), der jedoch nicht den gesamten Muskel betrifft. Assoziiert mit Hämatombildung.
3	Vollständiger Riss des Muskels mit Muskelbündelungen bei dynamischer Belastung und ausgefransten Rändern.

Systematische Übersichtsarbeiten
Eine systematische Übersichtsarbeit (SMR) von Fournier-Farley et al. *(2016)* wurde in diese Arbeit einbezogen. Sie untersuchten verschiedene Faktoren, die die Rückkehr zum Spiel nach einer Kniesehnenverletzung bei Sportler*innen mit konservativer Behandlung beeinflussen. Das Forschungsteam identifizierte einige US-Befunde, die negative prognostische Faktoren darstellen: Verletzung mit Beteiligung des Biceps femoris, große Querschnittsfläche, Hämatom, Verletzung außerhalb der muskulotendinösen Verbindung und strukturelle Verletzung. Diese SMR erreichte eine Punktzahl von 7/9 in der CASP-Checkliste für SMR.

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Übersichtsartikel und die systematische Überprüfung.

Klinische Studien
Fallstudien
Ein Fallbericht beschreibt eine 40-jährige Ausdauersportlerin, die seit zwei Monaten über brennende Schmerzen in der rechten Wade klagte. Die Schmerzen traten nur beim Laufen auf. Die körperliche Untersuchung umfasste ROM-Messungen des Sprunggelenks und des Knies, Krafttests für die Sprunggelenksmuskulatur und Laxitätstests für die Ligamente des Sprunggelenks. Zur weiteren Diagnostik verglichen die Autoren MRT und US. Mit beiden Methoden konnte eine Soleushernie festgestellt werden. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die US-Methode auch für die dynamische Diagnose von Muskelhernien geeignet ist Er beschreibt die Größe und Lage der Hernie mit ähnlicher Genauigkeit wie eine MRT. Die Behandlung erfolgte konservativ mit Physiotherapie *(Cormier et al., 2017)*. Dieser Fallbericht erreichte 7/8 im JBI-Score.

Ein weiterer Fallbericht handelt von einer 14-jährigen Sportlerin mit einem seltenen Fall eines posttraumatischen Risses des M. rectus abdominis. Ihre Schmerzen begannen, nachdem sie plyometrische Power-Knie-Box-Sprünge für das Softball-Training ausgeführt hatte. Neben der klinischen Untersuchung wurde eine US-Untersuchung zur Diagnose durchgeführt. Die US-Untersuchung ergab einen Riss des Musculus rectus abdominis. Die Behandlung bestand aus passiven Techniken und dynamischer neuromuskulärer Stabilisierung. In einer 3-monatigen Nachuntersuchung wurde der Heilungsfortschritt mit Hilfe des US beurteilt, wobei eine Intervallheilung des Risses festgestellt wurde *(Ruff et al., 2020)*. Dieser Fallbericht erreicht 7/8 im JBI-Score.

Der dritte Fallbericht beschreibt die konservative Behandlung eines akuten Kompartmentsyndroms am Oberschenkel eines 16-jährigen Fußballspielers. Er erlitt während eines Fußballspiels ein Trauma. Das diagnostische Verfahren bestand aus einer körperlichen Untersuchung, MRT, US und Messung des Gewebedrucks mit einem intraarteriellen Blutdruckmessgerät. Die Behandlungsstrategie war konservativ. In diesem Fallbericht wurde US nur einmal zur Diagnose eingesetzt. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass US und MRT-Bildgebung mögliche Instrumente sind, um Hämatome oder diffuse Blutungen in einem Muskel zu erkennen. Bei großen Hämatomen sollte in der Akutsituation eine MRT-Bildgebung durchgeführt werden, da in diesen Fällen eine eindeutige Messung mit US oft nicht möglich ist *(Riede et al., 2007)*. Dieser Fallbericht zeigte eine Einschränkung des US und erreichte 7/8 im JBI-Score.

Author (Jahr) Land	Title	Ziel	Schlussfolgerung / Kernpunkte	Anzahl der Referenzen
Paoletta et al. (2021) Italy	Ultrasound Imaging in Sport-Related Muscle Injuries: Pitfalls and Opportunities	"[...] eine umfassende Überprüfung der US-Bildgebung bei sportbedingten Muskelverletzungen durchführen [...]".	"[...] Die US-Untersuchung kann eine zentrale Rolle bei der Behandlung von sportbedingten Muskelverletzungen spielen, da sie schnell und relativ kostengünstig ist und eine dynamische Muskelbeurteilung sowie eine Zeitreihenauswertung des Heilungsprozesses ermöglicht [...]".	74
Hall (2018) USA	Return to Play After Thigh Muscle Injury: Utility of Serial Ultrasound in Guiding Clinical Progression	Vorstellung eines Ultraschall-Scan-Protokolls zur Erkennung von Sportler*innen, bei denen das Risiko einer erneuten Verletzung besteht	"[...] Wir haben festgestellt, dass die Umsetzung des vorgestellten Protokolls die Erkennung einer Untergruppe von Sportler*innen ermöglichte, deren klinische Untersuchung und Funktionstests darauf hindeuteten, dass sie für die Rückkehr zum Spiel bereit waren, deren Ultraschalluntersuchung jedoch Hochrisikomerkmale aufwies [...]".	37
Lempainen et al. (2022) Finland	Management of anterior thigh injuries in soccer players: practical guide	"[...] Dieser narrative Überblick beschreibt die häufigsten Gründe für ambulante Klinikbesuche wegen Schmerzen und Verletzungen im vorderen Oberschenkel bei Fußballspieler*innen. [...]".	"[...] Die optimale Behandlung sollte koordiniert werden und eine Akutbehandlung mit Ruhe, Eis und Kompression sowie ein Protokoll für die Rückkehr zum Spiel umfassen. Die betroffene anatomische Struktur bestimmt den Behandlungspfad [...]". Die MRT sollte die primäre Diagnosemethode sein; die US kann ebenfalls verwendet werden und ermöglicht die Beobachtung der verletzten Region während Kontraktionen und Bewegungen.	54
Sarto et al. (2021) Italy, Switzerland, UK	Implementing Ultrasound Imaging for the Assessment of Muscle and Tendon Properties in Elite Sports: Practical Aspects, Methodological Considerations and Future Directions	"[...] (1) die wichtigsten US-Maßnahmen und Anwendungsbereiche im Kontext des Spitzensports vorzustellen; (2) aus methodischer Sicht die Stärken und Schwächen der US-Bildgebung für die Beurteilung von Muskel- und Sehneneigenschaften zu diskutieren; und (3) zukünftige Richtungen für Forschung und Anwendung aufzuzeigen [...]".	"[...] Bei der Anwendung der US-Technik im Spitzensport sind jedoch einige praktische und methodische Aspekte zu beachten [...]."	155
Woodhouse & McNally (2011) UK	Ultrasound of Skeletal Muscle Injury: An Update	"[...] die normale US-Anatomie des Muskels und die bildgebenden Befunde von Muskelverletzungen und deren Komplikationen beschreiben [...]."	"[...] Ultraschall erzeugt Bilder mit einer höheren räumlichen Auflösung als die MRT; er ermöglicht eine funktionelle und dynamische Bewertung von Muskeln und Sehnen in Echtzeit. Er kombiniert diese Informationen mit einer physiologischen Bewertung des Blutflusses, ist gut verträglich, nicht invasiv und kostengünstig. Im Gegensatz dazu ist der Weichteilkontrast nicht so gut wie bei der MRT [...]".	28
Brandenburg et al. (2014) USA	Ultrasound Elastography: The New Frontier in Direct Measurement of Muscle Stiffness (Accepted Manuscript)	den Einsatz von Brightness-Mode-Ultraschall und Doppler-Ultraschall in der physikalischen Medizin und Rehabilitation diskutieren	"[...] Diese Technologie wird Forscher*innen und Anbietern im Bereich der physikalischen Medizin und Rehabilitation ein neues Werkzeug an die Hand geben, um das Verständnis der Muskeleigenschaften und der Auswirkungen dieser Eigenschaften auf die Funktion zu fördern [...]".	64
Robert Śmigielski, (2008) Poland	Management of Partial Tears of the Gastro-Soleus Complex	Leitfaden für Teilrisse des Gastro-Soleus-Komplexes	US kann bei der Folgediagnose eingesetzt werden, um eine weitere Erhöhung der Belastung festzustellen	30
Systematic Review				
Author (year) **Country**	**Title**	**Methode**	**Resultat**	**Qualitäts-bewertung**
(Fournier-Farley et al., 2016) Canada	Determinants of Return to Play After the Nonoperative Management of Hamstring Injuries in Athletes	computergestützte Literaturrecherche in den Datenbanken CINAHL, MEDLINE, Embase und EBM Reviews (sowie eine manuelle Suche in den Referenzlisten aller ausgewählten Artikel) Schlüsselwörter: Kniesehnenverletzung; Rückkehr zum Spiel; Bildgebung; Rehabilitation	24 Studien wurden einbezogen; 4 davon sind Ultraschallstudien; negativ prognostische US-Befunde sind: Verletzung des Biceps femoris, große Querschnittsfläche, Hämatom, Verletzung außerhalb der muskulotendinösen Verbindung und strukturelle Verletzung	CASP-Checkliste für SMR*: 7/9

Tabelle 6: Studienmerkmale und Ergebnisse des Übersichtsartikels und des systematischen Reviews siehe vorherige Seiten

Im letzten Fallbericht wird ein 21-jähriger männlicher Baseball-Outfielder vorgestellt, der eine nicht traumatische muskulotendinöse Ruptur der Kniesehne erlitt. Zur Diagnose führte das Team eine körperliche Untersuchung durch und vergliche US mit MRT. Die US-Untersuchung war im akuten Stadium der Verletzung für die Diagnose der meisten Hamstringverletzungen ebenso sensitiv wie die MRT. Die Vorteile waren die schnelle und verfügbare Bildgebung und die Kosteneffizienz. Allerdings ist MRT zuverlässiger bei tiefen Muskel- und Abrissverletzungen. Es kann schwierig sein, den Grad des muskulotendinösen Risses zu bestimmen. Um dieses Problem zu überwinden, sollte der Muskel während der US-Bildgebung kontrahiert werden, damit die durch den muskulotendinösen Riss verursachte Lücke sichtbar wird *(Lin et al., 2008*). Dieser Fallbericht erreichte 6/8 im JBI-Score für Fallberichte.

Tabelle 7: Haupt- und Unterthemen

Aktuelle klinische Anwendung des diagnostischen Ultraschalls	
	Biofeedback für Beckenboden und transversus abdominis
Ausbildung in der Anwendung des diagnostischen Ultraschalls	
	Begrenzt Unternehmen, die Geräte liefern und einige Schulungen anbieten Überholte Krankenhausgeräte Problem, in einer Praxis angestellt zu sein, die eine Maschine hat
Übung in der Anwendung des diagnostischen Ultraschalls	
	An sich selbst, anderen Physiotherapeut*innen und Patientinnen üben
Wahrgenommene Bedeutung des diagnostischen Ultraschalls in der klinischen Praxis	
	Nebenberuflich Notwendig, um Patientinnen zu halten und anzuziehen
Bedürfnisse im Hinblick auf diagnostischen Ultraschall	
	Ausbildung Fehlende Pathologien Erwartungen der Patientinnen

<u>*Qualitative Studien*</u>
Eine qualitative Studie wurde gefunden und in die Recherche einbezogen. In zwei Fokusgruppen (n1 = 10, n2 = 6) wurden Physiotherapeut*innen zu ihren Erfahrungen mit der Anwendung von diagnostischem Ultraschall-Biofeedback des weiblichen Beckenbodens befragt. Eines der Hauptprobleme war die begrenzte Ausbildung und Erfahrung mit der Ultraschalldiagnostik. Würden sich die Physiotherapeut*innen sicherer in der Anwendung des US fühlen, würden sie es häufiger einsetzen. Es besteht ein Bedarf an professioneller Ausbildung in der Anwendung von diagnostischem Ultraschall, die auf die Bedürfnisse von Physiotherapeut*innen zugeschnitten ist. *(McKiernan et al., 2013)*. Tabelle 7 zeigt die Liste der Haupt- und Unterthemen. Zur Bewertung der Qualität dieser Studie wurde die CASP-Checkliste für qualitative Studien verwendet, die eine Punktzahl von 10/10 erreichte.

<u>*Kohortenstudie*</u>
In einer prospektiven Kohortenstudie von Gandolfi et al. *(2018)* wurden 27 Patient*innen nach VKB-Rekonstruktion untersucht. Sie maßen die Veränderungen der Gleichgewichtsfähigkeit und der Morphometrie des M. semitendinosus und untersuchten, ob es einen Zusammenhang zwischen diesen beiden Faktoren gab. Die Muskelmorphometrie wurde mit der des nicht betroffenen Beins verglichen. Das Gleichgewicht wurde mit einer stabilometrischen Plattform bewertet und die strukturellen Muskeleigenschaften (Querschnittsfläche, Muskeldicke, elastische Eigenschaften) wurden 3 Monate (T0), 6 Monate und 1 Jahr nach der VKB-Rekonstruktion mit US gemessen. Sie fanden einen signifikanten Unterschied in der Querschnittsfläche (CSA; p<0,001), der Muskeldicke (MT; p<0,001) und den elastischen Eigenschaften (%HDR; p < 0,001) im Zeitverlauf. Die Interaktion „Zeit*Seite“ war signifikant für CSA (p=0,02) und %HRD (p=0,01). Darüber hinaus wurde eine negative Korrelation zwischen der prozentualen Differenz der Schwankung (PDS) auf der nachgiebigen Oberfläche und dem CSA bei 3 (r=- 0,71, n=27, p<0,001) und 6 Monaten nach der Operation (r=- 0,47, n=27, p=0,013) festgestellt. Die US ist ein geeignetes Instrument zur Bewertung der Veränderungen der Morphometrie des M. semitendinosus. Diese Studie erreichte eine Punktzahl von 12/13 in der CASP-Checkliste für Kohortenstudien.

<u>Querschnittstudien</u>
Crawford et al. *(2021)* untersuchten mit Hilfe der „Spatial Frequency Analysis“ (SFA, einer quantitativen Ultraschallmethode) Veränderungen der Muskelgewebeorganisation nach Hamstring-Zerrungen (HIS). Sie verglichen zum einen den verletzten Teil des Muskels mit dem gesunden Teil desselben Muskels zum Zeitpunkt der Verletzung (TOI), zum anderen diese beiden Regionen mit denselben Regionen desselben Muskels der kontralateralen Extremität. Der Unterschied im „Peak spatial frequency radius“ (PSFR) zwischen der verletzten und der gesunden Region innerhalb der verletzten Gliedmaße war statistisch nicht signifikant (p=0,06), aber das faserförmige Bandenmuster im Verhältnis zum Bildhintergrund (Mmax%) war zwischen den Regionen unterschiedlich (p<0,001). In der kontralateralen Extremität wurden beim TOI keine Unterschiede zwischen den Regionen festgestellt (PSFR, p=0,16; Mmax%, p=0,30). Signifikante Unterschiede innerhalb des Bildes bei PSFR (p=0,03) und Mmax% (p=0,04) bei RTS wurden im Vergleich zum TOI festgestellt. Die SFA ist ein nützliches Instrument zur Beurteilung der faszikulären Zerstörung und des Vorhandenseins eines Ödems bei akuter HSI. Diese Studie erreichte eine Punktzahl von 7/8 im JBI-Score für Querschnittstudien.

Die Zuverlässigkeit und diskriminierende Validität der Echtzeit-Ultraschall-Elastografie (RTE) zur Messung der Weichteilelastizität nach einem Wadenmuskelriss wurde untersucht durch Martínez-Rodríguez et al. *(2021)*. Die ICC-Werte lagen zwischen 0,77 und 0,95 und die SEM-Werte zwischen 0,72 und 0,99. Außerdem waren die Prüfer in der Lage, Unterschiede in den elastischen Eigenschaften zwischen verletztem und gesundem Bein festzustellen (p<0,001). Beide Prüfer haben Erfahrung in der Anwendung von RTE. Sie kamen zu dem Schluss, dass RTE nützlich ist für „[...] die Erkennung von Risikofaktoren für Muskelverletzungen im Zusammenhang mit Veränderungen des mechanischen Verhaltens von Weichteilen [...]“ *(Martínez-Rodríguez et al., 2021).* Diese Studie erreichte im JBI-Score für Querschnittstudien eine Punktzahl von 7/8.

Diagnosestudien

Pedret et al. *(2011)* untersuchten die sehr seltenen, isolierten Läsionen des Latissimus dorsi (LD) bei vier Spitzensportlern. Sie konzentrierten sich auf Verletzungen der myotendinösen Verbindung des LD und nicht auf den Sehnenabriss vom proximalen Oberarmknochen. Sie verglichen MRT- und US-Befunde. Ihre Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass isolierte Läsionen des LD durch US- und MRT-Bilder nachgewiesen werden können. Diese Studie wurde als diagnostische Studie gewertet und mit der CASP-Checkliste für diagnostische Studien bewertet und erreichte einen Score von 10/11.
Tabelle 8 gibt einen Überblick über die klinischen Studien.

Diskussion

Erklärung der Hauptergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse sind:

1. US ist ein nützliches und genaues Instrument zur Erkennung von Muskelverletzungen und zur Bestimmung der Schwere der Verletzung.
2. US hat seinen Wert bei der Überwachung des Heilungsprozesses und der Kontrolle des Anstiegs der Trainingsparameter und hilft bei der Bestimmung des Zeitpunkts für die Rückkehr zum Sport.
3. US ist eine kostengünstige und genaue Alternative zur MRT.
4. Dynamische Echtzeituntersuchungen der mechanischen Eigenschaften der Muskeln, wie Steifheit und Elastizität, sind per US möglich.
5. US hat seine Grenzen, insbesondere bei der Erkennung tiefer Muskelverletzungen ist die MRT zuverlässiger
6. Um US-Bilder richtig zu interpretieren, muss man gut geschult und erfahren sein.
7. Zu den Hindernissen für den Einsatz von US in der Physio- und Sporttherapie gehören der Zugang zu Geräten, die Kosten der Geräte, veraltete Geräte und mangelnde Ausbildung in der US-Diagnose.

Andere Quellen unterstützen diese Ergebnisse: US ist die erste Methode der Wahl bei Muskelverletzungen *(Smith & Finnoff, 2009),* ist nützlich für die Lokalisierung des Hämatoms sowie die Charakterisierung der verschiedenen Hämatomarten und hat Einfluss auf die Wahl der Behandlung *(Aspelin et al., 1992)*.

Gaulrapp *(1999)* betont die besondere Bedeutung des US bei der Diagnostik von Muskelverletzungen, wodurch einzelne therapeutische Schritte präziser eingeleitet werden können. Daraus ergibt sich eine größere Sicherheit für Ärzt*innen und Therapeut*innen. Die Vorteile für Patient*innen liegen in einer vermuteten höheren Compliance und einer besseren prognostischen Aussage *(Gaulrapp, 1999).*

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, sind Verletzungen der Hamstrings sehr häufig *(Connell et al., 2004; Slavotinek et al., 2002)*. Sie führen häufig zu einer längeren Rehabilitationsphase und einer Auszeit vom Wettkampf (*Garrett et al., 1989)*. Connell et al. *(2004)* kamen zu dem Schluss, dass die US-Technik bei der Darstellung von akuten Kniesehnenverletzungen ebenso nützlich wie MRT und dass sie aufgrund der geringeren Kosten die bevorzugte Bildgebungstechnik sein könnte. Sie erwähnen aber auch, dass MRT für die Überwachung des Heilungsprozesses im Laufe der Zeit empfindlicher und die in der MRT gemessene Länge der Zerrung ein starker Prädiktor für die Zeit ist, die Sportler*innen brauchen, um zum Sport zurückzukehren *(Connell et al. 2004)*.

Järvinen et al. *(2005)* beschreiben die Nachteile von US: US ist zwar kostengünstig, hängt aber stark von der Erfahrung der Untersuchenden ab. MRT liefert eine genauere und detaillierte-

Author (Jahr) Land	Studientyp	Teilnehmermerkmale	Diagnostik	Intervention	Qualitäts-bewertung
Cormier et al. (2017) USA	Fallstudie	40-jährige Ausdauersportlerin, mit Schmerzen im rechten Bein beim Laufen	Vergleich MRT mit US	konservative Behandlung mit Physiotherapie	JBI-Score 7/8
Ruff et al. (2020) USA	Fallstudie	14-jähriges Mädchen mit extremen Schmerzen und Empfindlichkeit im rechten unteren Quadranten nach post-plyometrischen Power-Knie-Boxsprüngen	klinische Untersuchung und US	Behandlung mit Wirbelsäulenmanipulation und muskuloskelettaler Rehabilitation zur Stabilisierung des Rumpfes	JBI-Score 7/8
Riede et al. (2007) Switzerland	Fallstudie	16-jähriger Fußballspieler mit akutem Kompartmentsyndrom im Oberschenkel	körperliche Untersuchung, MRT, US und Messung des Gewebedrucks	erste 48h Bettruhe mit gestrecktem Bein, keine Physiotherapie, Medikamente gegen Venenthrombose, Schmerzmittel; konservative Behandlung passives und aktives ROM, Progression Physiotherapie im Laufe der Zeit	JBI-Score 7/8
Lin et al. (2008) Taiwan	Fallstudie	21-jähriger männlicher Baseballspieler, der sich eine nicht traumatische muskulotendinöse Ruptur der Kniesehne zugezogen hat	körperliche Untersuchung und Vergleich US mit MRI	einen Monat lang alle sportlichen Aktivitäten und die Physiotherapie eingestellt	JBI-Score 6/8
McKiernan et al. (2013) Australien	Qualitative Studie	2 Gruppen von Physiotherapeut*innen, n1 = 10, n2 = 6) Alter zwischen 30 und 50 Jahren	/	2 Fokusgruppen, Interview und Teilnehmer bekamen Bilder auf einer PowerPoint-Präsentation gezeigt und wurden gebeten, ihre Antworten auf ein Antwortblatt zu schreiben.	CASP-Score 10/10
Gandolfi et al. (2018)	Kohorten-studie	27 Patient*innen nach ACL-Rekonstruktion zwischen 18 und 65 Jahren	Stabilometrische Plattform für das sensomotorische System, US für die Morphometrie des M. semitendinosus, Vergleich mit der	erste Phase vor der Operation = Gewichtsentlastung, NSAR, Kräftigungsübungen Quadrizeps; zweite Phase unmittelbar nach der Operation = standardisierte postoperative Reha mit	CASP-Score 12/13

Crawford et al. (2021)	Querschnitt-studie	11 männliche American-Football-Sportler, nach Zerrung der Kniesehne, Durchschnittsalter ± SD 19,7 ± 1,4	spatial frequency analysis (SFA, ein quantitatives Ultraschallverfahren), um Veränderungen in der Organisation des Muskelgewebes festzustellen
Martínez-Rodríguez et al. (2021)	Querschnitt-studie	21 Freizeitläufer*innen nach Wadenmuskelriss Grad I - II, (14 Männer, 7 Frauen), Durchschnittsalter ± SD 44 ± 8	Echtzeit-Ultraschall-Elastographie (RTE) der Weichteilelastizität
Pedret et al. (2011)	Diagnostik-studie	4 Spitzensportler (1 Tennisspieler, 1 Radrennfahrer, 2 baskische Pelotaspieler) mit Latissimus-Zerrungsverletzung	Vergleich MRT mit US

JBI-Score 7 / 8	keine, Teil einer größeren prospektiven Beobachtungsuntersuchung von College-Sportlern, die eine HSI erlitten haben		
JBI-Score 7 / 8	keine, Intra-/Inter-Examiner-Reliabilität und vergleichende Validitätsstudie		
CASP-Score 10 / 11	absolute Sportruhe und Physiotherapie (Eis, passive progressive Dehnung) für 2 Wochen, danach schrittweise Rückkehr zum Sport unter Aufsicht		

Tabelle 8: Studienmerkmale der klinischen Studien

Studie	Resultate
Gandolfi et al. (2018)	Unterschied in der Querschnittsfläche (CSA; p < 0,001), der Muskeldicke (MT; p < 0,001) und den elastischen Eigenschaften (%HDR; p < 0,001) über die Zeit; Interaktion "Zeit*Seite" CSA (p = 0,02) und %HRD (p= 0,01); negative Korrelation zwischen der prozentualen Differenz des Schwankens (PDS) auf der nachgiebigen Oberfläche und dem CSA bei 3 (r = - 0,71, n = 27, p < 0,001) und 6 Monaten nach der Operation (r = - 0,47, n = 27, p = 0,013)
Crawford et al. (2021)	PSFR* Unterschied in der verletzten und gesunden Region innerhalb der verletzten Extremität (p = 0,06), Mmax%** zwischen den Regionen (p < 0,001); keine Unterschiede zwischen den Regionen in der kontralateralen Extremität (PSFR, p = 0,16; Mmax%, p = 0,30); Unterschiede innerhalb eines Bildes bei PSFR (p = 0,03) und Mmax% (p = 0,04) bei RTS
Martínez-Rodríguez et al. (2021)	ICC-Werte 0,77 - 0,95, SEM-Werte 0,72 - 0,99; Prüfer stellten Unterschiede in den elastischen Eigenschaften zwischen verletztem und gesundem Bein fest (p < 0,001)

re Charakterisierung von Läsionen, kann aber manchmal überempfindlich sein.
Järvinen et al. *(2005)* schlagen vor, zunächst eine klinische Diagnose zu stellen, wenn eine genauere Charakterisierung der Verletzung erforderlich ist, eine US-Untersuchung durchzuführen und bei einer deutlichen Diskrepanz zwischen den Symptomen der Patientin oder des Patienten und den Befunden auf dem US-Bild eine MRT-Untersuchung vorzunehmen.

Es gilt auch zu bedenken, dass sich die US-Technik seit 2005 verbessert hat, z.B. die Ultraschall-Elastografie *(Brandenburg et al., 2014; Martínez-Rodríguez et al., 2021)*. Die US hat sich nicht nur bei Muskelverletzungen als nützliches Instrument erwiesen. Sie ist auch ein nützliches Instrument zur Überprüfung einer Patellarsehnenerkrankung *(Frohm et al., 2007)*.

Sakata et al. *(2021)* verwendeten Stress-US mit Kontraktion des M. flexor digitorum superficialis, um das Potenzial von RTS durch Verletzungen des ulnaren Kollateralbandes bei Baseballspielern vorherzusagen. Der US erwies sich in diesem Fall als nützlich.

Limitationen
Es ist sehr wahrscheinlich, dass aufgrund der verwendeten Schlüsselwörter und ihrer Kombinationen nicht alle relevanten Ergebnisse gefunden wurden. Darüber hinaus wurden nur drei Datenbanken für die Literatursuche verwendet. Das Screening der Titel und Abstracts sowie das Lesen der Volltexte wurden nur von einem Autor (MK) durchgeführt. Infolgedessen wurde möglicherweise relevante Literatur übersehen. Diese Faktoren waren auf einen Mangel an Zeit und Ressourcen zurückzuführen. Auch wurde die Bewertung nur von einem Autor (MK) vorgenommen. Dies bedeutet, dass keine Vergleichbarkeit gegeben ist und eine falsche Bewertung einiger Studien denkbar ist.

Implikationen
Der Nutzen des diagnostischen Muskelskelett-US wird durch die Evidenzbasis gestützt. Damit Physio- und Sporttherapeut*innen diesen in ihrer täglichen Praxis anwenden können, muss eine angemessene und gezielte Ausbildung für diese Berufsgruppen stattfinden. Das Curriculum der Bachelor- und Master-Studiengänge könnte zu diesem Zweck angepasst werden. Es gibt bereits Möglichkeiten, sich nach dem Studium in diesem Bereich weiterzubilden, z.B. bei SonoSkills (Home / SonoSkills, n.d.). Wenn Physio- und Sporttherapeut*innen entsprechend ausgebildet sind, Eine gute Ausbildung und Erfahrung sind erforderlich. Es ist wichtig, die Grenzen der US-Untersuchung zu kennen und zu wissen, wann eine weitere Diagnose, z.B. mittels MRT, erforderlich ist.

Marc Kwidzinski
marc.k.mscpt@gmail.com

Review

Literaturverzeichnis

Aspelin, P., Ekberg, O., Thorsson, O., et al. Ultrasound examination of soft tissue injury of the lower limb in athletes. The American Journal of Sports Medicine, 20(5), 601–603. https://doi.org/10.1177/036354659202000519

Best, T. M., & Hunter, K. D. (2000). Muscle Injury and Repair. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, 11(2), 251–266. https://doi.org/10.1016/S1047-9651(18)30128-1

Brandenburg, J. E., Eby, et al.(2014). Ultrasound Elastography: The New Frontier in Direct Measurement of Muscle Stiffness. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 95(11), 2207–2219. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.07.007

CASP Checklists. (2018). CASP - Critical Appraisal Skills Programme. https://casp-uk.net/casp-tools-checklists/

Connell, D. A., Schneider-Kolsky, et al. (2004). Longitudinal Study Comparing Sonographic and MRI Assessments of Acute and Healing Hamstring Injuries. American Journal of Roentgenology, 183(4), 975–984. https://doi.org/10.2214/ajr.183.4.1830975

Cormier, D. J., Gellhorn, A. C., & Singh, J. R. (2017). Soleus Muscle Herniation With Magnetic Resonance Imaging and Ultrasound Correlation in a Female Long-Distance Runner: A Case Report. PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation, 9(5), 529–532. https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.10.021

Courthaliac, C., Lhoste-Trouilloud, A., & Peetrons, P. (2005). Échographie des muscles. Journal de Radiologie, 86(12, Part 2), 1859–1867. https://doi.org/10.1016/S0221-0363(05)81536-7

Crawford, S. K., Wille, C. M., Stiffler-Joachim, M. R., et al. (2021). Spatial frequency analysis detects altered tissue organization following hamstring strain injury at time of injury but not return to sport. BMC Medical Imaging, 21(1), 190. https://doi.org/10.1186/s12880-021-00721-1

Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). The American Journal of Sports Medicine, 39(6), 1226–1232. https://doi.org/10.1177/0363546510395879

Emami, F., Yoosefinejad, A. K., & Razeghi, M. (2018). Correlations between core muscle geometry, pain intensity, functional disability and postural balance in patients with nonspecific mechanical low back pain. Medical Engineering & Physics, 60, 39–46. https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2018.07.006

Fournier-Farley, C., Lamontagne, M., Gendron, P., et al. (2016). Determinants of Return to Play After the Nonoperative Management of Hamstring Injuries in Athletes: A Systematic Review. The American Journal of Sports Medicine, 44(8), 2166–2172. https://doi.org/10.1177/0363546515617472

Frohm, A., Saartok, T., Halvorsen, K., et al. (2007). Eccentric treatment for patellar tendinopathy: A prospective randomised short-term pilot study of two rehabilitation protocols. British Journal of Sports Medicine, 41(7), e7. https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.032599

Gandolfi, M., Ricci, M., Sambugaro, E., et al. (2018). Changes in the sensorimotor system and semitendinosus muscle morphometry after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective cohort study with 1-year follow-up. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA, 26(12), 3770–3779. https://doi.org/10.1007/s00167-018-5020-5

Garrett, W. E., Rich, F. R., Nikolaou, P. K., et al. (1989). Computed tomography of hamstring muscle strains. Medicine and Science in Sports and Exercise, 21(5), 506–514.

Gaulrapp, H. (1999). Das "tennis leg": Sonographische Differentialdiagnostik und Verlaufskontrolle. Sportverletzung · Sportschaden, 13(2), 53–58. https://doi.org/10.1055/s-2007-993314

Gille, J., Bark, S., Riepenhof, H., et al.(2013). Infiltrationsbehandlung bei akuten Muskelverletzungen: Sinn oder Unsinn? / Infiltration Treatment in Acute Muscle Injuries: Fact or Fiction? German Journal of Sports Medicine / Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin, 64(4), 98–102.

Hall, M. M. (2018). Return to Play After Thigh Muscle Injury: Utility of Serial Ultrasound in Guiding Clinical Progression. Current Sports Medicine Reports, 17(9), 296–301. https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000516

Hamilton, B., Alonso, J.-M., & Best, T. M. (2017). Time for a paradigm shift in the classification of muscle injuries. Journal of Sport and Health Science, 6(3), 255–261. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.04.011

Home / SonoSkills. (n.d.). Retrieved 21 August 2022, from https://www.sonoskills.com/de-de/home/

Hotfiel, T., Carl, H.-D., Swoboda, B., et al. (2016). Konservative Therapie von Muskelverletzungen – Beurteilung aktueller Behandlungskonzepte. Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie, 154(3), 245–253. https://doi.org/10.1055/s-0042-100479

Huard, J., Li, Y., & Fu, F. H. (2002). Muscle Injuries and Repair: Current Trends in Research. JBJS, 84(5), 822–832.

Järvinen, T. A. H., Järvinen, T. L. N., Kääriäinen, M., et al. (2005). Muscle Injuries: Biology and Treatment. The American Journal of Sports Medicine, 33(5), 745–764. https://doi.org/10.1177/0363546505274714

Kieb, M., Lorbach, O., & Engelhardt, M. (2010). Muskelverletzungen: Diagnostik und Behandlungen. Der Orthopäde, 39(12), 1098–1107. https://doi.org/10.1007/s00132-010-1693-2

Lempainen, L., Mechó, S., Valle, X., et al. (2022). Management of anterior thigh injuries in soccer players: Practical guide. BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation, 14(1), 41. https://doi.org/10.1186/s13102-022-00428-y

Lin, Y.-T., Chiu, Y.-N., Lin, H.-W., et al. (2008). Sonographic Diagnosis of Nontraumatic Musculotendinous Rupture of Hamstring. Journal of Medical Ultrasound, 16(3), 233–236. https://doi.org/10.1016/S0929-6441(08)60053-3

Martin, J. (2017a). © Joanna Briggs Institute 2017 Critical Appraisal Checklist for Analytical Cross Sectional Studies. 7.

Martin, J. (2017b). © Joanna Briggs Institute 2017 Critical Appraisal Checklist for Case Reports. 5.

Martínez-Rodríguez, R., Galán-del-Río, F., Cantalapiedra, J. A., et al. (2021). Reliability and discriminative validity of real-time ultrasound elastography in the assessment of tissue stiffness after calf muscle injury. Journal of Bodywork and Movement Therapies, 28, 463–469. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.06.019

McKiernan, S., Chiarelli, P., & Warren-Forward, H. (2013). Professional issues in the use of diagnostic ultrasound biofeedback in physiotherapy of the female pelvic floor. Radiography, 19(2), 117–124. https://doi.org/10.1016/j.radi.2013.01.006

Orchard, J., & Best, T. M. (2002). The Management of Muscle Strain Injuries: An Early Return Versus the Risk of Recurrence. Clinical Journal of Sport Medicine, 12(1), 3–5.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Paoletta, M., Moretti, A., Liguori, S., et al. (2021). Ultrasound Imaging in Sport-Related Muscle

Injuries: Pitfalls and Opportunities. Medicina (Kaunas, Lithuania), 57(10), 1040. https://doi.org/10.3390/medicina57101040

Pedret, C., Balius, R., & Idoate, F. (2011). Sonography and MRI of latissimus dorsi strain injury in four elite athletes. Skeletal Radiology, 40(5), 603–608. https://doi.org/10.1007/s00256-010-1007-0

Peetrons, P. (2002). Ultrasound of muscles. European Radiology, 12(1), 35–43. https://doi.org/10.1007/s00330-001-1164-6

Riede, U., Schmid, M. R., & Romero, J. (2007). Conservative treatment of an acute compartment syndrome of the thigh. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, 127(4), 269–275. https://doi.org/10.1007/s00402-006-0199-1

Robert migielski. (2008). Management of Partial Tears of the Gastro-Soleus Complex. Clinics in Sports Medicine, 27(1), 219–229. https://doi.org/10.1016/j.csm.2007.10.005

Ruff, A. N., Cornelson, S. M., Panter, A. S., et al. (2020). Rectus abdominis muscle tear diagnosed with sonography and its conservative management. Journal of Ultrasound, 23(3), 401–406. https://doi.org/10.1007/s40477-019-00416-y

Sakata, J., Miyazaki, T., Akeda, M., et al. (2021). Return-to-play outcomes in high school baseball players after ulnar collateral ligament injuries: Dynamic contributions of flexor digitorum superficialis function. Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 30(6), 1329–1335. https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.09.022

Sarto, F., Spörri, J., Fitze, D. P., et al. (2021). Implementing Ultrasound Imaging for the Assessment of Muscle and Tendon Properties in Elite Sports: Practical Aspects, Methodological Considerations and Future Directions. Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 51(6), 1151–1170. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01436-7

Slavotinek, J. P., Verrall, G. M., & Fon, G. T. (2002). Hamstring Injury in Athletes: Using MR Imaging Measurements to Compare Extent of Muscle Injury with Amount of Time Lost from Competition. American Journal of Roentgenology, 179(6), 1621–1628. https://doi.org/10.2214/ajr.179.6.1791621

Smith, J., & Finnoff, J. T. (2009). Diagnostic and Interventional Musculoskeletal Ultrasound: Part 1. Fundamentals. PM&R, 1(1), 64–75. https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2008.09.001

Wong, A. Y. L., Parent, E. C., Funabashi, M., et al. (2013). Do various baseline characteristics of transversus abdominis and lumbar multifidus predict clinical outcomes in nonspecific low back pain? A systematic review. Pain, 154(12), 2589–2602. https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.07.010

Woodhouse, J. B., & McNally, E. G. (2011). Ultrasound of Skeletal Muscle Injury: An Update. Seminars in Ultrasound, CT and MRI, 32(2), 91–100. https://doi.org/10.1053/j.sult.2010.12.002

Eine Parallele zur Lenden-Becken-Hüftregion

Die Füße sind der Beginn der kinematischen Kette der unteren Extremitäten. Jeden Tag werden sie durch Stehen, Gehen, Laufen, Rennen und Springen belastet. Bei solchen Aktivitäten ist die Anforderung an Flexibilität und Stabilität hoch. Zudem müssen sie bei jedem Bodenkontakt in den elastischen Strukturen Energie aufnehmen und abgeben sowie über die Muskulatur Kraft entwickeln. Es wird erwartet, dass die Füße funktionieren, ohne sich um sie kümmern zu müssen. Nur wenige integrieren ein gezieltes Training der Fußmuskulatur in ihren Alltag oder Sport, um die Funktionsfähigkeit dieser komplexen Körperregion zu erhalten oder zu steigern. Das Resultat: Das Risiko für Verletzungen und Beschwerden an den unteren Extremitäten und im Bereich des Rückens steigt, insbesondere in Verbindung mit einem bestehenden Plattfuß, der bei knapp 30% der Erwachsenen präsent ist *(Cheng et al. 2024, Huang et al. 2022, Jaffri et al. 2023, Wei et al. 2022)*.

Um die Bedeutung des Trainings des Fußes bewusst zu machen, veröffentlichten McKeon und Kollegen 2015 zwei Übersichtsarbeiten, in denen sie ein anschauliches Modell hinsichtlich der intrinsischen Fußmuskulatur und deren Funktion sowie Training im Bereich der Prävention und Rehabilitation darstellten: das »Foot Core System« *(McKeon et al. 2015, McKeon & Fourchet 2015)*. Im Folgenden werden diese beiden Arbeiten zusammengefasst und das »Foot Core System« erklärt.

Das System mit seinen Subsystemen

Die Autoren übertrugen das weit bekannte »Core System« der Lenden-Becken-Hüftregion, das aus einem aktiven, passiven und neuronalen Subsystem besteht, auf den Fuß *(Abbildung 1)*. Das neurale Subsystem umfasst sensorische Rezeptoren in den Faszien, Gelenkkapseln, Bändern, Muskeln und Sehnen. Diese nehmen mechanische Informationen auf und leiten sie über afferente Bahnen zum zentralen Nervensystem weiter, das, sobald eine Schwelle überschritten wird, efferente Signale zur Muskulatur sendet, um Kräfte und Bewegung zu verändern. Es ist ein stetig ablaufender sensomotorischer Regelkreislauf zur Kontrolle von statischen Haltepositionen und dynamischen Bewegungen. Das passive Subsystem besteht aus Knochen und Gelenken mit ihrem Kapsel-/Bandapparat und das aktive Subsystem aus Muskulatur, genauer den lokalen Stabilisatoren (z. B. Multifidus und Transversus abdominis) und globalen Mobilisatoren (z. B. Latissimus dorsi). Erstere bilden bei guter Funktionsfähigkeit eine stabile Basis für Bewegung, während letztere die Hauptbewegungsmuskeln darstellen. Werden die lokalen Stabilisatoren nicht angemessen rekrutiert oder sind sie schwach, so entsteht eine funktionelle Instabilität mit Haltungsabweichungen und abnormalen Bewegungsmustern, die wiederum zu Überlastungsbeschwerden und Verletzungen am Rumpf und der Extremitäten führen können.

Aktives Subsystem des Fußes

Wie die Lenden-Becken-Hüftregion wird auch das Fußgewölbe neben dem neuronalen und passiven Subsystem von lokalen Stabilisatoren und globalen Mobilisatoren kontrolliert. Die Stabilisatoren bestehen aus der plantaren intrinsischen Fußmuskulatur, die am Fuß entspringt und ansetzt, die Mobilisatoren hingegen aus der Muskulatur, die vom Unterschenkel über das Sprunggelenk zum Fuß verläuft. Die plantare intrinsische Fußmuskulatur ist in vier Schichten aufgebaut und steht in einem funktionellen Zusammenhang mit dem Längs- und Quergewölbe des Fußes *(Abbildung 2)*. Sie bestimmt das Ausmaß und die Geschwindigkeit der Gewölbedeformierung zur Kräfteabmilderung und -verteilung sowie Stabilität und Balance bei jedem

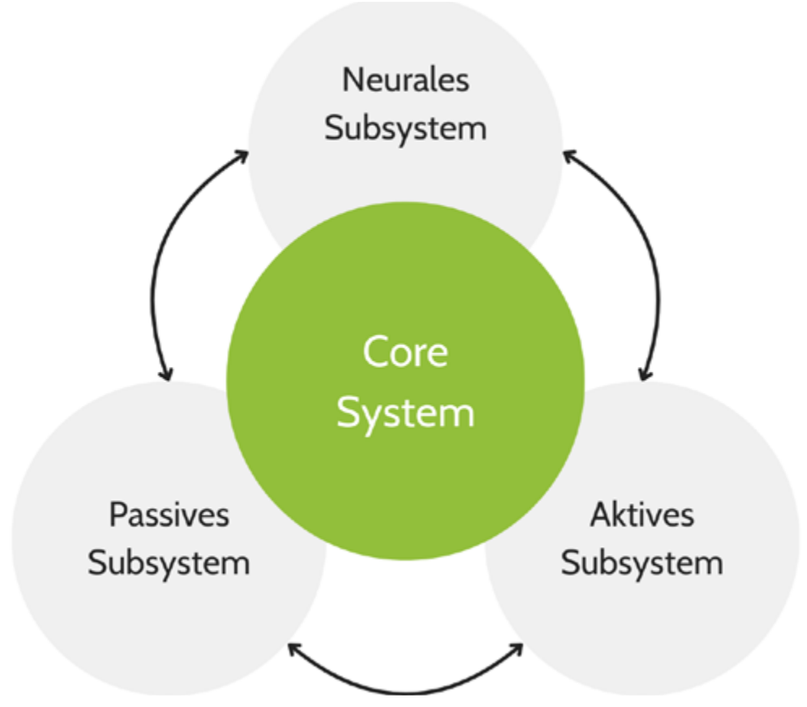


Abb. 1: Das »Core System« mit dem neuronalen, passiven und aktiven Subsystem, die jeweils miteinander interagieren.

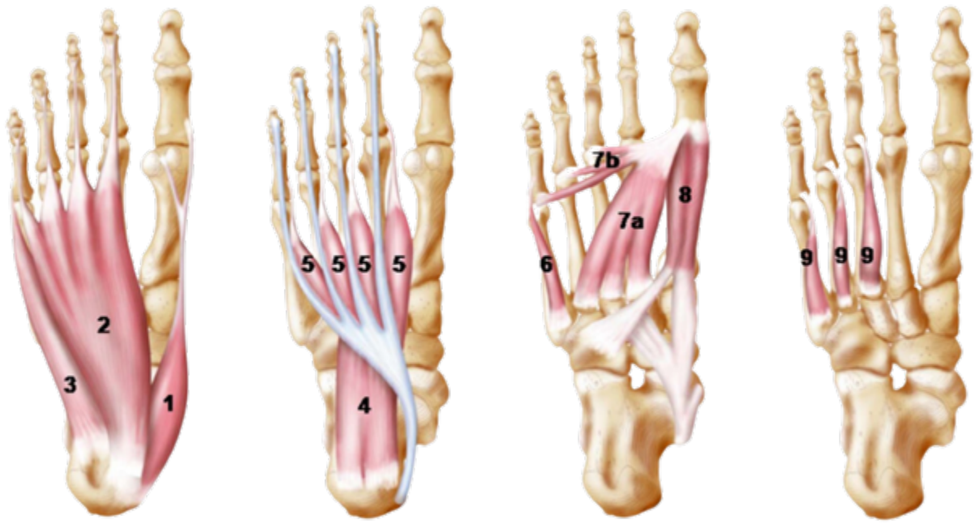


Abb. 2: Plantare intrinsische Fußmuskulatur mit ihrem vierschichtigen Aufbau: (1) Abductor hallucis, (2) Flexor digitorum brevis, (3) Abductor digiti minimi, (4) Quadratus plantae, (5) Lumbricales, (6) Flexor digiti minimi, (7) Adductor hallucis oblique, (8) Flexor hallucis brevis, (9) Plantar interossei (Abbildung aus McKeon et al. 2015)

einzelnen Schritt. Aber auch die Mobilisatoren haben einen indirekten Einfluss auf das gesamte Fußgewölbe. Die Achillessehne des Trizeps surae moduliert etwa die Spannung der Plantaraponeurose, die wiederum für die Funktion des Fußgewölbes eine bedeutende Rolle spielt.

Testung der plantaren intrinsischen Fußmuskulatur

Mehrere Tests zur Überprüfung der plantaren intrinsischen Fußmuskulatur sind beschrieben, es besteht jedoch kein Goldstandard. Eine funktionelle Testung, bei der beurteilt wird, wie gut die neutrale Fußposition (satter Fersenkontakt mit allen Metatarsalköpfchen auf dem Boden) und Höhe des medialen Fußlängsgewölbes (über die Position des Navikulare) bei einem 30-sekündigen Einbeinstand gehalten werden kann, eignet sich gut für die physiotherapeutische Praxis *(Abbildung 3 a/b)*.

Training der plantaren intrinsischen Fußmuskulatur

Mehrere Übungen sind zum Training der plantaren intrinsischen Fußmuskulatur beschrieben. Der »Kurze Fuß« ist davon die anerkannteste und am besten untersuchte *(Huang et al. 2022, Wei et al. 2022)*.

»**Kurzer Fuß**«
Im Gegensatz zu Übungen wie Zehenkrallen, bei denen die extrinsische Fußmuskulatur stark beteiligt ist, ist das Ziel bei der Übung »Kurzer Fuß«, die plantare intrinsische Fußmuskulatur isoliert, ohne Beteiligung der globalen Mobilisatoren, zu kontrahieren. Das Erlernen der kontrollierten Ansteuerung steht im Vordergrund, bevor die Steigerung deren Kapazität und weiter die funktionelle Integration eine wichtige Rolle beim Training einnimmt.

Abb. 3: Einbeinstand mit neutraler Fußposition (a) und aufgerichtetem Fußgewölbe (b)

Der Fuß wird »verkürzt«, indem mit der plantaren intrinsischen Fußmuskulatur das Großzehengrundgelenk in Richtung Kalkaneus gezogen wird, wodurch sich das mediale Fußlängsgewölbe aufrichtet (*Abbildung 4)*. Während der Übungsdurchführung befindet sich der Kalkaneus in einer neutralen Position im subtalaren Gelenk und die Metatarsalköpfchen haben Bodenkontakt. Die Zehen sind weder gebeugt noch gestreckt. Die Übung kann zunächst passiv erfolgen, indem der Therapeut oder die Therapeutin den Fuß des Patienten oder der Patientin bewegt. Hat er oder sie ein Gespür entwickelt, dann wird der »Kurze Fuß« aktiv-assistiv und weiter aktiv geübt. Die weitere Progression erfolgt durch einen Wechsel der Ausgangsposition vom Sitzen über den Zweibeinstand zum Einbeinstand und weiter zu funktionellen Aktivitäten wie Kniebeugen und Einbeinsprüngen. Dabei nimmt die Muskelaktivität stetig zu.

Abbildung 4: Übung »Kurzer Fuß«

Foot-Core-System

Elektrische Muskelstimulation
Auch die elektrische Muskelstimulation (EMS) kann zum aktiv-assistiven Training der plantaren intrinsischen Fußmuskulatur eingesetzt werden. Dabei werden die beiden Elektroden direkt proximal des ersten Metatarsalköpfchens angebracht *(Abbildung 5 a/b)*. Der Patient oder die Patientin sitzt oder steht in einer subtalaren Neutralposition des Fußes. Während der Strom die Muskulatur maximal kontrahiert, ist er oder sie angehalten, die Übung »Kurzer Fuß« aktiv durchzuführen. Die Stromstärke ist von Training zu Training anzupassen, sodass immer die höchstmögliche Muskelkontraktion entsteht, ohne Unbehagen. In der Pausenzeit zwischen den Kontraktionen mit submaximalem Stimulus, stellt der Patient oder die Patientin immer wieder ganz bewusst die subtalare Neutralposition her, sodass die nächste Kontraktion aus dieser Position erfolgt.

Während des Trainings mit EMS innerhalb eines Zeitraums von drei bis sechs Wochen sollte es dem Patienten oder der Patientin immer besser gelingen, die plantare intrinsische Fußmuskulatur aktiv anzusteuern. Die Progression erfolgt ebenso vom Sitz über den Zweibeinstand in den Einbeinstand, weiter zu funktionellen Übungen, wie die Beid- und Einbeinkniebeuge (gegebenenfalls mit Zusatzlast), wobei das mediale Längsgewölbe des Fußes immer mehr beansprucht wird. Zeigt der Patient oder die Patientin eine gute Ansteuerung der plantaren intrinsischen Fußmuskulatur, dann kann die EMS-Unterstützung beendet werden.

Vorbereitung
Vor Beginn der Übung ist es ratsam, die Wahrnehmung für die neutrale Fußposition zu schulen. Dazu wird der Patient oder die Patientin angewiesen, beide Füße flach auf den Boden stellen und anschließend die mediale Seite (Supination) sowie laterale Seite (Pronation) wechselseitig vom Boden weitestmöglich abzuheben, ohne seitliche Bewegung der Knie. Hat der Patient oder die Patientin ein Gefühl für diese Bewegungen entwickelt, so wird er oder sie erneut angehalten, die mediale Fußseite maximal anzuheben (Supination), um sie danach wieder zurückzuführen, bis der Großzehenballen sanft den Boden berührt. Diese Position kann als neutrale, subtalare Fußposition betrachtet werden, als Mittelstellung zwischen Supination und Pronation des Rück- und Vorfußes. In diese Position sollte der Patient oder die Patientin für jede Wiederholung des »Kurzen Fußes« zurückkehren.

Zudem können Übungen zur Mobilisation des Fußes *(Abbildung 6 a/b)* und Stimulation des neuronalen Subsystems *(Abbildung 7)* vorab durchgeführt werden.

Parameter für das EMS-Training	
Wellenform	Symmetrisch biphasisch
Frequenz	85 Hz
Pulslänge	400 µs
Kontraktionsdauer	4 Sek.
Anstieg	0,25 Sek.
Abnahme	0,75 Sek.
Pausendauer	8 Sek.
Behandlungsdauer	15 Min.
Kontraktionen	75

Abb. 5: Elektrodenanlage für das EMS-Training der plantaren intrinsischen Fußmuskulatur

Abb. 6 a/b: Eigenmobilisation der Fußgelenke durch Verwringung des Fußes

Abb. 7: Eigenmassage der Fußsohle mit einem Ball zur Stimulation des neuronalen Subsystems

Wirkung
Über einen Trainingszeitraum von mindestens fünf Wochen verbessert sich durch die Übung »Kurzer Fuß« nachweislich die Funktion des Fußes. Es kommt etwa zur Reduktion des medialen Kollapses (Absenkung des Navikulare und damit des medialen Fußlängsgewölbes) und Verbesserung der plantaren Druckverteilung sowie der statischen und dynamischen Stabilität und Balance. Auch ist eine Zunahme des subjektiven Stabilitätsgefühls, genauso wie des Querschnitts der plantaren intrinsischen Fußmuskulatur und der Flexionskraft der Zehen zu erkennen *(Cheng et al. 2024, De Souza et al. 2023, Hara et al. 2023, Huang et al. 2022, Jaffri et al. 2023, Wei et al. 2022)*.

Barfußschuhe/minimalistisches Schuhwerk

Zur Verbesserung des »Foot Core« können Barfußschuhe und anderes minimalistisches Schuhwerk während des Gehens und Laufens ergänzend verwendet werden. Es gibt Nachweise, dass sich dadurch über einen Zeitraum von vier Monaten die Fußlänge über eine Erhöhung des medialen Fußlängsgewölbes verkürzt. Ebenso wurde nachgewiesen, dass es durch ein fünfmonatiges Tragen zu einer Querschnittszunahme und Kraftsteigerung der plantaren intrinsischen Fußmuskulatur kommt *(McKeon & Fourchet 2015)*.

Fazit

Die Übung »Kurzer Fuß« sollte als Basisübung zur Stabilisation des Fußes und damit der gesamten kinematischen Kette der unteren Extremität betrachtet werden, ähnlich wie das »Abdominal Drawing-In Manoeuvre« zur Ansteuerung des Transversus abdominis eine Basisübung zur Stabilisation der Lenden-Becken-Hüftregion ist. Sie trägt zur Prävention von Verletzungen und Beschwerden bei und unterstützt die Rehabilitation. Komplexere Übungen, die eine hohe statische oder dynamische neuromuskuläre Kontrolle des Fußes erfordern, wie die Kniebeuge oder Sprungvarianten, sollten auf den »Kurzen Fuß« aufbauen.

Patrick Hartmann
mail@patrick-hartmann.de

Literaturverzeichnis

Cheng J, Han D, Qu J, et al. Effects of short foot training on foot posture in patients with flatfeet: A systematic review and meta-analysis. J Back Musculoskelet Rehabil. 2024;37: 839–51.

De Souza TMM, De Oliveira Coutinho VG, Tessutti VD, et al. Effects of intrinsic foot muscle strengthening on the medial longitudinal arch mobility and function: A systematic review. J Bodyw Mov Ther. 2023;36: 89–99.

Hara S, Kitano M, Kudo S. The effects of short foot exercises to treat flat foot deformity: A systematic review. J Back Musculoskelet Rehabil. 2023;36: 21–33.

Huang C, Chen L-Y, Liao Y-H, et al. Effects of the Short-Foot Exercise on Foot Alignment and Muscle Hypertrophy in Flatfoot Individuals: A Meta-Analysis. Int J Environ Res Public Health. 2022;19: 11994.

Jaffri AH, Koldenhoven R, Saliba S, et al. Evidence for Intrinsic Foot Muscle Training in Improving Foot Function: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Athl Train. 2023;58: 941–51.

McKeon PO, Fourchet F. Freeing the Foot. Clin Sports Med. 2015;34: 347–61.

McKeon PO, Hertel J, Bramble D, et al. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. Br J Sports Med. 2015;49: 290–290.

Wei Z, Zeng Z, Liu M, et al. Effect of intrinsic foot muscles training on foot function and dynamic postural balance: A systematic review and meta-analysis. PLOS ONE. 2022;17: e0266525.

Foot-Core-System

Der 6-Minuten-Gehtest

Einleitung

Beim 6-Minuten-Gehtest (=6-minutes-walking-test =6MWT/6MGT) wird gemessen, wie weit die Person innerhalb von 6 Minuten gehen kann. Die zurückgelegte Distanz gibt Aufschluss über die funktionelle Belastbarkeit. Der Test ist unter anderem so beliebt, weil er einfach durchzuführen ist, kein zusätzliches Equipment erfordert, kostengünstig und nicht invasiv ist und problemlos wiederholt werden kann. Seit der Entwicklung des 6MGT in den frühen 1970er Jahren gewinnt der Test in der klinischen Praxis und Forschung zunehmend an Bedeutung.

Hintergrund

Die physiologische Reaktion auf den 6MGT entspricht einer submaximalen, intensiven Belastung. Der 6MGT ist demnach ein Funktionstest, der mit submaximaler Anstrengung durchgeführt wird und die Aktivitäten des täglichen Lebens widerspiegelt *(Cacau et al. 2016; Dobson et al. 2017; Pant et al. 2022; Pritchard et al. 2022)*. In der Regel wird der Test auf einem langen, leeren Flur durchgeführt und regelmäßig wiederholt, um Rück- oder Fortschritte zu überwachen.

In welcher Population wende ich den Test an?

Studien haben gezeigt, dass eine eingeschränkte Gehfähigkeit mit einem erhöhten Risiko für kognitive Beeinträchtigungen und Funktionseinbußen bei älteren Menschen verbunden ist. Die Gehfähigkeit ist demnach ein wichtiger Indikator sowohl für die körperliche als auch die kognitive Gesundheit älterer Erwachsener *(Chan et al. 2022)*. Der 6MGT misst die funktionelle körperliche Leistungsfähigkeit bei älteren, gebrechlichen Patient*innen mit chronischen Krankheiten, die nicht in der Lage sind, maximale Ergometer- oder Laufbandtests durchzuführen. Unter anderem wird er eingesetzt bei Personen mit

- kardiovaskulären Erkrankungen wie chronische Herzinsuffizienz,
- Atemwegserkrankungen wie COPD,
- Sarkopenie und Gebrechlichkeit,
- Krebserkrankungen,
- neurologischen Erkrankungen wie Schlaganfall,
- geriatrischen Symptomen,
- Demenz,
- Adipositas und
- orthopädischen Erkrankungen wie Arthrose.

Eine geringere Leistung beim 6MGT wurde zudem mit einer vorzeitigen Sterblichkeit bei Patient*innen mit chronischen respiratorischen und kardiovaskulären Erkrankungen in Verbindung gebracht *(Sagat 2023)*.

Ablauf

Die Testperson wird angewiesen, sechs Minuten lang einen Korridor von etwa 30 Metern, der durch zwei Kegel begrenzt ist, in beide Richtungen hin- und herzugehen *(siehe Abbildung 1: Schematische Abbildung des 6-Minuten-Gehtests aus Benavent-Caballer 2016)*. Die maximal zurückgelegte Strecke ist das Hauptergebnis des 6MGTs *(Cacau et al. 2016)*. Die zu testende Person trägt bequeme Kleidung und Laufschuhe und sollte sich innerhalb von 12 Stunden vor dem Test nicht verausgaben. Etwa 10 Minuten vor dem Test ist eine sitzende Position zum Ausruhen sinnvoll. Der Test wird in Innenräumen auf einem langen Flur durchgeführt, was allerdings je nach Krankenhaus oder Praxis variieren kann. Die Gehfläche sollte fest und eben sein. Wenn das Wetter es zulässt, kann der Test auch im Freien durchgeführt werden. Zwei Kegel werden im Abstand von etwa 30 Metern aufgestellt, zwischen denen die Person hin- und herläuft. Die Testperson wird angewiesen, so schnell wie möglich zu gehen, ohne zu laufen oder zu joggen. Therapeut*innen dokumentieren, wie weit die Person geht, und behalten die Zeit im Blick. Jede Minute erfolgt eine Rückmeldung an die Testperson. Jedoch sollte im Allgemeinen während des Tests wenig gesprochen werden: Gemäß den Richtlinien enthält der Test nur vorgegebene Ermunterungen und die Person wird zu jeder Minute über die verbleibende Zeit informiert *(siehe Tabelle 1: Standardisierte vorformulierte Sätze während des 6MGTs aus ATS 2002)*.

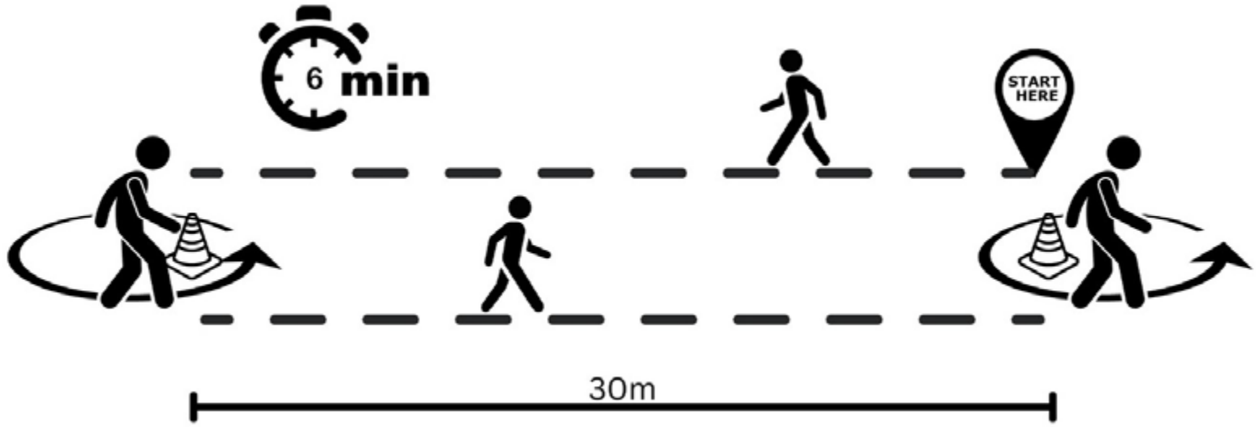


Abb. 1: Eigene Darstellung des 6-Minuten-Gehtests

Es dürfen keine anderen Worte der Ermutigung (oder Körpersprache zur Steigerung der Geschwindigkeit) verwendet werden. Wenn die Testperson vor Ablauf der 6 Minuten stehen bleibt und sich weigert, weiterzugehen (oder Therapeut*innen entscheiden, dass sie nicht weitergehen soll), holt die untersuchende Person einen Stuhl heran, bricht den Test ab und notiert die zurückgelegte Entfernung, die gestoppte Zeit und den Grund für den vorzeitigen Abbruch (ATS 2002).
Häufig wird der Test mit einem Pulsoximeter (zur Messung der Sauerstoffsättigung des Blutes) durchgeführt, aber nicht immer. Wenn die Person das Gefühl hat, während des Tests anhalten oder sich ausruhen zu müssen, weil sie zu erschöpft oder kurzatmig ist, ist das erlaubt. Sie sollte aber versuchen, wieder loszugehen, sobald sie dazu in der Lage ist. Denn das Ziel ist es, in 6 Minuten so weit wie möglich zu gehen.

Zu Beginn und am Ende des Tests macht die Person Angaben zu Belastungsgrad auf der Borgskala und zur Kurzatmigkeit. Jede Wiederholung des Tests sollte auf die gleiche Weise durchgeführt werden, um die Ergebnisse über einen längeren Zeitraum hinweg vergleichen zu können. Wenn z. B. eine Gehhilfe (Stock oder Rollator) zur Unterstützung benutzt wurde, sollte dies dokumentiert und wieder verwendet werden *(ATS 2002; Cacau et al. 2016; Dobson et al. 2017; Halliday et al. 2020; Heinicke et al. 2021; Reynauld et al. 2020)*.

Zeit	Standardsätze zur Ermutigung
1 Min	„Sie machen das gut, Sie haben noch fünf Minuten vor sich.“
2 Min	„Machen Sie weiter so, Sie haben noch vier Minuten Zeit.“
3 Min	„Sie machen das gut, Sie haben die Hälfte geschafft.“
4 Min	„Machen Sie weiter so, Sie haben nur noch zwei Minuten.“
5 Min	„Sie machen das gut, Sie haben nur noch eine Minute Zeit.“
1 Sek vor Schluss	„Gleich werde ich Ihnen sagen, dass Sie stoppen sollen. Wenn ich das tue, bleiben Sie einfach genau dort stehen, wo Sie sind, und ich werde zu Ihnen kommen.“
6 Min	„Stopp.“ (Zur Person gehen und Stelle markieren.)
Falls Person Pause benötigt:	„Sie können sich an die Wand lehnen, wenn Sie möchten, und dann weitergehen, wenn Sie sich in der Lage fühlen.“ (Timer wird nicht angehalten)

Tabelle 1: Standardisierte vorformulierte Sätze während des 6MGTs aus ATS 2002

Der Einsatz eines Laufbands zur Bestimmung der 6-Minuten-Gehzeit reduziert zwar den Platzbedarf und ermöglicht eine ständige Überwachung der Person während der Aktivität, doch wird die Verwendung eines Laufbands nicht empfohlen, da die Testperson nicht imstande ist, ihr Tempo auf einem Laufband selbst zu steuern. Die Ergebnisse von Laufbandtests sind daher nicht mit denen von Flurtests vergleichbar.

Ein Probetest ist in den meisten klinischen Umgebungen nicht erforderlich, kann aber in Betracht gezogen werden. Wenn eine Testwiederholung durchgeführt wird, sollte vor dem 2. Test mindestens eine Stunde gewartet werden (ATS 2002). Es kann bei der 2. Testdurchführung zu einem Lerneffekt kommen, jedoch ist dieser laut Yeung et al. nicht mehr als 2 %.

Alter/Fitness	sehr gering	gering	normal	gut	ausgezeichnet	überdurchschnittlich
Männer						
18-27	< 564m	564-614m	615-677m	678-724m	725-817m	> 817m
28-34	< 544m	544-611m	612-663m	664-713m	714-776m	> 776m
35-42	< 522m	522-607m	608-668m	669-720m	721-780m	> 780m
43-51	< 490m	490-567m	568-627m	628-692m	693-742m	> 742m
52-59	< 475m	475-576m	578-606m	607-656m	657-758m	> 758m
60-80	< 447m	447-546m	547-591m	592-630m	631-756m	> 756m
Frauen						
18-27	< 489m	489-570m	571-621m	622-669m	670-754m	> 754m
28-34	< 504m	504-552m	553-603m	604-642m	643-738m	> 738m
35-42	< 489 m	489-562m	563-600m	601-640m	641-690m	> 690m
43-51	< 441m	441-519m	520-567m	568-627m	628-688m	> 688m
52-59	< 418m	418-486m	487-525m	526-579m	580-652m	> 652m
60-80	< 370m	370-445m	446-510m	511-558m	559-645m	> 645m

Tabelle 2: Einstufung der kardiorespiratorischen Fitness von Männern und Frauen auf der Grundlage der im Sechs-Minuten-Gehtest zurückgelegten Strecke aus Dourado et al. 2021.

In einer italienischen gesunden Population ergaben sich Referenzwerte von 581,4 ± 66,5m (383-800m) bei Frauen und 608,7 ± 80,1m (410-875m) bei Männern. Sie stellten folgende Formel auf *(Cazzoletti et al. 2022)*:

- Frauen:

6-Minuten-Gehdistanz (in m)= (8,1 x Alter) + (1,61 x Höhe in cm) – (0,99 x Gewicht in kg) + (22,58 x aktiv) – (0,10 x Alter^2) + 222,55

- Männer:

6-Minuten-Gehdistanz (in m)= (26,8 x Alter) + (8,46 x Höhe in cm) – (0,45 x Gewicht in kg) - (2,54 x aktiv) – (0,06 x Alter^2) – (0,13 x Alter x Größe in cm) - 890,18

Die Variable "aktiv" steht hier für 1, wenn die Person körperlich aktiv ist, und für 0, wenn nicht. Ob eine Person aktiv ist oder nicht, steht im Zusammenhang mit der 6-Minuten-Gehdistanz - das fand auch die Forschergruppe rund um *Zou et al.* heraus *(siehe Abbildung 2: Zusammenhang zwischen der 6-Minuten-Gehdistanz und der Aktivität bei Frauen und Männern aus Zou et al. 2020).*

Halliday et al. ermittelten Referenzwerte für die 6-Minuten-Gehdistanz von durchschnittlich 637 ± 88m in einer Population von gesunden, nicht-rauchenden Erwachsenen (18-50 Jahre alt). Die Teilnehmenden erhöhten ihre Herzfrequenz um 45 ± 23 Schläge pro Minute auf 65 %

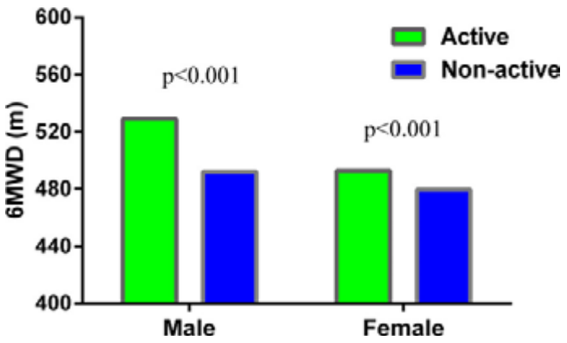


Abb. 2: Zusammenhang zwischen der 6-Minuten-Gehdistanz und der Aktivität bei Frauen und Männern aus Zou et al. 2020

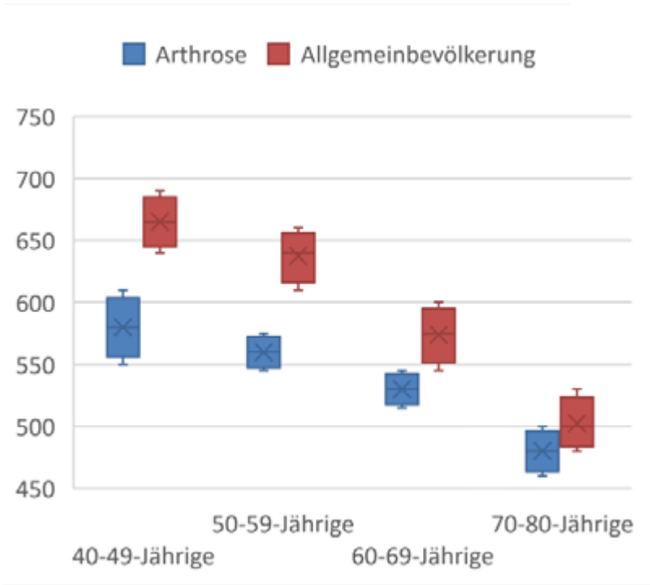
± 14 % ihrer prognostizierten maximalen Herzfrequenz (220 - Alter). In Übereinstimmung mit bisherigen Studien stellte die Arbeitsgruppe fest, dass Größe, Gewicht und Geschlecht mit der Gehdistanz korrelieren. Das Alter jedoch, das in den meisten Studien, insbesondere bei älteren Erwachsenen, eine starke Vorhersagekraft für die Gehdistanz hatte, wirkte sich in dieser jüngeren Kohorte nur minimal aus. Dies könnte auf einen Deckeneffekt der Gehgeschwindigkeit an der Schwelle zum Joggen zurückzuführen sein. Außerdem ist der Rückgang der aeroben Kapazität zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr nicht proportional im Vergleich zu deren Verlust zwischen dem 50. und 70. Lebensjahr (*Halliday et al. 2020).*

Die asiatische Arbeitsgruppe um Yeung et al. untersuchte 172 gesunde Singapurer*innen zwischen 21 und 80 Jahren und ermittelte den Referenzwert von 578 ± 75,38m. Bei den männlichen Probanden wurde eine signifikant längere Gehstrecke als bei den weiblichen Probandinnen festgestellt (600,32 ± 77,29m vs. 557,62 ± 67,84m), während die durchschnittliche 6-Minuten-Gehdistanz mit zunehmendem Alter immer weiter abnahm. Der nach Alter unterteilte Referenzwert der 6-Minuten-Gehdistanz reichte von 601,3 ± 71,79m (bei 21–39-Jährigen) über 553,00 ± 60,64m (bei 40-59-Jährigen) bis 519,02 ± 55,42m (bei 60-80-Jährigen) (Yeung et al. 2022). *Zou et al. 2020* untersuchten 60-85-jährige chinesische Senioren und ermittelten als durchschnittlichen Wert 518±72m. Auch diese Arbeitsgruppe fand Unterschiede sowohl zwischen Männern und Frauen als auch zwischen aktiven und inaktiven Personen (512±76m vs. 485±63m).

Sagat 2023 ermittelte in einer gesunden kroatischen Population (60-80-Jährige) den Referenzwert von 678,3 ± 59,1m für Männer und 653,8 ± 49,9m für Frauen. Die detaillierte Aufschlüsselung der durchschnittlichen Referenzwerte nach Alter finden sich in Tabelle 2 (Standardabweichung in Klammern):

Tabelle 4: Weitere Referenzwerte der 6-Min-Gehdistanz (in m) einer gesunden kroatischen Population aus Sagat 2023

Geschlecht/Alter	60-64-Jährige	65-69-Jährige	70-74-Jährige	75-79-Jährige	Gesamt
Männer	714,7 (37)	681,4 (35)	650,7 (29,4)	610,7 (40,2)	673,9 (58,7)
Frauen	670,3 (32)	649,9 (30)	619,5 (33,1)	583,6 (42,9)	642,1 (48)



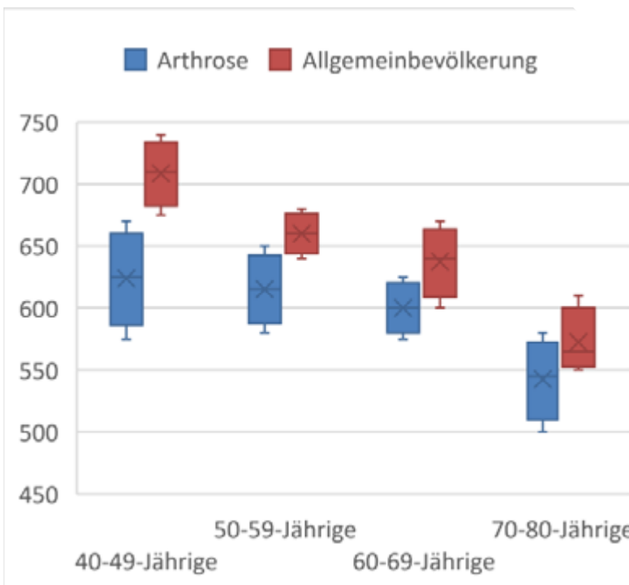


Diagramm 1: Eigene Darstellung der Ergebnisse der 6-Min-Gehdistanz für Frauen (links) und Männer (rechts) als Fehlerbalken mit Mittelwert in den Altersgruppen der Allgemeinbevölkerung und der Arthrose-Kohorte aus Joseph et al. 2018

Joseph et al. verglichen 2019 die 6-Minuten-Gehdistanz von Personen mit Arthrose (40-80-Jährige) mit den Daten der Allgemeinbevölkerung. Die mittlere Gehdistanz von Frauen mit Arthrose im Vergleich zu Frauen aus der Kontrollgruppe betrug 535m bzw. 589,3m. Die mittlere Gehdistanz von Männern mit Arthrose im Vergleich zu Männern aus der Kontrollgruppe betrug 593,8m bzw. 642,9m. Sogar im Alter von 40 Jahren hatten Personen mit Arthrose eine signifikant kürzere Gehstrecke als ihre Vergleichsgruppe (siehe Diagramm 1), was die Notwendigkeit eines frühen klinischen Ansatzes bei Arthrose unterstreicht. Darüber hinaus war die Gehstrecke in der Arthrosegruppe stark mit der Steifigkeit der Arterien verbunden. Das bedeutet, dass die allgemeine Gehfähigkeit wichtig ist, um ein geringes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu haben. *(Joseph et al. 2019).*

Die mit der Gehdistanz in Verbindung stehenden Variablen sind Größe, Herzfrequenz, Blutdruck, Alter und Gewicht. Dieser Zusammenhang ist nicht überraschend, da bekannt ist, dass diese Variablen mit der sportlichen Leistungsfähigkeit in Verbindung stehen (*Agarwal et al. 2023; Cacau et al. 2016; Cazzoletti et al. 2022; Makni et al. 2020; Yeung et al. 2022; Zou et al. 2020).*

Gütekriterien

Die Test-Retest-Reliabilität ist exzellent mit ICC = 0,91-0,98 und ebenso die Inter-Rater-Reliabilität ICC = 0,86-0,96 *(Chan et al. 2022).* Der „minimale wichtige Unterschied“ für die Veränderung der 6-Minuten-Gehdistanz wurde für Krankheiten wie pulmonale arterielle Hypertonie, Herzinsuffizienz, COPD und Lungenerkrankungen bestimmt und liegt typischerweise zwischen 25 und 36m (*Halliday et al. 2020*). Bei Personen mit Gonarthrose liegt der minimale klinische Unterschied bei 61m *(Mostafaee et al. 2023)*. Diese Werte helfen Physiotherapeut*innen, eine Entscheidung hinsichtlich der klinischen Bedeutung von Funktionsverbesserun-

gen ihrer Patient*innen zu treffen.

Der Standardmessfehler (SEM) pendelt je nach untersuchter Population zwischen 10,1-58,8m. Der SEM schätzt, wie wiederholte Messungen einer Person mit demselben Test um den „wahren“ Wert herum verteilt sind. Der wahre Wert ist immer eine Unbekannte, da kein Test so konstruiert werden kann, den wahren Wert perfekt widerzuspiegeln *(Chan et al. 2022)*. Auf der Grundlage der Ergebnisse einer Studie über Kinder mit juveniler Arthritis kann sich therapeutisches Personal sicher sein, dass eine Zunahme (oder Abnahme) von 65,1m beim 6MGT auf eine tatsächliche Veränderung und nicht auf einen Messfehler zurückzuführen ist (*Pritchard et al. 2020)*.

Weitere Varianten

- App-basierter 6MGT: Die Smartphone-basierte Messung des 6MGT ist eine komfortable, zuverlässige und valide Methode zur Bestimmung der objektiven Funktionsbeeinträchtigung bei Personen mit lumbalen degenerativen Bandscheibenerkrankungen. Die 6WT-App erleichtert die digitale Auswertung und Kontrolle dieser Patientengruppe *(Maldaner et al.2020).*

- 2-Minuten-Gehtest: Der 6MGT kann sowohl zeitaufwändig für Therapeut*innen als auch anstrengend und schmerzhaft für die Betroffenen sein. Die Ergebnisse des 2-Minuten-Gehtests (2MGT) zeigten in einer Studie bei Personen mit Gonarthrose eine ausgezeichnete Korrelation mit denen des 6MGTs. Eine von der Arbeitsgruppe um *Gacto-Sánchez (2023)* aufgestellte Gleichung ermöglicht die Schätzung des tatsächlichen Ergebnisses des 6MGTs mit einem Fehler von 8,13 ± 7,14m. Die Formel lautet 6MGT = -3,88 + 2,97 x 2MGT.

- 12-Minuten-Gehtest: In den frühen 1960er Jahren entwickelte Balke einen einfachen Test zur Bewertung der funktionellen Kapazität durch Messung der in einem bestimmten Zeitraum zurückgelegten Strecke. In der Folge wurde ein 12-minütiger Belastungstest entwickelt, um den Grad der körperlichen Fitness gesunder Personen zu beurteilen. Der Gehtest wurde auch angepasst, um die Beeinträchtigung bei Personen mit chronischen Lungenerkrankungen zu beurteilen. Um jedoch Patient*innen mit Atemwegserkrankungen gerecht zu werden, für die das 12-minütige Gehen zu anstrengend ist, wurde festgestellt, dass der 6MGT genauso gut funktioniert wie der 12-Minuten-Gehtest *(ATS 2002).*

- Incremental Shuttle Walk Test: Dieser Gehtest erfordert eine erhöhte Gehgeschwindigkeit, die durch ein Signal in Abständen von 1 Minute vorgegeben wird. Die zu testende Person muss zwischen Kegeln hin- und hergehen, die etwa 10 Meter voneinander entfernt sind. Der Test wird abgebrochen, wenn die Gehgeschwindigkeit sich so reduziert, dass man nicht mehr rechtzeitig zwischen den Kegeln wechseln kann.

- Ausdauer-Shuttle-Walk-Test: Bei diesem Gehtest muss man mit einer vorgegebenen, gleichbleibenden Geschwindigkeit zwischen Hütchen hin- und hergehen, die etwa 10 Meter voneinander entfernt sind. Die Geschwindigkeit wird auf der Grundlage der Ergebnisse des Incremental Shuttle-Walk-Tests bestimmt.

Diskussion

Bei Männern ist die 6-Min-Gehdistanz länger als bei Frauen, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass Männer größer sind, sich mehr körperlich betätigen und mehr Muskelmasse haben als Frauen. Außerdem gibt es einen Unterschied zwischen körperlich aktiven und inaktiven Personen. Eine sitzende Lebensweise beeinträchtigt den Muskelstoffwechsel, die Muskelqualität und die körperliche Fitness, was erklären könnte, warum die Gehdistanz der inaktiven Personen signifikant kürzer ist als die der körperlich aktiven Personen. Zudem wurde festgestellt, dass die prognostizierte 6-Minuten-Gehdistanz je nach Nationalität variiert. Der Motivationsgrad, den Test zu absolvieren, könnte außerdem die Ergebnisse beeinflussen.
Bei der Interpretation der 6MGT-Distanzen ist Vorsicht geboten, wenn die Testperson an einer akuten Erkrankung der unteren Extremitäten leidet, da die zurückgelegte Distanz möglicherweise nicht die tatsächliche körperliche Leistungsfähigkeit widerspiegelt, sondern eher die funktionelle Einschränkung aufgrund der aktuellen Erkrankung. Daher kann die Einbeziehung anderer Tests, die speziell auf die aerobe Kapazität abzielen, gerechtfertigt sein *(Pritchard et al. 2020)*.

Fazit

Der 6MGT ist ein nützliches Maß für die funktionelle Kapazität und submaximale Belastbarkeit, der sich an Menschen mit zumindest mittelschwerer Beeinträchtigung richtet. Der Test wird häufig zur prä- und postoperativen Beurteilung und zur Messung der Reaktion auf therapeutische Maßnahmen bei Lungen- und Herzerkrankungen eingesetzt, wird aber auch in anderen Fachrichtungen wie der Geriatrie und Orthopädie verwendet. Der 6MGT ist Teil der von der Osteoarthritis Research Society International (OARSI) empfohlenen Reihe von leistungsbasierten Messungen der körperlichen Funktion für Personen mit Gonarthrose und gilt als der beste verfügbare Test für das Gehen über lange Distanzen. Außerdem hat er sich als zuverlässig erwiesen und spricht auf therapeutische Interventionen an.

Katrin Veit
katrin.veit.1989@gmail.com

Literatur

Agarwal B, Shah M, Sawant B et al. Predictive equation for six-minute walk test in Indian children, adolescents, and adults. Lung India 2023; 40 (2): 143-148.

American Thoracic Society. Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. Am J Respir Crit Care Med 2002; 166 (1): 111-7.

Balke B. A simple field test for the assessment of physical fitness. CARI Report 1963; 63: 18

Benavent-Caballer V. The effectiveness of exercise interventions and the factors associated with the physical performance in older adults. 2016; Tesis doctoral University CEU Cardenal Herrera, Valencia, Spanien.

Cacau LA, de Santana-Filho VJ, Maynard LG et al. Reference Values for the Six-Minute Walk Test in Healthy Children and Adolescents: a Systematic Review. Braz J Cardiovasc Surg 2016; 31 (5): 381-388.

Cazzoletti L, Zanolin ME, Dorelli G et al. Six-minute walk distance in healthy subjects: reference standards from a general population sample. Respir Res 2022; 23 (1): 83.

Chan WLS, Pin TW. Reliability, validity and minimal detectable change of 2-minute walk test, 6-minute walk test and 10-meter walk test in frail older adults with dementia. Exp Gerontol 2019; 115: 9-18.

Dobson F, Hinman RS, Hall M et al. Reliability and measurement error of the Osteoarthritis Research Society International (OARSI) recommended performance-based tests of physical function in people with hip and knee osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage 2017; 25 (11): 1792-1796.

Dourado VZ, Nishiaka RK, Simões MSMP et al. Classification of cardiorespiratory fitness using

the six-minute walk test in adults: Comparison with cardiopulmonary exercise testing. Pulmonology 2021; 27 (6): 500-508.

Gacto-Sánchez M, Lozano-Meca JA, Lozano-Guadalajara JV et al. Concurrent validity of the 2-and 6-minute walk test in knee osteoarthritis. Knee 2023; 43: 34-41.

Halliday SJ, Wang L, Yu C et al. Six-minute walk distance in healthy young adults. Respir Med 2020; 165: 105933.

Joseph KL, Hagen KB, Tveter AT et al. Osteoarthritis-Related Walking Disability and Arterial Stiffness: Results From a Cross-Sectional Study. Arthritis Care Res (Hoboken) 2019; 71 (2): 252-258.

Makni E, Elloumi A, Ben Brahim M. Six-minute walk distance equation in children and adolescents with obesity. Acta Paediatr 2020; 109 (12): 2729-2737.

McKay MJ, Baldwin JN, Ferreira P et al. 1000 Norms Project Consortium. Reference values for developing responsive functional outcome measures across the lifespan. Neurology 2017; 88 (16): 1512-1519.

Mostafaee N, Pirayeh N, Fakoor M. Responsiveness and minimal clinically important changes of common patient-reported and performance-based outcome measures of physical function in patients with knee osteoarthritis. Physiother Theory Pract 2023; 18: 1-9.

Pant S, Basnet K, Shrestha P et al. Mean Six Minute Walk Distance of Healthy Healthcare Workers of a Tertiary Care Centre: A Descriptive Cross-sectional Study. JNMA J Nepal Med Assoc 2022; 60 (251): 604-607.

Pritchard L, Verschuren O, Roy M et al. Reproducibility of the Six-Minute Walk Test in Children and Youth With Juvenile Idiopathic Arthritis. Arthritis Care Res (Hoboken) 2022; 74 (4): 686-690.

Reynaud V, Verdilos A, Pereira B et al. Core Outcome Measurement Instruments for Clinical Trials of Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review. J Clin Med 2020; 9 (8): 2439.

Sagat P. Reference standards for the 6-min walk test in Croatian older adults. Front Physiol 2023; 14: 1226585.

Telenius EW, Engedal K, Bergland A. Inter-rater reliability of the Berg Balance Scale, 30 s chair stand test and 6 m walking test, and construct validity of the Berg Balance Scale in nursing home residents with mild-to-moderate dementia. BMJ Open 2015; 5 (9): e008321.

Yeung MT, Chan MY, Huang KS et al. Normative reference values and regression equations to predict the 6-minute walk distance in the Asian adult population aged 21-80 years. Hong Kong Physiother J 2022; 42 (2): 111-124.

Zou H, Zhang J, Zou Y et al. Six-minute walking distance in healthy Chinese people older than 60 years. BMC Pulm Med 2020; 20 (1): 177.

Das Impressum

RehaTrain - Zeitschrift für Prävention, Rehabilitation und Trainingstherapie

Herausgeber:
Fortbildungen für Orthopädische Medizin und Manuelle Therapie
DIGOTOR GbR
Austraße 30
74336 Brackenheim
Deutschland

ISSN 2566-6932 (Online)
ISSN 2512-8000 (Print)

Verlag:
RehaTrain, Selbstverlag
Austraße 30, 74336 Brackenheim Deutschland

Hauptverantwortliche Redakteurin:
Maike Küstner (info@digotor.info)

Redaktion:
Volker Sutor (volker.sutor@digotor.info)
Frank Diemer (frank.diemer@digotor.info)
Nedeljko Goreta (nedi.goreta@digotor.info)
Stephanie Moers (stephaniemoers@googlemail.com)

Abonnement:
Die Zeitschrift RehaTrain erscheint viermal jährlich kostenlos als digitale Version und ist unter www.digotor.info bei Anmeldung zum Newsletter erhältlich.

Gebrauchsnamen:
Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen und dergleichen in dieser Zeitschrift berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Namen ohne Weiteres von jedermann benutzt werden dürfen; oft handelt es sich um gesetzlich geschützte eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht als solche gekennzeichnet sind.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Nachdruck (auch auszugsweise) ist nur mit schriftlicher Genehmigung und Quellenangabe gestattet. Der Verlag hat das Recht, den redaktionellen Beitrag in unveränderter oder bearbeiteter Form für alle Zwecke, in allen Medien weiter zu nutzen. Für unverlangt eingesandte Bilder und Manuskripte übernehmen Verlag und Redaktion keinerlei Gewähr. Die namentlich gekennzeichneten Beiträge stehen in der Verantwortung der Autorin bzw. des Autors.

Fort- und Weiterbildungen 2024

heimerer

Auch im Jahr 2024 profitieren Sie von den Seminarangeboten der **Heimerer Akademie**. An unseren Standorten in Berlin, Dresden, Leipzig, München und Stuttgart können Sie an unseren hochwertigen und praxisorientierten Fort- und Weiterbildungen teilnehmen.

Informieren Sie sich im Internet oder fordern Sie den **Therapiekatalog** direkt an.

Heimerer Akademie GmbH
Hohmannstraße 7b, 04129 Leipzig

0800 2325233 | akademie@heimerer.de
www.heimerer.de

DIGOTOR

Fortbildungen für Orthopädische Medizin und Manuelle Therapie
DIGOTOR GbR

Austraße 30 • D-74336 Brackenheim

www.digotor.info