

Literaturstudie: Ursachen der Schmerzentstehung und Behandlung durch schmerztherapeutische Übungen nach Liabscher & Bracht

E. Ritter, R. Liabscher-Bracht, P. Bracht, B. Auner, A. Paul

Bewegungsmangel führt vermehrt zu Schmerzen am Bewegungsapparat. Mögliche Abhilfe können therapeutische Übungen schaffen, die Patienten selbstständig anwenden. Das Modell zur Schmerzentstehung von Liabscher & Bracht sowie die Liabscher & Bracht Übungen® können sich daher als praktikable Lösungen erweisen. Beide stehen in Einklang mit aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und können sowohl bestehende Theorien als auch Therapiekonzepte sinnvoll ergänzen.

1. Hintergrund	2
2. Ursachen der Schmerzentstehung	3
2.1 Entstehung muskulär-faszialer Spannungen	4
2.1.1 Muskulär-fasziale Strukturen im Überblick	5
2.1.2 Verdichtung: Reduzierte Gleitfähigkeit der faszialen Schichten	6
2.1.3 Fibrosierung: „Verfilzung“ der faszialen Schichten	6
2.2 Bewegungsmangel als Ursache muskulär-faszialer Spannung	7
2.2.1 Eingeschränkte Bewegung	8
2.2.2 Engwinklige und repetitive Bewegung	8
2.2.3 Hebelkräfte bei eingeschränktem Bewegungsumfang	9
2.3 Warnsignale des Körpers	11
2.3.1 Propriozeption und Nozizeption in Faszien	12
2.3.2 Schmerz als Warnsignal (Alarmschmerz)	13
2.4 Schmerzentstehung nach Liabscher & Bracht	13
2.4.1 Zusammenhang von Bewegungsumfang, Schmerz und Degeneration	14
2.4.2 Muskulär-fasziale Schmerzentstehung im Kontext anderer Erkrankungen	16
3. Schmerztherapeutische Übungen	16
3.1 Bewegung in der Schmerztherapie	17
3.2 Schmerzlinderung durch Dehnung und Kräftigung	18

3.2.1 Dehnung	18
3.2.2 Kräftigung	19
3.2.3 Dehnung und Kräftigung	20
3.3 Liebscher & Bracht Übungen® zur Schmerztherapie	23
4. Ausblick	25
Quellen	26

1. Hintergrund

Schmerzen am Bewegungsapparat entwickeln sich zunehmend zu einer gesamtgesellschaftlichen Herausforderung. Um diese zu bewältigen, eignen sich angesichts neuer Erkenntnisse aus der Schmerzforschung auch Eigentherapien mit Fokus auf Bewegung im Allgemeinen sowie Dehnung und Kräftigung im Speziellen. Hier setzen Schmerzverständnis und -therapie nach Liebscher & Bracht an.

Die Zahl der Patienten mit chronischen Schmerzen steigt kontinuierlich. Mittlerweile sind allein in Deutschland rund 23 Millionen Menschen betroffen (DGS, 2019). Laut einer Querschnittserhebung leiden rund 28 Prozent an chronischen Schmerzen, bei den über 65-Jährigen sind es sogar rund 50 Prozent (Häuser, 2015). In Alten- und Pflegeheimen ist der Anteil an Schmerzpatienten mit über 80 Prozent noch deutlich höher (Sirsch, 2020). Nach Angaben des Robert Koch-Instituts nehmen Schmerzen im Alter signifikant zu. Dabei dominieren besonders Rücken- und Nackenschmerzen, sowohl chronisch als auch in Form von Schmerzattacken (RKI, 2020). Allerdings zeigen Querschnittsstudien, dass auch Kinder und Jugendliche regelmäßig unter Schmerzen leiden (Krause, 2019). Mit dem Schulbeginn nehmen in dieser Gruppe vor allem die Schmerzen im unteren Rücken deutlich zu (MacDonald, 2017).

Die Behandlung einer Vielzahl von Schmerzpatienten wird durch strukturelle Hürden erschwert. So stellt der seit Jahren thematisierte Ärztemangel (Rieser, 2004)(Kopetsch, 2010)(Dt. Ärzteblatt, 2021)(Thomsen, 2022) bei der adäquaten Versorgung eine Herausforderung dar. Zwar stehen Patienten in der Apotheke auch zur Selbstmedikation wirksame Schmerzmittel zur Verfügung. Jedoch sollte deren Einnahme nur zeitlich begrenzt erfolgen. Weitere konservative Therapieformen sind meist durch ein eingeschränktes Angebot limitiert. Des Weiteren sind operative Maßnahmen für gewöhnlich erst in einem späten Krankheitsstadium oder bei großem Leidensdruck indiziert und können Schmerzen zum Teil nur bedingt senken. So liegt für den Einsatz mehrerer orthopädischer Standardeingriffe nur eine geringe Evidenz vor (Blom, 2021). Zwar sind beispielsweise bei Gelenkersatz aufgrund von Arthrose mit etwa 80 Prozent ein Großteil der Maßnahmen erfolgreich (Dailiana, 2015) (Liddle, 2015), aber dies bedeutet zugleich, dass den übrigen 20 Prozent der Patienten auf andere Weise geholfen werden muss. Am Beispiel chronifizierter Rückenschmerzen zeigt sich außerdem, dass Operationen zum alleinigen Ziel der Schmerzbehandlung nur bedingt geeignet sind (Ueberall, 2020)(Chou, 2009)(Weinstein, 2006).

Zugleich weisen medizinische Studien vermehrt darauf hin, dass gezielte Bewegungsübungen das Schmerzempfinden von Patienten modulieren und Beschwerden reduzieren können (Booth, 2017)(Niederstrasser, 2022). So gilt Bewegung bereits als entscheidende Maßnahme zur Behandlung von unspezifischen Kreuzschmerzen (BÄK, 2017) und beispielsweise bei Gonarthrose lassen sich Schmerzen unabhängig von radiologischen Befunden mit Bewegung lindern (Skou, 2015). Außerdem gelten gezielte Dehnungen aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse zunehmend als vielversprechende Technik für die Schmerzbehandlung (Muñoz-Vergara, 2022).

Angesichts dieser neuen Erkenntnisse ist es sinnvoll, das allgemeine Schmerzverständnis zu erweitern und muskulär-fasziale Aspekte, die durch Bewegung, Dehnung und Kräftigung beeinflusst werden, stärker in die Schmerztherapie einzubeziehen. Durch entsprechende Aufklärung und medizinische Informationsangebote könnten viele Patienten befähigt werden, ihren Bewegungsalltag neu zu gestalten, um mit regelmäßigen Eigenübungen zur Dehnung, Kräftigung und Mobilisation ihre Schmerzen zu senken. Hierzu liefern das Schmerzverständnis und die schmerztherapeutischen Übungen von Liebscher & Bracht jeweils neue Impulse und praktikable Methoden. Daher sollen beide in dieser Literaturstudie dargestellt und genauer betrachtet werden. Zu diesem Zweck haben wir die deutsche und englische Literatur durchsucht, um Studien und Fachartikel zusammenzutragen und einen thematischen Überblick zu wissenschaftlichen Grundlagen und der aktuellen Forschungslage zu bieten.

Weitere Elemente der Liebscher & Bracht Schmerztherapie wie die Faszien-Rollmassage oder die manualtherapeutische Osteopressur erfordern Hilfsmittel sowie unter Umständen die Begleitung durch einen Therapeuten. Mit Fokus auf die Wirksamkeit niedrigschwelliger Eigenübungen werden Fragestellungen zu diesen Themen hier nicht aufgegriffen.

2. Ursachen der Schmerzentstehung

Im Rahmen einer Diagnose erhebt jeder praktizierende Arzt anamnestisch mögliche Risikofaktoren, die einen Einfluss auf Beschwerden des Patienten haben könnten, denn in der Statistik korrelieren gewisse Tätigkeiten mit bestimmten Erkrankungen. So leiden Berufskraftfahrer und Büroangestellte häufig unter Rücken- und Nackenschmerzen (Celik, 2018) (Joseph, 2020) (Kasemsan, 2021), während bestimmte Sportarten mit spezifischen Beschwerden assoziiert sind (Yabe, 2019) (Alrabaa, 2020) (Cejudo, 2021).

Je nach Krankheitsbild zeigt die radiologische Untersuchung teils morphologische Auffälligkeiten. So können bildgebende Verfahren zum Beispiel bei Gonarthrose einen engeren Gelenkspalt und Osteophytenbildung zeigen. Bei Rückenschmerzen können radiologisch erkennbare Bandscheibenvorfälle oder andere Veränderungen an der Wirbelsäule zu sehen sein. Allerdings haben Studien ergeben, dass selbst bei asymptomatischen Personen morphologische Veränderungen an der Wirbelsäule vorliegen können (Brinjikji, 2015). Oft ist der Zusammenhang zwischen Befunden bildgebender

Verfahren und Rückenschmerzen daher nicht klinisch relevant (Kasch, 2022). Ähnliche Ergebnisse liefern Untersuchungen zu Hüftschmerzen (Kim, 2015) oder Arthrose (Muraki, 2010). Das könnte erklären, warum entsprechende Operationen in einigen Fällen nicht die gewünschten Resultate erzielen und Schmerzen bestehen bleiben (Thomson, 2013). Dagegen gelten die gesundheitlichen Effekte von Bewegung vermehrt als praktikable Maßnahme, um Rückenschmerzen zu senken (BÄK, 2017). Gleichermaßen profitieren Patienten auch bei Arthrose mehrheitlich von Übungen und Bewegung, sodass diese Aspekte der Behandlung zu recht in internationalen Leitlinien verankert sind (DGOOC, 2018) (Fernandes, 2013) (Rausch Osthoff, 2018). In einer Studie von Skou et al. (2018) verschoben sogar zwei von drei Patienten mit mittelschwerer bis schwerer Gonarthrose, die für eine Knie-Totalendoprothese (TEP) in Frage kamen, nach einer nicht-chirurgischen Behandlung ihre Operation um mindestens zwei Jahre.

Insgesamt scheint daher der Ursprung der Schmerzen vielfach nicht allein in den morphologischen Auffälligkeiten zu liegen, die in der Radiologie nachgewiesen werden. Um den Gesundheitszustand von Patienten zu erfassen und sie entsprechend zu behandeln, müssen demnach andere Ursachen und Zusammenhänge in der Schmerzforschung verstärkt einbezogen werden. Neue Erkenntnisse aus der Faszienforschung können hierzu einen Beitrag leisten und gepaart mit dem Wissen um physiologische Muskelaktivität sowie biomechanische Kraftverteilung das neue Schmerzverständnis von Liebscher & Bracht stützen.

2.1 Entstehung muskulär-faszialer Spannungen

Bei der Bewegung jedes Gelenks verändert sich physiologisch die Länge der beteiligten Muskeln. Während die Agonisten kontrahieren, geben die Antagonisten entsprechend nach. In einem ausgeglichenen Ablauf wird das bewegte Gelenk nicht unphysiologisch belastet. Wenn die physiologische Regulation des Muskeltonus jedoch beeinträchtigt ist, kann es zu Beschwerden kommen. Neuere Erkenntnisse der Faszienforschung legen nahe, dass der Grund dafür Veränderungen und Dysfunktionen im faszialen Gewebe sein können. Als mögliche Ursache für Schmerzen nach dem Schmerzverständnis von Liebscher & Bracht werden solche Veränderungen in diesem Kapitel dargestellt und im weiteren Verlauf der Arbeit in den Kontext muskulärer Bewegung und Belastung eingeordnet.

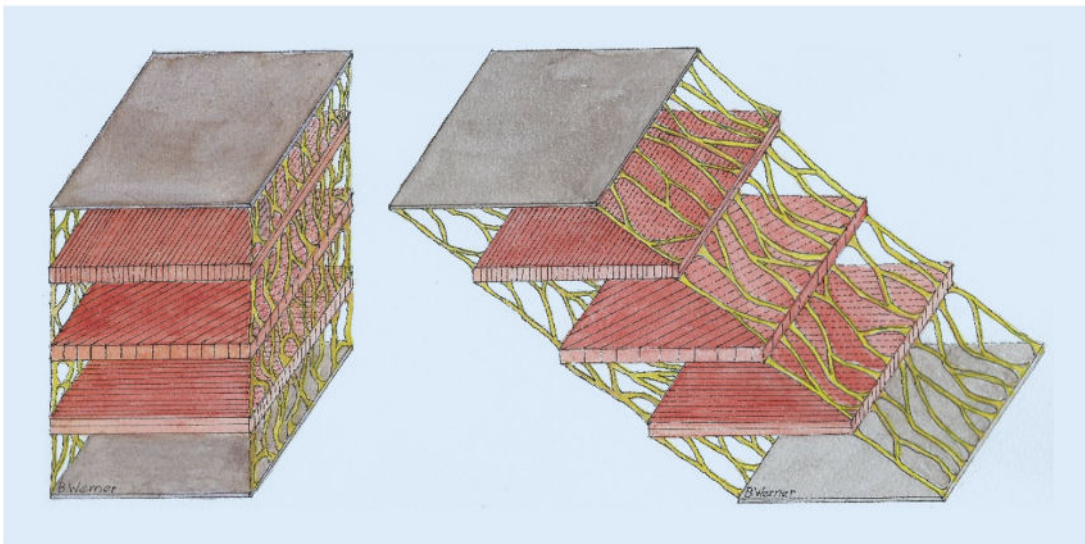
Es ist zu berücksichtigen, dass andere Faktoren wie etwa Veränderungen der Temperatur oder des pH-Werts die muskulär-faszialen Strukturen ebenfalls beeinflussen können, aber für die Schmerzentstehung nach unserer Auffassung eher zu vernachlässigen sind und daher nicht vollständig aufgeführt und erklärt werden. Des Weiteren können zukünftige Erkenntnisse in der Faszienforschung dazu beitragen, die im Folgenden beschriebenen Abläufe als Ursache für Schmerzen genauer zu erläutern.

2.1.1 Muskulär-fasziale Strukturen im Überblick

Durch mangelnde Bewegung sowie eingeschränkte Beweglichkeit im Alltag wird das betreffende Muskelgewebe weniger elastisch. Diese passive Muskelsteifigkeit führt dazu, dass die Muskulatur weniger nachgibt (Schleip, 2006). Das wird von medizinischen Laien oft als „Verkürzung“ verstanden. Obwohl die strukturelle Länge der Muskeln unverändert ist, kann dieser „passive Muskeltonus“ die physiologische Bewegung der Gelenke beeinflussen.

Nach der Entdeckung der Titin-Filamente als wichtigem Strukturprotein des Sarkomers (der kleinsten kontraktiven Einheit in der Skelettmuskelfaser) und ihrer hochelastischen Eigenschaften wurde vermutet, dass passive Muskelsteifigkeit hauptsächlich von diesen intramuskulären Filamenten abhängt (Magid, 1985). Spätere Forschungsergebnisse in Tierversuchen deuten allerdings darauf hin, dass die passive Muskelsteifigkeit auch vom muskulären Bindegewebe beeinflusst wird (Maas, 2001). Diese Ansicht wird durch Schlussfolgerungen aus Tenotomie, Fasziotomie und Aponeurotomie (Huijing, 1999) sowie aus Studien zur passiven Dehnbarkeit von Skelettmuskeln bei Menschen (Gajdosik, 2001) gestützt. Daraus wird deutlich, dass das fasziale Gewebe entscheidend zur passiven Muskelsteifigkeit beiträgt (Schleip, 2006).

Das Faszien-system durchdringt und umhüllt Organe, Muskeln, Knochen sowie Nervenfasern und bietet dem Körper damit eine Struktur, die alle Körpersysteme funktional verbindet. In den letzten Jahren werden Veränderungen in diesem faszialen System zunehmend erforscht. Die Erkenntnisse liefern dabei auch mögliche Erklärungen für Schmerzen am Bewegungsapparat.



Grafik 1: Aufbau der Muskelfaszie (B.Werner, nach Vorlage C. Stecco; zitiert nach von Heymann, 2016)

Die Muskelfaszie bzw. tiefe Faszie (Fascia profunda) ist ein komplexes Gebilde und besteht aus mindestens zwei Schichten von unterschiedlich gerichteten Kollagenfasern für verschiedene mechanische Zugbelastungen. Dazwischen liegt je eine Schicht aus lockerem Bindegewebe (siehe Grafik 1), die bei Bewegung dem notwendigen Verschiebevorgang der

Kollagenschichten gegeneinander dient (von Heymann, 2016) und somit einen wesentlichen Bestandteil der muskuloskelettalen Beweglichkeit ausmacht (Langevin, 2021).

2.1.2 Verdichtung: Reduzierte Gleitfähigkeit der faszialen Schichten

Das Bindegewebe besteht zu einem wesentlichen Anteil aus Wasser und ist eng mit Glucosamino-Glykanen verbunden, speziell mit Hyaluronsäure. So kann eine Veränderung in Menge, Verteilung und Konzentration der Hyaluronsäure den Verschiebevorgang zwischen den umliegenden Schichten aus Kollagenfasern beeinflussen. Bei reduzierter Verschiebefähigkeit wird häufig von Adhäsion oder umgangssprachlich „Verklebung“ gesprochen. In diesem Zustand sind durch einen ausgeprägten Wassermangel auch Verletzungen und Einrisse in der Faszie möglich (von Heymann, 2016).

Zudem kann Bewegung die Produktion und den Umlauf der Hyaluronsäure im faszialen Gewebe stimulieren. Aufgrund der thixotropen Eigenschaften von Hyaluronsäure sinkt ihre Viskosität durch die Scherbewegung, die bei Bewegung zwischen den faszialen Schichten entsteht (Dintenfass, 1996). Dagegen steigt bei mangelnder Bewegung bzw. Immobilität die Konzentration des Hyalurons und effektives Recycling im Stoffwechsel bleibt aus. Somit erhöht sich die Viskosität, was die Schmierung und Gleitfähigkeit der Bindegewebs- und Muskelschichten verringern kann (Cowman, 2015). Nur wenn im lockeren Bindegewebe eine niedrige Viskosität besteht, können die angrenzenden Faserschichten gedehnt und Kräfte in verschiedene Richtungen übertragen werden, ohne sich gegenseitig zu behindern (Pavan, 2014). Ist die Viskosität jedoch zu hoch, kann das Verhalten der gesamten Schicht der tiefen Faszie und des darunter liegenden Muskels negativ beeinflusst werden (Stecco, 2011).

An dieser Stelle sei zusätzlich erwähnt, dass nicht nur die Bewegung, sondern auch weitere Faktoren wie etwa Änderungen der Temperatur oder des pH-Werts in der Muskelloge die Viskosität der Hyaluronsäure und somit die Gleitfähigkeit der Faszien beeinflussen (Pavan, 2014). So kann eine Steigerung der Temperatur die dreidimensionale Molekülstruktur der Hyaluronsäure aufbrechen und so die Gleitfähigkeit der faszialen Schichten fördern (Cowman, 2015). Andererseits hat der pH-Wert einen Einfluss auf die Viskosität der Hyaluronsäure (Gatej, 2005). Intensiver Sport und anstrengende Arbeit können dazu führen, dass ein erhöhter Milchsäuregehalt den pH-Wert im lockeren Bindegewebe verändert und die Viskosität der Hyaluronsäure kurzzeitig steigt (Pavan, 2014).

2.1.3 Fibrosierung: „Verfilzung“ der faszialen Schichten

Die fibrotische Veränderung der faszialen Kollagenschichten erfolgt vor allem durch Fibroblasten. Diese Zellen sind ein Hauptbestandteil des Bindegewebes und damit auch jene Zellen, die am häufigsten in den Faszien vorkommen.

Die Fibroblasten erstellen und erhalten physiologisch die extrazelluläre Matrix (EZM) (Lesondak, 2017), indem sie durch Kollagensynthese und -umgestaltung auf die Spannung

zwischen der Zelle und der extrazellulären Matrix reagieren. Unter hoher Spannung – etwa beim Dehnen – steigt die Synthese und die Zellteilung an (Grinnell, 2008). Dabei organisieren sich die Fibroblasten entlang der Spannung in der extrazellulären Matrix (Kirkwood, 2009).

Bewegungsmangel bzw. Immobilisierung ist daher eine Ursache für pathologische Fibrosierung bzw. das „Verfilzen“ der Kollagenschichten im muskulär-faszialen Gewebe, weil Fibroblasten nicht ausreichend stimuliert werden. Dadurch verändert sich die Kollagenstruktur der Faszien (Stecco, 2016) und es kommt zu einer Verdickung des Bindegewebes mit einem „vorprogrammierten“ Zelltod (Apoptose) (Slimani, 2012). Weiterhin beeinflusst die Verdickung des Perimysiums die von ihm umgebenen Muskelspindeln und verändert damit die Kontraktionsleistung des Muskels (von Heymann, 2016). So stellten Stecco et al. (2014) fest, dass die zunehmende Verdickung der tiefen Faszie im Nackenbereich mit einer geringeren Beweglichkeit einhergeht.

Inflammationen im weiteren Sinn sind ebenfalls eine Ursache für fibrotische Veränderungen und werden meist durch Verletzungen wie etwa Traumata oder Operationen ausgelöst. In diesem Zusammenhang kann biomechanischer Stress die inflammatorische Reaktion beeinflussen und sich auf die Proliferation und Remodellierung der kollagenen Faszien-schichten auswirken (Midwood, 2004). Bei einer Verletzung bilden die Fibroblasten zunächst neues, unregelmäßiges Bindegewebe für Wundverschluss und Heilung. Die folgende Remodellierung wird besonders durch mechanische Zugkräfte beeinflusst (Miyamoto, 2009), sodass Immobilisierung und Bewegungsmangel zu einer nicht-physiologischen Rekonstruktion der kollagenen Faszien-Strukturen führen können (Pavan, 2014).

Generell ist zu beachten, dass Verdichtung und fibrotische Veränderungen der Faszien miteinander einhergehen können und sich gegenseitig beeinflussen. So kann eine veränderte Verschiebefähigkeit aufgrund einer hohen Konzentration an Hyaluronsäure auch die Kräfteverteilung innerhalb der fibrösen Kollagenschichten beeinflussen (Pavan, 2014).

2.2 Bewegungsmangel als Ursache muskulär-faszialer Spannung

Wie zuvor erläutert, hat Bewegung einen entscheidenden Einfluss auf die Struktur der Muskeln und Faszien. Demzufolge kann sich ein Bewegungsmangel negativ auf diese Strukturen auswirken und somit zu Spannungen im muskulär-faszialen Gewebe führen. Aufgrund der Verdichtung und Verfilzung der Faszien lässt sich erklären, warum Bewegungsmangel das fasziale Gleiten und damit auch den Bewegungsumfang (engl. range of motion, ROM) reduziert.

2.2.1 Eingeschränkte Bewegung

Bereits 2006 erklärten Schleip et al. in Bezug auf Untersuchungen von Williams (1984), dass ein Muskel, wenn er in einer verkürzten Position immobilisiert wird, auch steifer wird. Dies korreliert mit einer Zunahme der intramuskulären Faszie, die bereits zwei Tage nach der Ruhigstellung nachgewiesen werden kann. Während das Endomysium in dieser Zeit unbeeinflusst bleibt, ist in den ersten Tagen eine deutliche Verdickung des Perimysiums zu beobachten. Diese Veränderung der perimysialen Dicke (und damit auch der absoluten perimysialen Steifigkeit) wird für die rasche Muskelversteifung in der ersten Woche verantwortlich gemacht. Später wiesen Csapo et al. (2010) nach, dass das langfristige Tragen von Schuhen mit hohen Absätzen zu einer Verkürzung der Faszikel des Zwillingswadenmuskels (*M. gastrocnemius*) führt, wodurch sich die Steifigkeit der Achillessehne erhöht und der aktive Bewegungsumfang des Knöchels verringert.

Zudem zeigten Langevin et al. (2011) in einer viel beachteten Studie, dass die thorakolumbale Faszie bei Menschen mit chronischen Rückenschmerzen um 20 Prozent steifer ist als bei Menschen ohne solche Rückenschmerzen. Als mögliche Ursache betrachten die Studienautoren unausgewogene Bewegungen der Rumpfmuskulatur und/oder eine "intrinsische Pathologie" des Bindegewebes. Da viele Menschen heutzutage rund 8,5 Stunden täglich im Sitzen verbringen (DKV, 2021), ist nach unserer Einschätzung davon auszugehen, dass die passive Muskelsteifigkeit auch durch die entsprechend regelmäßige Einschränkung der täglichen Bewegung zunehmen kann.

Hypothese

Während durch häufiges Sitzen vor allem der Rücken unter Schmerzen leidet, ist zu beachten, dass sich Hüft- und Kniegelenke im Sitzen dauerhaft in einem Winkel von etwa 90° befinden. Deshalb lässt sich nach unserer Ansicht die Zunahme der Thorakolumbalfaszie auch dadurch begründen, dass die Muskelspannung im Hüft- und Beckenbereich (wie zuvor erwähnt) steigt und folglich die entgegengesetzte Kraftlinie auf der Körperrückseite steigen muss, um eine Aufrichtung des Oberkörpers zu ermöglichen. Im Sinne einer körperlichen Adaption nimmt demnach die Dicke der thorakolumbalen Faszie in dem Maße zu, wie sich die Muskelspannung in Hüfte und Becken durch eingeschränkte Bewegung erhöht. Weitere Ausführungen zu diesem Thema finden sich in Kapitel 2.3.2.

2.2.2 Engwinkliger und repetitive Bewegung

Die muskulär-fasziale Spannung kann nicht nur durch Immobilisierung zunehmen, sondern auch aufgrund repetitiver Bewegung.

Zwar steigt bei körperlicher Betätigung zunächst die Produktion von Hyaluronsäure (Piehl-Aulin, 1985), um die Gleitfähigkeit der Faszie zu erhöhen (Pavan, 2014). Allerdings kann bei sehr häufiger Bewegung bzw. Überlastung eine hohe Konzentration der Hyaluronsäure zu höherer Viskosität führen (Matteini, 2009) und so das fasziale Gleiten auch beeinträchtigen. Zudem steigt die Viskosität der Hyaluronsäure, wenn sie in Schichten organisiert ist, sobald sich die zwei Oberflächen weiter voneinander entfernen (Tadmor,

2002). Dies wird von den Patienten als eine erhöhte Steifigkeit wahrgenommen (Pavan, 2014) und ist bei einer Akkumulation der Hyaluronsäure im lockeren Bindegewebe zwischen Schichten aus Kollagenfasern entsprechend wahrscheinlich.

Darüber hinaus können gleichbleibende Bewegungen bei häufiger Wiederholung zu fibrotischen Veränderungen im faszialen Gewebe führen. Dies zeigten Barbe et al. (2013) in einem Tierversuch mit Ratten beim wiederholten Greifen und Ziehen. Es wurde beobachtet, dass bei hoher Frequenz der Wiederholung mit zugleich hoher muskulärer Belastung das Zytokin TGFβ1 vermehrt im faszialen Gewebe zu finden ist. Dies konnte mit einiger Verzögerung ebenso bei hoher Frequenz und geringerer Belastung beobachtet werden. Der Transforming Growth Factor Beta 1 (TGFβ1) signalisiert dabei zunehmende Entzündung und Wundheilung. Dies lässt sich laut Barbe et al. wahrscheinlich auf Mikrorisse zurückführen, die unter repetitiver Belastung entstehen und zu fibrotischen Veränderungen führen können (Nakama, 2007).

In einem anderen Tierversuch wiesen Bishop et al. (2016) nach, dass bei Bewegungseinschränkungen die Scherflächenmobilität des Faszien Gewebes um 28 Prozent abnimmt. Nach einer Verletzung mit anschließender Bewegungseinschränkung reduzierte sich die fasziale Beweglichkeit aufgrund fibrotischer Veränderungen sogar um 52 Prozent.

Für die wenigsten Tätigkeiten im modernen Alltag benötigen Menschen den physiologisch möglichen Bewegungsumfang ihrer Gelenke. Mit zunehmender Automatisierung genügen wenige repetitive Handgriffe oder Klicks, um das gewünschte Ziel zu erreichen. Ein gutes Beispiel ist die Schreibtischarbeit an Tastatur und Maus. Zudem wiederholen sich in handwerklichen Berufen die Bewegungsmuster regelhaft, etwa beim Heben, Streichen, Hämmern, Tragen, Putzen usw. In vielen dieser Fälle erfolgt die Gelenkbewegung nur in einem begrenzten Winkel, sodass sich Muskeln und Faszien nur eingeschränkt bewegen.

Hypothese:

Wiederholte, unphysiologische Belastung kann ebenfalls dazu beitragen, die Spannung der Muskulatur zu erhöhen. Steigt dadurch der Muskeltonus, wird das Gewebe zunehmend unnachgiebig, sodass sich die zuvor genannten Effekte verstärken.

2.2.3 Hebelkräfte bei eingeschränktem Bewegungsumfang

Sowohl eingeschränkte als auch engwinklige Bewegungen weisen eine entscheidende Gemeinsamkeit auf: In beiden Fällen bleibt ein Teil der möglichen Gelenkwinkel ungenutzt und führt zu muskulär-faszialen Spannungen. Daraus folgt nach unserer Einschätzung ein verringerter Bewegungsumfang, der wahrscheinlich im Zusammenhang mit Degeneration und Schmerzen am Bewegungsapparat steht.

Bereits 1953 stellten Harrison et al. mit der "unused arc theory" die Vermutung an, dass ungenutzte Gelenkwinkel mit chronischen Entzündungen zusammenhängen. Die Theorie wurde von Alexander (1994) aufgegriffen, der bei Affen beobachtete, dass sie im Gegensatz zum Menschen die möglichen Gelenkwinkel vollständig nutzen – also die nahezu komplette

Range of Motion einsetzen. Die Untersuchungen von Heine (1926) sowie Rothschild und Woods (1992) bestätigen dies und zeigen, dass freilebende Affen in der Regel keine Arthrose bekommen.

Neuere Studien zur Bedeutung des Bewegungsumfangs bei Gonarthrose untermauern diese These. So stellte die Forschungsgruppe um Shelbourne in mehreren Studien (2009, 2012, 2017) fest, dass auch am menschlichen Knie ein verringerter Umfang in Extension, Flexion oder beidem nach einer Operation durchweg zu einem höheren Auftreten von Arthrose führt. Ein Trainingsprogramm zur Behandlung der defizitären "Range of Motion" reduzierte bei Patienten mit Gonarthrose die Schmerzen und weitere Krankheitszeichen, sodass aus der untersuchten Patientengruppe 76 Prozent auf eine Knieprothese (Total Knee Arthroplasty, TKA) verzichten konnten (Benner, 2019).

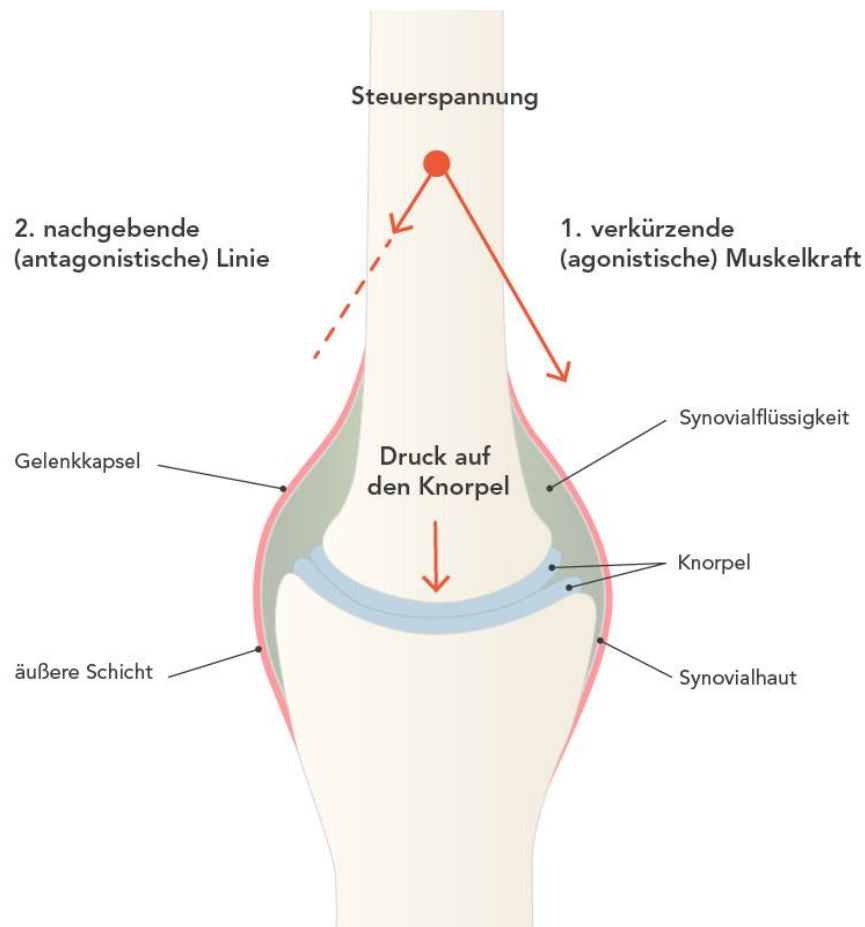
Da heutzutage unausgeglichene Bewegungen und eingeschränkte Beweglichkeit oft den modernen Lebensalltag vieler Patienten dominieren, kann ihre passive Muskelsteifigkeit auf Dauer zunehmen. Das beeinflusst die intermuskuläre Kraftübertragung und hat Auswirkungen auf die Muskelmechanik (Yucesoy, 2007) (Huijing, 2010).

Hypothese

Infolge eines eingeschränkten Bewegungsumfangs durch muskulär-fasziale Veränderungen halten wir es für wahrscheinlich, dass biomechanische Zug- und Druckkräfte die Gelenke unphysiologisch belasten. Diese Theorie könnte unter anderem erklären, weshalb Arthrose zunehmend häufiger auftritt. Unabhängig von Ursachen wie Übergewicht und Langlebigkeit hat sich beispielsweise die Prävalenz der Gonarthrose seit Mitte des 20. Jahrhunderts mehr als verdoppelt (Wallace, 2017).

Die von uns vermutete Wirkung der myofaszialen Hebelkräfte lässt sich am Beispiel eines einfachen Gelenks (Articulatio simplex) anschaulich erklären. Hierbei ist anzumerken, dass die realen Wirkkräfte wesentlich komplexer sind. Wie Fachkollegen stets anführen, sind Muskeln keine separaten, individuellen Funktionseinheiten (Findley, 2011). Dies gilt vor allem, wenn wir sie in einem dreidimensionalen Modell sowie bei unterschiedlichen Gelenkarten betrachten. Zum besseren Verständnis ist es dennoch sinnvoll, die Wirkkräfte der Muskeln in einem theoretischen Modell zu berücksichtigen. Schließlich folgen die muskulär-faszialen Wirkkräfte einem allgemeinen Schema, das hier mit einer vereinfachten Darstellung erklärt werden soll (siehe Grafik 2).

1. Indem die passive Muskelsteifigkeit aufgrund unausgewogener Belastungen bzw. Bewegungseinschränkungen einseitig zunimmt, kann dauerhaft eine agonistische Kraft wirken. Diese ist in der Lage, das Gelenk unwillkürlich zu beugen.
2. Demnach muss der antagonistische Muskel eine höhere isometrische Spannung aufbauen. Somit führt die notwendige Haltekraft zu einem dauerhaft erhöhten Muskeltonus.



Grafik 2: Hebelkräfte im muskulär-faszialen Gewebe belasten die Gelenke

Je höher die passive Muskelsteifigkeit aufgrund einseitiger Bewegungen im Laufe des Lebens wird, umso mehr steigt die isometrische Spannung in der antagonistischen Muskulatur an. Daraus folgt erstens eine zunehmende mechanische Belastung des Gelenks, die mit einem höheren Druck auf den Gelenkknorpel einhergeht, je nach Gelenkgeometrie auf ganz bestimmte Areale des Knorpels. Zweitens erschweren die kontinuierliche Belastung und die eingeschränkte Beweglichkeit notwendige Stoffwechselaktivitäten der Knorpelzellen in diesen Arealen zusätzlich. Das könnte im weiteren Verlauf einen erhöhten Knorpelabrieb sowie weitere Schäden am Gelenk erklären.

2.3 Warnsignale des Körpers

Im faszialen Gewebe befinden sich schätzungsweise rund 250 Millionen Nervenenden (Schleip, 2021). Im Vergleich zur Haut (Croniani, 2020) wäre das Faszien-system damit möglicherweise sogar das größte menschliche Sinnesorgan. Daher ist es wahrscheinlich, dass die Signale von Rezeptoren im faszialen Gewebe entscheidend zur Körper- und Schmerz-wahrnehmung beitragen.

2.3.1 Propriozeption und Nozizeption in Faszien

Die Faszien sind dicht mit myelinisierten sensorischen Nervenendigungen innerviert, von denen angenommen wird, dass sie eine propriozeptive Funktion haben. Dazu gehören Pacini (und paciniforme) Korpuskeln, Golgi-Sehnenorgane und Ruffini-Endungen (Stecco, 2010), welche für die Tiefensensibilität zuständig sind und somit das Gehirn über Position bzw. Aktivitätszustand der Gelenke, Muskeln und Sehnen informieren. Darüber hinaus finden sich in den Faszien auch freie Nervenendigungen (Schleip, 2003). Insgesamt folgt die fasziale Innervation einer bestimmten Verteilung mit genauer Lokalisierung. Die freien Nervenenden sind meist polymodal, sodass ihre Rolle entweder Propriozeption oder Nozizeption sein kann. Unter pathologischen Umständen finden sich dabei vermehrt Nozizeptoren im Gewebe (Suarez-Rodriguez, 2022), welche der Schmerzwahrnehmung dienen. Die Schmerzempfindlichkeit der Faszie konnte somit in Experimenten nachgewiesen werden und ist wahrscheinlich mit vielen Schmerzsyndromen verknüpft (Weiss, 2021).

Bei der faszialen Schmerzentstehung steht nach unserer Einschätzung die Bewegung als Ursache im Vordergrund. So gibt es Hinweise darauf (s.o.), dass mangelnde Bewegung für eine Veränderung der faszialen Gleitfähigkeit und somit für die Aktivierung der Nozizeptoren verantwortlich ist. Demnach kann eine veränderte Regulation der Hyaluronsäure zu vermehrter Adhäsion führen, weshalb die faszialen Schichten weniger gleitfähig sind. In der Folge verändern sich die mechanischen Kraftlinien innerhalb der verschiedenen Faszien-schichten (Bordoni, 2022) und können zu myofaszialen Schmerzen führen (Stecco, 2018). Da eine Regulation der Hyaluronsäure nachweislich von Bewegung bzw. Bewegungsmangel beeinflusst wird (Pavan, 2014) (Pratt, 2021) und davon das funktionierende Miteinander der faszialen Strukturen abhängt, ist dieser Faktor nach unserer Ansicht für die Information und Behandlung von Patienten entscheidend. Die genauen Zusammenhänge werden in der Wissenschaft weiter untersucht und diskutiert.

- Langevin et al. haben die Hypothese aufgestellt, dass wiederkehrende Körperhaltungen oder repetitive Bewegungen (z. B. beim Sport) veränderte Bewegungsmuster hervorrufen können, welche die Dicke des Gewebes erhöhen und damit das Gleiten zwischen den Faszien-schichten einschränken. Diese Situation würde Entzündungen und Schmerzen verstärken und die Stimulation der freien Nervenenden in den Faszien erhöhen (2009, 2011, 2021).
- Hingegen verweist die Forschungsgruppe um Stecco et al. vorrangig darauf, dass neue Kraftlinien, die nach Faszienverklebungen aufgrund von Überbeanspruchung, Traumata oder auch Operationen entstehen können, die Dichte des Hyalurons verändern und seine Viskoelastizität erhöhen, was zu einer veränderten Aktivierung der in die Faszie eingebetteten Nervenrezeptoren führt (Stecco, 2013) (Stecco, 2011) (Casato, 2019). Wenn diese Aktivierung ihre Anpassungsfähigkeit übersteigt, können sie hyperaktiv werden und Schmerzen erzeugen (Suarez-Rodriguez, 2022).

Beide Ansichten sind durchaus vereinbar, da gewohnte Bewegungsmuster und Überbeanspruchung klinisch häufig in Zusammenhang stehen – zum Beispiel im Rahmen beruflicher Tätigkeiten (Celik, 2018) (Joseph, 2020) (Kasemsan, 2021). Dementsprechend kann ein verändertes Gleitverhalten in den faszialen Strukturen gemäß unseres

Hebelkraft-Modells (S. 8) biomechanisch zu veränderten Kraftlinien führen. Mit zunehmenden Bewegungseinschränkungen etwa durch Fibrosierung kann sich dieser unphysiologische Effekt weiter verstärken.

2.3.2 Schmerz als Warnsignal (Alarmschmerz)

Nun ist bekannt, dass das Bestehen schmerzhafter Reize zu Bewegungseinschränkungen und Schonhaltung führen kann. Allerdings ist es auch möglich, dass nicht adäquate Belastungen und Überbeanspruchung zu Funktionsstörungen am Bewegungssystem beitragen. Diese Funktionsstörungen können wiederum potenzielle Gewebeschädigungen darstellen, lokale Reaktionen auslösen, Reizschwellen verändern und zu Schmerzen führen (Beyer, 2018). So lassen Forschungsergebnisse aus Neurophysiologie und Neuropsychologie (Hohwy, 2013) den Rückschluss zu, dass bei einer Nichtübereinstimmung zwischen dem tatsächlichen und dem angestrebten bzw. vorhergesagten Resultat einer Bewegung (Reafferenz) im zentralen Nervensystem ein unbewusster Alarmzustand entsteht. Diese Orientierungsreaktion kann auch bei faszialen Rezeptoren auftreten, die in ihrer Funktion gestört sind. Demnach können sich zunehmende kleinere funktionelle Beeinträchtigungen in der neuen Qualität „Schmerz“ niederschlagen (Beyer, 2018).

Dabei ist zu beachten, dass Schmerzen am Bewegungsapparat häufig mit gewissen Bewegungseinschränkungen einhergehen (Beyer, 2018). So hat etwa die fasziale Steifigkeit eine direkte Auswirkung auf den Druck in muskulären Kompartimenten und beeinflusst somit auch die Muskelfunktion (Pavan, 2015). Im weiteren Verlauf können zunehmende Bewegungseinschränkungen diese Effekte verstärken und zu Adhäsion und Fibrosierung führen, was wiederum die Steifigkeit des Gewebes sowie die Schwierigkeit der Bewegung und folglich die Schmerzen erhöht (Langevin, 2009). Auf diese Weise kann eine negative Abwärtsspirale entstehen.

Hypothese

Die beschriebene Schmerzwahrnehmung ist nach unserer Auffassung ein Warnsignal (Alarmschmerz), das auf erste Pathologien am Bewegungsapparat hinweisen kann und damit als initiale Indikation zur Behandlung dient. Aufgrund muskulär-faszialer Implikationen gilt es aus unserer Sicht vor allem, Aktivität und Bewegung zu fördern, um myofasziale Beschwerden und Schmerzen am Bewegungsapparat zu lindern. Ein möglichst großer Bewegungsumfang ist dafür entscheidend.

2.4 Schmerzentstehung nach Liebscher & Bracht

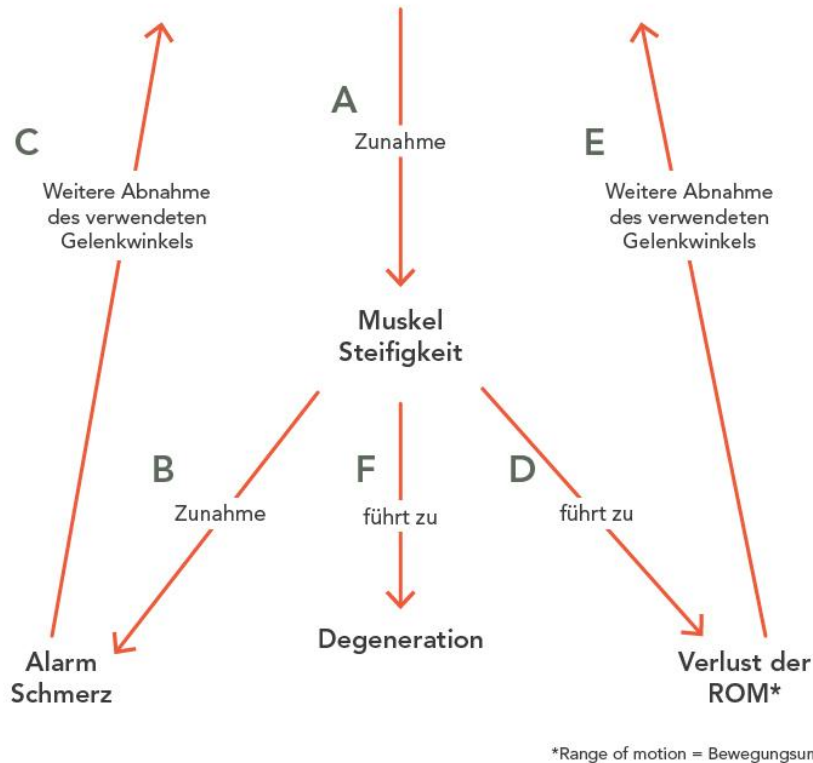
Aus den bekannten muskulär-faszialen Veränderungen als mögliche Ursache für Schmerzen und Erkrankungen haben Dr. med. Petra Bracht und Roland Liebscher-Bracht ein Konzept für ein neues Schmerzverständnis entwickelt, das an dieser Stelle zusammengefasst und definiert werden soll. Im Zentrum dieser neuen Theorie stehen nicht vollständig genutzte Gelenkwinkel, die häufig aus einem Bewegungsmangel oder unausgeglichenen Bewegungen im Alltag resultieren.

2.4.1 Zusammenhang von Bewegungsumfang, Schmerz und Degeneration

Am Anfang der Beschwerden stehen zunächst nicht vollständig genutzte Gelenkwinkel. Gemäß der „unused arc theory“ von Harrison (1953) und Alexander (1994) wurde bereits postuliert, dass ein bestimmter Bewegungsmangel zu weiteren Erkrankungen führen kann. Dieser Zusammenhang wird anhand unseres Modells noch einmal verdeutlicht (siehe Grafik 3).

- A. Zunächst ist die kausale Folge des Bewegungsmangels sowie einseitiger Bewegungen eine Zunahme der passiven Muskelsteifigkeit und somit der Muskelspannung. Diese entsteht vornehmlich aufgrund von Adhäsion und Fibrose der Muskelfaszien, denen eine veränderte Viskosität der Hyaluronsäure in den faszialen Kollagenschichten zugrunde liegt. Hierzu kann nach unserer Auffassung auch eine unbewusste Anspannung der Muskulatur beitragen.
- B. Aufgrund erhöhter Spannung und reduzierter Gleitfähigkeit im muskulär-faszialen Gewebe können Bewegungen zu unphysiologischen, mechanischen Reizen führen und Nozizeptoren aktivieren. Der erhöhte Druck im Gewebe führt aufgrund einer schlechteren Blutversorgung zu einem relativen Sauerstoffmangel. Damit kommt es über einen CO₂-Anstieg zu einem Absinken des pH-Wertes. Diese Faktoren machen die Schmerzrezeptoren empfindlicher. Das Resultat sind (Alarm-)Schmerzen am Bewegungsapparat, die wir als Warnsignal für Beschwerden und Erkrankungen verstehen.
- C. Die empfundenen Schmerzen führen meist zu unbewussten oder bewussten Bewegungseinschränkungen sowie einer Schonhaltung, welche zu einer weiteren Reduktion der genutzten Gelenkwinkel beitragen.
- D. Die weitere Zunahme der Muskel- und Faszienspannung und meist auch der Schmerzen führt in der Folge zu einer noch stärkeren Abnahme des Bewegungsumfangs bzw. der Range of Motion (ROM) und einer Einsteifung der Gelenke, was auch als Kontraktur zu bezeichnen wäre.
- E. Eine stark reduzierte Range of Motion forciert die pathologische Entwicklung, indem Patienten zunehmend auf ein unvollständiges Bewegungsprofil zurückgreifen und in ihrer Bewegung entsprechend dekonditioniert werden.
- F. Die wachsende Muskelsteifigkeit kann im Laufe der Zeit aufgrund veränderter biomechanischer Wirk- und Hebelkräfte zu Degeneration und unterschiedlichen Erkrankungen wie Arthrose, Rückenschmerzen oder anderen Beschwerdebildern mit myofaszialen Einflussfaktoren beitragen.

Nicht vollständig genutzter Gelenkwinkel



Grafik 3: Ursache von Alarmschmerz, Degeneration und Verlust des Bewegungsumfangs

Das Modell zur Schmerzentstehung nach Liebscher & Bracht zeigt in seiner Gesamtheit einen logischen Zusammenhang zwischen muskulär-faszialen Veränderungen, einem reduzierten Bewegungsumfang sowie Schmerzen und verschiedenen Erkrankungen. Die „tatsächliche oder potentielle Gewebeschädigung“, wie sie von der International Association for the Study of Pain (IASP, 2020) für das Vorhandensein von Schmerzen per Definition verlangt wird, ist angesichts der beschriebenen Veränderungen in den Muskelfaszien als häufiger Ausgangspunkt von Schmerzen und Erkrankungen erfüllt.

In diesem Modell gilt die Schlussfolgerung, dass zwischen den drei Entitäten Schmerz, Degeneration / Arthrose und Bewegungsumfang kein direkter kausaler Zusammenhang besteht. Vielmehr können alle drei Entitäten mit individuell unterschiedlichen Anteilen auf den unvollständigen Einsatz der möglichen Gelenkwinkel zurückzuführen sein. Somit sollte in zutreffenden Fällen die therapeutische Behandlung bei dieser Ursache ansetzen. Dies empfiehlt auch die Forschungsgruppe um Shelbourne und verweist auf die Notwendigkeit zur Wiederherstellung einer vollständigen Range of Motion, da schon wenige Grad Extensions- oder Flexionsverlust die Gelenkfunktion beeinträchtigen und Schmerzen verursachen können (Benner, 2019).

2.4.2 Muskulär-fasziale Schmerzentsstehung im Kontext anderer Erkrankungen

Zwar sind muskulär-fasziale Schmerzen nach wie vor in der Wissenschaft noch unzureichend charakterisiert, betreffen aber früheren Schätzungen zufolge rund 30 Prozent der Menschen mit chronischen Schmerzen am Bewegungsapparat (Skootsky, 1989) und werden dahingehend weiter erforscht (Fricton, 2016). Aufgrund der weitreichenden Implikationen muskulär-faszialer Spannungen gehen Liebscher & Bracht von einer deutlich größeren Häufigkeit aus.

Grundsätzlich sind Muskulatur und Faszien in der wissenschaftlichen Betrachtung von Schmerzen nur schwer zu trennen. Es gibt immer einen Zusammenhang, allein schon aufgrund der anatomischen Nähe und der gemeinschaftlichen Funktion. So wird der Anteil muskulär-faszialer Ursachen bei unspezifischen Rückenschmerzen auf bis zu 90 Prozent geschätzt (Leinmüller, 2008). Um einzelne Erkrankungen genauer zu beschreiben, lohnt sich in manchen Fällen allerdings ein klarer Fokus. Zum Beispiel sind Faszien vorwiegend an der Modulation von Schmerzen bei Fibromyalgie, Frozen Shoulder, Arthrofibrose oder Morbus Sudeck beteiligt. Die Muskelspannung hat wiederum großen Einfluss auf abdominelle Schmerzen, Regelschmerzen und viele Schmerzen ohne genauen Befund sowie bei Wetterfühligkeit, Strahlensensibilität und schmerzhaften Beschwerden, die sich durch Wärme lindern lassen.

Hypothese

Im Fall von Schmerzen anderer Pathogenese sind aus unserer Sicht gewisse Überschneidungen mit den in Kapitel 2 genannten muskulär-faszialen Veränderungen zu berücksichtigen. Demnach haben sowohl durch die Psyche oder Prostaglandine modulierte Schmerzen als auch Traumata sowie Umwelteinflüsse und Ernährung jeweils Auswirkungen auf Muskelspannung sowie Gewebeswellung und damit auf die Nervenfasern, insbesondere auf freie Nervenendigungen. Diese Auswirkungen betreffen stets das muskulär-fasziale Gewebe. Daraus folgt, dass auch in diesem Rahmen Schmerzen und Beschwerden unter anderem durch Übungen und Behandlung der Muskeln und Faszien gelindert werden könnten. Diese Einflussmöglichkeit dürfte individuell aber höchst unterschiedlich ausfallen.

3. Schmerztherapeutische Übungen

Bewegungsübungen sind ein integraler Bestandteil der Physiotherapie. Die niedrigschwellige Anwendbarkeit und positive Wirkung bei einer Vielzahl muskuloskelettaler Beschwerden zeichnen diese Therapieform aus.

In Anbetracht der alltäglichen Bewegungsgewohnheiten vieler Menschen wird die Bedeutung gezielter Bewegungsübungen ersichtlich. Regelmäßige Bewegung im Alltag ist ein wichtiger Bestandteil für ein gesundes Leben. Die Evidenz zu den positiven Effekten von ausgewogener Bewegung ist umfangreich und eindeutig. Sie umfasst unter anderem das

Herz-Kreislaufsystem, den Stoffwechsel und nicht zuletzt die muskuloskelettale Gesundheit (Miko, 2020).

Obwohl dies weithin bekannt ist und auch von Staat, Krankenkassen und privaten Medien angeraten wird (BMG, 2023)(DAK, 2023)(Stunz, 2023), bewegt sich ein Großteil der Deutschen zu wenig und kommt nicht auf das von Experten empfohlene Sport- und Bewegungsspensum (TK, 2022). Unter einem entsprechenden Bewegungsmangel leidet auch das muskulär-fasziale Gewebe und es verliert an Elastizität. Dies kann zu passiver Muskelsteifigkeit führen (Schleip, 2006). Aufgrund von Verdichtung und Fibrosierung der Faszien kommt es zu erhöhten muskulär-faszialen Spannungen. Diese schränken den Bewegungsumfang ein. Infolgedessen beeinflussen pathologische Hebelkräfte den natürlichen Bewegungsablauf und führen nach unserer Auffassung zu Schmerzen und degenerativen Veränderungen (siehe Kapitel 2).

Die Liebscher & Bracht Übungen® setzen an dieser Stelle an, um muskulär-fasziale Spannungen zu senken und dadurch entstehende Schmerzen zu reduzieren. Dieses Übungssystem baut in seiner Gestaltung und Durchführung auf Prinzipien von Bewegung, Dehnung und Kräftigung auf, die heute zu großen Teilen gut erforscht sind und regelmäßig therapeutisch angewendet werden.

3.1 Bewegung in der Schmerztherapie

Regelmäßige Bewegung und körperliches Training bieten nachweislich eine leicht zugängliche, kosteneffektive und praktikable Methode zur Behandlung von chronischen Schmerzen (Kuithan, 2022). Mögliche Anwendungsfälle umfassen unter anderem patellofemorale Schmerzen (van der Heijden, 2015) chronische Rückenschmerzen (Hayden, 2005), Gonarthrose sowie Coxarthrose (Fransen, 2002), Nackenschmerzen (Gross, 2015), Fibromyalgie (Busch, 2007) und viele mehr.

Die neuere Faszienforschung legt zudem nahe, dass Bewegung die Viskosität der Hyaluronsäure im faszialen Bindegewebe beeinflusst (Dintenfass, 1996) und somit die Gleitfähigkeit der Bindegewebs- und Muskelschichten moduliert (Cowman, 2015). Dies kann sich entsprechend auf das Verhalten der Muskeln und Faszien (Stecco, 2011) und somit auf die Beweglichkeit der Patienten auswirken (siehe Kapitel 2.1.2).

Neben zahlreichen positiven Effekten für den gesamten Organismus wird auch eine verminderte Schmerzempfindlichkeit (Hypoalgesie) als Wirkung der Bewegung diskutiert. Obwohl die Qualität der Nachweise noch gering ist, kommt eine Meta-Analyse von Belavy et al. (2021) zu dem Ergebnis, dass Bewegungstraining generell zu einer Verringerung der Schmerzempfindlichkeit beitragen kann. Während sich das traditionelle Bewegungstraining auf die Verbesserung von Kraft und Ausdauer konzentriert, vermuten einige Wissenschaftler, dass die schmerzlindernde Wirkung der Bewegung nicht allein auf diese muskuloskelettalen Faktoren zurückzuführen ist. Demnach kann Bewegung mit Veränderungen im zentralen Nervensystem einhergehen, die zu einer reduzierten Sensibilität und somit zu einer geringeren Schmerzwahrnehmung führen (Sluka, 2018).

Allerdings ist die Verschreibung von Bewegung aus medizinischer Sicht mit gewissen Herausforderungen verbunden. So muss eine individuell geeignete Form der Bewegungstherapie für Patient und Schmerzzustand ermittelt werden. Dabei gilt es zu beachten, dass insbesondere Personen mit Erkrankungen des Bewegungsapparats häufig in eine Schonhaltung verfallen und Angst vor Bewegung (Kinesiophobie) haben, da sie diese mit Schmerzen assoziieren. Ein weiteres Problem bei der Vermittlung einer Therapie ist der begrenzte Zugang zu Kursen und Schulungen sowie die Verfügbarkeit entsprechender Geräte (Polaski, 2019).

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, empfehlen Fachleute niedrigschwellige Übungsangebote als eine praktikable Lösung. Die Liebscher & Bracht Übungen® sind daher in ihrer Funktion nach Körper- bzw. Schmerzbereichen gegliedert. Dank Variationen mit bewussten Erleichterungen bieten sie eine Übungsmöglichkeit für Menschen mit starken Bewegungseinschränkungen und Angst vor Schmerzen.

3.2 Schmerzlinderung durch Dehnung und Kräftigung

Um die Beweglichkeit von Muskeln und Faszien zu fördern, sind Dehnung und eine gewisse Kräftigung entscheidend. Studien zeigen, dass beide Trainingsmethoden gleichermaßen zu einem gesteigerten Bewegungsumfang beitragen (Afonso, 2021). Daher empfiehlt es sich oftmals, beide Techniken in der Schmerztherapie zu kombinieren.

3.2.1 Dehnung

Ähnlich wie sich die positiven Effekte der körperlichen Bewegung auf den gesamten Körper auswirken, haben auch Dehnübungen einen weitreichenden Einfluss auf den Bewegungsapparat. Zum Beispiel kann gezieltes Dehnen dazu beitragen, das Verletzungsrisiko beim Sport zu verringern sowie die Beweglichkeit zu verbessern (McCarthy, 1997) und das Abklingen von Entzündungen zu unterstützen (Berrueta, 2016).

Studien belegen, dass sich muskuloskelettale Schmerzen, die im Arbeitsalltag auftreten, durch regelmäßige Dehnübungen eindämmen lassen (da Costa, 2008). Viele Beschwerden, die häufig mit langer Computer- oder Bildschirm-Arbeit assoziiert sind, können durch regelmäßiges Dehnen während der Arbeit wirksam reduziert werden (Henning, 1997)(Trujillo, 2006). Selbst Menschen in körperlich anspruchsvollen Berufen wie Soldaten und Feuerwehrleute profitieren von Dehnübungen, die auf ihre alltäglichen Belastungen zugeschnitten sind, und klagen seltener über Schmerzen am Bewegungsapparat (Hilyer, 1990)(Amako, 2003). Der positive Effekt von Dehnübungen lässt sich auf die Wirkung zurückführen, die sie auf Muskulatur und Faszien haben.

Die Struktur der Muskeln ändert sich aufgrund der Belastung beim Dehnen (Franchi, 2014). So führt eine statische Dehnung bei gesunden Menschen dazu, dass die Muskelfaszikel in relativ geringem Ausmaß an Länge zunehmen. Zudem zeigt sich, dass die Häufigkeit und

die Intensität des Dehnens die Länge dieser kleinen Substrukturen beeinflussen, die aus mehreren Muskelfasern bestehen. Häufiges Dehnen bei hoher Intensität sorgt demnach für eine deutliche Längenzunahme der Faszikel (Panidi, 2023).

Die fasziale Struktur wird maßgeblich von Fibroblasten beeinflusst. Unter hoher Spannung – etwa beim Dehnen – kommt es zur Abgabe (Sekretion) von Enzymen (Kollagenasen), welche die Kollagene in der Faszie spalten und abbauen. Die vorherige Struktur der Fasern wird zerstört und es erfolgt eine neue Anordnung des kollagenen Substrats (Carano, 1996). Die neue Struktur entspricht den physikalischen Anforderungen an das muskulär-fasziale Gewebe, da die Fibroblasten richtungssensitiv sind und sich somit entlang der Spannung in der extrazellulären Matrix organisieren (Kirkwood, 2009). Demzufolge strukturieren sich Faszien entsprechend ihrer Beanspruchung und können durch Dehnung positiv beeinflusst werden. Dies entspricht dem Davis'schen Gesetz, wonach sich Bänder sowie alle anderen Weichgewebe durch zusätzliche Materialansammlung verlängern, sofern sie ständigen Zugbelastungen von zumindest moderater Stärke ausgesetzt sind. Wohingegen Bänder oder andere Weichteile, die ununterbrochen in einem lockeren oder schlaffen Zustand verbleiben, sich allmählich verkürzen (Nutt, 1913).

Die korrekte Ausführung beim Dehnen wird in der Fachwelt intensiv debattiert. Dauer und Intensität und nicht zuletzt die richtige Auswahl der Dehnübungen werden von Medizinern und Wissenschaftlern seit Jahren geprüft und weiterhin untersucht. Vor allem die mechanische Zugbelastung und die Gesamtzeit unter Spannung tragen entscheidend zu den morphologischen Anpassungen bei (Hinks, 2022).

Dass Freizeitsportler häufig nur wenige Sekunden dehnen, mahnt Sportmediziner Robert Fritz in einem Zeitungsartikel an, denn "zehn bis 15 Sekunden, wie es manche machen, bringen nichts" (Zoidl, 2019). In Fachkreisen wird eine Dehnungszeit von mindestens 30 Sekunden empfohlen, um den Bewegungsumfang effektiv zu erhöhen (Bandy, 1994) (Ryan, 2009). Zu der Frage, inwiefern eine längere Dauer zu größeren Fortschritten beiträgt, gibt es konträre Meinungen und Ergebnisse. Teilweise sind diesbezüglich keine Unterschiede zwischen einer Dehnung von 30 oder 60 Sekunden festzustellen (Bandy, 1997), während vor allem bei älteren Probanden eine Dehnung von 60 Sekunden zu einem messbar größeren Bewegungsumfang beiträgt (Schulthies, 2001). Ein noch größerer Effekt wurde in Studien beobachtet, die einen nicht-lokalen Bewegungsumfang (non-local ROM) maßen. Hier kommt man zu dem Ergebnis, dass Dehnungszeiten von 120 bis 240 Sekunden einen größeren Effekt haben und die Beweglichkeit benachbarter Gelenke und Muskelgruppen davon profitiert (Behm, 2021). Zusammenfassend ist daher festzustellen: Je länger eine Dehnung gehalten wird, desto größer ist ihre potentielle Wirkung auf die allgemeine und lokale Beweglichkeit. Um einen entsprechenden Effekt zu erzielen, sollte die Dehnung allerdings für mindestens 30 Sekunden gehalten werden.

3.2.2 Kräftigung

Um die Beweglichkeit von Patienten zu erhöhen, stellt die Kräftigung der Muskulatur ein probates Mittel dar. Nicht nur im Sport, sondern auch bei Alltagsbewegungen wie Sitzen,

Stehen und Gehen ist ein gewisses Maß an Kraft notwendig (Fröhlich, 2014). Generell kann ein wirksames Krafttraining durchgeführt werden, indem ein Widerstand zur Förderung der Kraftsteigerung eingesetzt wird (Bompa, 2018)(Afonso, 2021). Dabei löst die mechanische Belastung der Muskelkontraktion Veränderungen in der zellulären Signalübertragung und Genexpression aus, die die physiologischen, strukturellen und kontraktile Eigenschaften der Muskelfasern beeinflussen (Franchi, 2014).

Obwohl die Kräftigung in erster Linie darauf abzielt, Muskelschwäche zu beheben, hat sich gezeigt, dass ausgewähltes Krafttraining auch die Beweglichkeit erhöht (Moscão, 2020). Zum Beispiel wurde durch Widerstandsübungen eine gesteigerte Beweglichkeit für die Hüftbeugung und die Halsstreckung bei älteren Probanden (Carneiro, 2015) sowie eine verbesserte Beweglichkeit des Nackens bei Patienten mit chronischen Nackenschmerzen (Ylinen, 2003) nachgewiesen.

Einige Wissenschaftler gehen zudem davon aus, dass Krafttraining sowie isometrische Kontraktionen zu Hypoalgesie im trainierten Bereich beitragen (Rice, 2019) (Naugle, 2012). Diese These wird weiterhin erforscht und könnte dabei helfen, die Wirkmechanismen therapeutischer Bewegungsübungen genauer zu erklären.

3.2.3 Dehnung und Kräftigung

Einige etablierte Übungssysteme verbinden Elemente aus Dehnung und Kräftigung. Dazu gehören etwa das exzentrische Training, dynamisches Dehnen, die propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation (PNF) und die Muskel-Energie-Technik (MET).

Das exzentrische Training basiert auf einer negativen bzw. nachgebenden Muskelarbeit durch Verlängerung des Muskels bei gleichzeitiger Kontraktion (Roig, 2009). Die Anwendung solcher Übungen zur Steigerung der Beweglichkeit kann eine Kombination aus Kräftigung und Dehnung des Muskelgewebes darstellen. Dabei zeigen sich strukturelle Anpassungen der Muskelfaszikel sowie eine Zunahme des Bewegungsumfangs (O'Sullivan, 2014). Das exzentrische Training führt beispielsweise bei Gonarthrose effektiv zu einer Kräftigung der Muskulatur, wodurch als sekundärer Effekt sowohl die Funktion als auch Schmerzsymptome positiv beeinflusst werden können (Vincent, 2019). Genauere Untersuchungen dieser Methode beziehen sich vor allem auf Tendinopathien. Hier konnte eine Schmerzlinderung mehrfach nachgewiesen werden (Lim, 2018)(Yoon, 2021). In Bezug auf andere Erkrankungen lässt sich eine Schmerzlinderung nur bedingt nachweisen. So zeigt sich zum Beispiel, dass exzentrisches Training bei einem Impingement-Syndrom der Schulter nur eine geringe, nicht klinisch bedeutsame Schmerzlinderung bewirkt (Larsson, 2019).

Dynamische Dehnung entsteht aus zyklischen Bewegungen des Zielmuskels bis zum Erreichen seines vollen Bewegungsumfangs durch die antagonistische Muskulatur und der anschließenden Rückkehr in die Ausgangsposition durch agonistische Muskelkontraktion (Clark, 2014) (Pamboris, 2019). Allerdings ließ sich bei dynamischen Dehnübungen kein Einfluss auf die kontraktile Eigenschaften, die Faszikellänge sowie weitere Aspekte der

Muskulatur nachweisen. Demnach sollte das dynamische Dehnen vorrangig als eine Mischung aus sportlichem Aufwärmen und Dehnübungen verstanden werden (Vieira, 2021).

Die propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation (PNF) ist eine Therapiemethode, die durch Stimulation der Propriozeptoren zur bewussten Ansteuerung der Muskulatur und einem verfeinerten neuromuskulären Zusammenspiel beiträgt. Die Behandlung beinhaltet Dehnung und Kräftigung sowie das Anbahnen physiologischer Bewegungsabläufe durch dreidimensionale Bewegungen, bei denen der Außen- und Innenrotation eine besondere Bedeutung zukommt (Nikolova, 2022). Die Übungen werden durch einen Therapeuten angeleitet und wirken sich meist positiv auf den aktiven und passiven Bewegungsumfang aus (Funk, 2003)(Wallin, 1985). Zwei Techniken sind hervorzuheben, da sie Dehnung und Kräftigung kombinieren und ihre Wirkung in der Fachliteratur gut dokumentiert ist (Hindle, 2012). Die Contract-Relax-Technik (CR) beginnt mit einer statischen Dehnung des Zielmuskels. Anschließend kontrahieren die Patienten den Zielmuskel isometrisch für eine bestimmte Zeit bei maximalem Krafteinsatz gegen den Widerstand des Therapeuten. Darauf folgt eine kürzere Entspannung, die in der Regel eine passive Dehnung beinhaltet (Etnyre, 1986). Die Contract-Relax-Antagonist-Contract-Technik (CRAC) folgt demselben Verfahren wie die CR-Technik, sieht aber weitere Schritte vor. Statt den Zielmuskel am Ende nur passiv zu dehnen, kontrahieren Patienten den Antagonisten des Zielmuskels noch für eine gewisse Zeit (Etnyre, 1986). Zudem existieren zahlreiche Variationen, die sich durch Wiederholung bestimmter Übungsschritte, Geschwindigkeit oder Rhythmus der Bewegungen unterscheiden (Surburg, 1997). Unklar ist jedoch, in welcher Kombination die einzelnen Schritte am besten wirken und welche Intensität, Dauer und Häufigkeit sinnvoll ist (Feland, 2001).

Ähnlich wie die PNF-Methode nutzen auch Therapien wie die Muskel-Energie-Technik (MET) eine Kombination von Elementen aus Dehnung und Kräftigung. Im Rahmen der MET kontrahieren Patienten bestimmte Muskeln, indem sie gegen einen von Therapeuten bereitgestellten Widerstand drücken. Anschließend unterstützen die Therapeuten ihre Patienten dabei, diese Muskeln zu dehnen, anzuspannen und zu entspannen. Ziel ist die Wiederherstellung der normalen Muskel- und Gelenkbeweglichkeit (Franke, 2015). So zielt etwa die postisometrische Relaxation (PIR) als Teil der MET vor allem auf Entspannung und Dehnung der Tiefenmuskulatur (El Laithy, 2018). Es bestehen allerdings gewisse Unterschiede zwischen PNF und MET. So werden MET-Übungen in der Regel mit geringerem Kraftaufwand durchgeführt und die Kontraktion erfolgt an der anfänglichen Schwelle des Gewebewiderstands und nicht am Ende des Bewegungsumfangs eines Gelenks (Thomas, 2019). Manche Mediziner raten bei PNF zur Vorsicht, weil Therapeuten mitunter eine intensive Dehnung auslösen, bevor sich die Muskulatur entspannt hat (Emary, 2012).

Vergleiche zwischen der PNF-Methode und statischen sowie ballistischen Dehnübungen zeigen gewisse Unterschiede. Die Forschungsergebnisse zu sportlichen Leistungen und zur Verletzungsprävention sind ähnlich (Hindle, 2012). Obwohl alle drei Maßnahmen zu einem größeren Bewegungsumfang beitragen (Lucas, 1984), bewirkt die Kombination aus Kontraktion und Dehnung der PNF meist eine deutlichere Zunahme sowohl des aktiven als auch des passiven Bewegungsumfangs (Funk, 2003)(Etnyre, 1988)(Feland, 2001). Zudem

setzen die Verbesserungen in diesem Fall deutlich schneller ein (Tanigawa, 1972). Inwiefern eine Kräftigung der Muskulatur durch die Übungen erreicht wird, kann nicht klar definiert werden, da sich Studien hierzu im Aufbau stark unterscheiden und oft verschiedene Resultate zeigen (Marek, 2005) (Mikolajec, 2012) (Burgess, 2019) (Balle, 2015). Hingegen ist die positive Wirkung auf den Bewegungsumfang durch zahlreiche Studien belegt. Bereits nach dem einmaligen Durchlaufen einer Kombination aus Kontraktion und Dehnung nimmt der Bewegungsumfang zu (Moore, 1980)(Feland, 2001). Abhängig vom Anwendungsbereich zeigt sich eine Zunahme zwischen 3° und 9° am jeweiligen Gelenk (Lucas, 1984)(Etnyre, 1988)(Feland, 2001). Dabei genügt es, zweimal pro Woche zu üben, um den Bewegungsumfang effektiv zu vergrößern (Tanigawa, 1972)(Etnyre, 1988). Sofern das regelmäßige Dehnen eingestellt wird, lässt der Effekt allerdings nach und der aktive Bewegungsumfang wird kleiner (McCarthy, 1997).

In den letzten Jahren wurden die Bewegungsmuster der PNF verstärkt in Bezug auf die Schmerzbehandlung erforscht. Zahlreiche Untersuchungen deuten darauf hin, dass entsprechende Übungen effektiv dazu beitragen, Schmerzen zu senken. So zeigte sich in einer Studie zur Gonarthrose, dass Patienten nach achtwöchiger Behandlung weniger Schmerzen empfinden und bei Tests zur Belastung und Beweglichkeit auch schneller über Hindernisse steigen können (Gao, 2023). Mehrere Untersuchungen zu adhäsiver Capsulitis (Frozen Shoulder) ergaben, dass Patienten nach der Behandlung nicht nur einen größeren Bewegungsumfang erreichen, sondern auch über weniger Schmerzen berichten (Tedla, 2019). Außerdem wurden chronische Rückenschmerzen in einer Vielzahl von Studien untersucht. Demnach sind die Übungen aus Kontraktion und Dehnung ebenfalls geeignet, um Bewegungseinschränkungen zu verbessern (Pourahmadi, 2020) und Schmerzen zu lindern (Arcanjo, 2022). Im Vergleich dazu zeigt sich bei Studien zur Behandlung von Rückenschmerzen mit MET ein weniger deutliches Bild. So kommen systematische Übersichtsarbeiten zu unterschiedlichen Ergebnissen bzgl. ihrer Wirksamkeit auf Schmerzen und Beweglichkeit im unteren Rücken (Thomas, 2019)(Santos, 2022). Nachgewiesen ist für die Kombination aus Dehnung und Kräftigung durch PIR allerdings ein positiver Effekt auf Bewegungsumfang und Schmerzen im Nackenbereich (Junaid, 2020) (Khan, 2022).

Welche genauen Mechanismen dazu führen, dass bestimmte Kombinationen aus Dehnung und Kräftigung zur Schmerzlinderung beitragen, wird weiterhin erforscht. Während statische Dehnübungen vor allem die Muskelsteifigkeit reduzieren, senken isometrische Kraftübungen vorrangig die Sehnensteifigkeit. Die gleichzeitige Verringerung der Muskel- und Sehnensteifigkeit nach einer Kombination beider Methoden durch PNF deutet auf eine umfassende adaptive Reaktion hin (Kay, 2015). Während Sharman et al. bereits 2006 die Wahrnehmung der Dehnung oder die Modulation der Toleranz als wahrscheinliche Wirkmechanismen betrachtet haben, werden heute in der Schmerzforschung auch Faktoren wie die übungsbedingte Hypalgesie genauer untersucht. Nach unserer Auffassung sind in diesem Rahmen auch die neueren Erkenntnisse der Faszienforschung zu berücksichtigen.

3.3 Liebscher & Bracht Übungen® zur Schmerztherapie

Die Schmerztherapie nach Liebscher & Bracht hat das Potenzial, Schmerzen und Erkrankungen zu lindern. Im Zentrum der Therapie stehen eigens entwickelte Übungen, die einer festgelegten Systematik aus Dehnung und Kräftigung folgen. Diese Liebscher & Bracht Übungen® können von Patienten eigenständig absolviert werden. Dadurch bieten sie ihnen einen leichten Zugang und schaffen die Möglichkeit, Schmerzen und Erkrankungen selbst zu behandeln, die auf einen reduzierten Bewegungsumfang zurückzuführen sind.

Die Ursache der Bewegungseinschränkung, die es zu behandeln gilt, liegt gemäß einer eigenen Theorie zur Schmerzentstehung (siehe Kapitel 2) in einem langfristigen Bewegungsmangel. Darunter sind sowohl eingeschränkte Bewegung, etwa durch häufiges Sitzen, als auch engwinklige Bewegungen durch repetitive berufliche oder sportliche Betätigung zu verstehen. Dies führt zu Umstrukturierungen im muskulär-faszialen Gewebe. Hervorzuheben sind aufgrund neuer Erkenntnisse der Faszienforschung einerseits die Verdichtung des Bindegewebes zwischen den Kollagenfaser-Schichten sowie andererseits die Fibrosierung der Kollagenfasern an sich. Es entstehen hohe Spannungen der Muskeln und Faszien, aufgrund derer sich der Bewegungsumfang eines oder mehrerer Gelenke reduziert, sodass unphysiologische Hebelkräfte den Bewegungsapparat belasten. Gleichzeitig kommt es zu Schmerzen, die als Warnsignal interpretiert werden können, da sie auf entsprechende pathophysiologische Zusammenhänge sowie eine zugrundeliegende Erkrankung hinweisen.

Sowohl Schmerzen als auch Erkrankung und Degeneration (wie bei Arthrose) lassen sich mit der Schmerztherapie nach Liebscher & Bracht entsprechend behandeln. Im Zentrum der Therapie steht das Ziel, den eingeschränkten Bewegungsumfang der Patienten zu beheben und möglichst umfangreich wiederherzustellen. Gezielte Dehn- und Kräftigungsübungen sollen dazu beitragen, dass Muskeln und Faszien ihre vollständige Flexibilität wiedererlangen. Infolgedessen lässt die unphysiologische Belastung des Bewegungsapparats nach, sodass sich vorhandene Erkrankungen bessern und Schmerzen reduziert werden können.

Um dies zu erreichen, bietet die Schmerztherapie nach Liebscher & Bracht den betroffenen Schmerzpatienten in Form der Liebscher & Bracht Übungen® eine niedrighwellige Möglichkeit, ihre Schmerzen eigenständig zu behandeln. Aufgrund ihrer einfachen Umsetzung sind die Übungen leicht zu imitieren und können im Vergleich zu anderen Therapiemethoden von Patienten eigenständig und ohne fremde Hilfe angewendet werden. Damit Patienten trotz Bewegungseinschränkungen diese Übungen eigenständig praktizieren können, existieren vereinfachte Abwandlungen sowie eigens entwickelte Hilfsmittel von Liebscher & Bracht, die das Üben erleichtern und laut erster Untersuchungen effektiver gestalten können (Liebscher & Bracht, 2023a). Zusätzlich zu den Liebscher & Bracht Übungen® bieten Faszien-Rollmassagen sowie die eigene manualtherapeutische Technik der Osteopressur ergänzende Möglichkeiten zur Therapie.

Die Liebscher & Bracht Übungen® stellen durch eine genaue Auswahl an Übungen, eine festgelegte Übungsdauer und Intensität sowie die wiederholte Kontraktion der

Zielmuskulatur eine eigene Systematik dar. Für jeden Schmerzbereich – Kopf, Rumpf, Schulter-Arm, Becken-Bein – wurden eigene Übungen konzipiert, die in ihrer genauen Anwendung nach Schwerpunkten unterteilt sind. Die Ausführung erfolgt in vier festgelegten Schritten.

1. Schritt: Passive Dehnung der Zielmuskulatur von 30 Sekunden.
2. Schritt: Innerhalb der erreichten Dehnung erfolgt eine Kontraktion der Zielmuskulatur für 10 Sekunden, gefolgt von einer passiven Dehnung der Zielmuskulatur für weitere 20 Sekunden. Dieser Schritt ist zweimal zu wiederholen. Anschließend erfolgt innerhalb der erreichten Dehnung zwölfmal ein schneller Wechsel zwischen Kontraktion und Dehnung der Zielmuskulatur.
3. Schritt: Von der Position in Schritt 1 ausgehend erfolgt eine aktive Dehnung der Zielmuskulatur durch Kontraktion der Gegenmuskulatur, die für weitere 30 Sekunden aufgebaut und gesteigert wird.

Bei jedem Schritt der Liebscher & Bracht Übungen® sollten Patienten ihre persönliche Schmerzgrenze ausloten, um eine möglichst hohe Intensität der Dehnung und Kräftigung zu gewährleisten. Auszulösen ist ein gerade noch gut erträglicher Schmerz, der in seiner Wahrnehmung nicht ins Negative ausschlägt, das heißt, der bei Patienten nicht zu mentalem oder körperlichem Abwehrverhalten führt. Eine zentrale Rolle zur Intensivierung der Übung spielt die Gegenspannung im zweiten Schritt. So kann die Dehnspannung effektiv gesteigert werden, da bei einer isometrischen Kontraktion ein Zusammenziehen des Muskels erfolgt und somit zunächst die Sehnen gedehnt werden. Der Muskel kann sich nach der Kontraktion leichter entspannen und eine weitere Intensivierung der Dehnung ermöglichen.

Die so erreichte Intensität soll die Effektivität der Übung hinsichtlich der Beweglichkeit steigern. Dafür kommen mehrere Begründungen infrage. Zunächst ist es erwiesen, dass intensives Dehnen unter anderem die Längenzunahme der Muskelfaszikel unterstützt (Panidi, 2023). Aufgrund der Dehnung erfolgt im endgradigen Bewegungsbereich eine Bewegung, wodurch die Viskosität der faszialen Bindegewebsschichten sinken kann (Dintenfass, 1996) und somit das fasziale Gleiten erleichtert wird. Außerdem ist gemäß der Erkenntnisse von Carano (1996) zu vermuten, dass sich durch intensives Dehnen auch fibrotische Strukturen im faszialen Gewebe lösen und neu ausrichten können.

Aufgrund der eigenen Systematik ist es erforderlich, die Liebscher & Bracht Übungen® klinisch gesondert zu betrachten. Erste Studien zeigen eine vielversprechende Wirkung. So konnten Knieschmerzen durch die manualtherapeutische Osteopressur nach Liebscher & Bracht in Verbindung mit regelmäßigen Übungen reduziert werden. Im Studienzeitraum von 6 Wochen verringerten sich die Knieschmerzen gemessen an einer visuellen Analogskala (VAS) von 6,7 auf 1,2. Außerdem reduzierte sich der WOMAC-Knie-Score von 86 auf 17 Punkte (Ritter, 2021). Dieser Faktor bildet auch eine Steigerung der Beweglichkeit in den Kniegelenken ab. Weitere Untersuchungen der Übungen zeigen in 75 % der Fälle eine Verbesserung von Knieschmerzen (2023a).

Die Liebscher & Bracht Übungen® sind leicht anzuwenden und bieten in der Selbstanwendung einen niedrigschwelligen Zugang. So konnte in eigenen Studien beobachtet werden, dass Übungsvideos zur Dehnung die Therapie von Nackenschmerzen und Schmerzen im unteren Rücken unterstützen. Nachdem Probanden die Übungen anhand der Videos für 7 Tage regelmäßig ausgeführt hatten, berichteten die meisten über weniger Schmerzen (2023b) (2023c).

Aktuell werden weitere Studien durchgeführt, um die Liebscher & Bracht Übungen® in ihrer Anwendung und Wirkung auf verschiedene Erkrankungen des Bewegungsapparats möglichst exakt zu analysieren. Derweil lassen Untersuchungen aus der Faszienforschung sowie Studien zu ähnlichen Therapieanwendungen plausible Rückschlüsse zu, um die Wirkung der Liebscher & Bracht Übungen® zu erklären.

4. Ausblick

Die Schmerztheorie nach Liebscher & Bracht wird zu großen Teilen durch wissenschaftliche Erkenntnisse gedeckt. Dazu tragen vor allem die zahlreichen neuen Erkenntnisse aus der Faszienforschung bei. Mit der Wiederentdeckung der „unused arc theory“ eröffnet sich dabei ein weiteres Spektrum, das es zu erforschen gilt. Die theoretischen Zusammenhänge, die einen eingeschränkten Bewegungsumfang mit degenerativen Erkrankungen und Schmerz als Warnsignal verknüpfen, folgen den Prinzipien wissenschaftlicher Herleitung. Um die Schmerztheorie nach Liebscher & Bracht im Detail zu belegen, ist allerdings weitere Forschungsarbeit sowohl im Labor als auch in der therapeutischen Praxis notwendig.

Die vorliegende Evidenz von Bewegung sowie Dehn- und Kräftigungsübungen zur Schmerzlinderung unterstreicht die Wirksamkeit der Liebscher & Bracht Übungen®. Da diese als zentrales Element der eigens entwickelten Schmerztherapie anzusehen sind, ist damit ein wissenschaftliches Fundament gelegt, das die Schmerztherapie nach Liebscher & Bracht stützt. Dennoch ist auch hier weitere Forschungsarbeit notwendig, um einzelne Aspekte der Systematik sowie die zugrundeliegenden Wirkmechanismen genauer zu beleuchten. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse können entsprechend in die Behandlung seitens der zertifizierten Liebscher & Bracht-Therapeuten einfließen und die Optimierung bestehender Übungen anleiten.

Quellen

- Afonso J, Ramirez-Campillo R, Moscão J et al. (2021). Strength Training versus Stretching for Improving Range of Motion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare (Basel)*; 9(4):427. doi:10.3390/healthcare9040427.
- Alexander, C.J. (1994). Utilisation of joint movement range in arboreal primates compared with human subjects: an evolutionary frame for primary osteoarthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*; 53: 720-725.
- Arabaa RG., Lobao MH., Levine WN. (2020): Rotator Cuff Injuries in Tennis Players. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 13(6):734-747.
- Amako M, Oda T, Masuoka K et al. (2003). Effect of static stretching on prevention of injuries for military recruits. *Mil Med* 2003; 168: 442–446.
- Arcanjo FL, Martins JVP, Moté P et al. (2022). Proprioceptive neuromuscular facilitation training reduces pain and disability in individuals with chronic low back pain: A systematic review and meta-analysis. *Complement Ther Clin Pract*. 2022 Feb;46:101505. doi: 10.1016/j.ctcp.2021.101505.
- BÄK – Bundesärztekammer, KBV – Kassenärztliche Bundesvereinigung, AWMF – Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (2017). Nationale Versorgungs-Leitlinie Nicht-spezifischer Kreuzschmerz – Langfassung, 2. Auflage. Version 1. DOI: 10.6101/AZQ/000353. Verfügbar über: www.kreuzschmerz.versorgungsleitlinien.de (03.03.2023)
- Barbe MF, Gallagher S, Massicotte VS, et al. (2013). The interaction of force and repetition on musculoskeletal and neural tissue responses and sensorimotor behavior in a rat model of work-related musculoskeletal disorders. *BMC Musculoskelet Disord.*;14:303. doi: 10.1186/1471-2474-14-303.
- Balle SS, Magnusson SP, McHugh MP. (2015) Effects of contract-relax vs static stretching on stretch-induced strength loss and length-tension relationship. *Scand J Med Sci Sports*; 25(6):764-9. doi: 10.1111/sms.12399.
- Bandy WD, Irion JM. (1994). The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther*; 74(9):845-50; discussion 850-2. doi: 10.1093/ptj/74.9.845.
- Bandy WD, Irion JM, Briggler M. (1997). The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther.*; 77(10):1090-6. doi: 10.1093/ptj/77.10.1090.
- Barbe MF, Gallagher S, Massicotte VS, (2013). The interaction of force and repetition on musculoskeletal and neural tissue responses and sensorimotor behavior in a rat model of work-related musculoskeletal disorders. *BMC Musculoskelet Disord.*;14:303. doi: 10.1186/1471-2474-14-303.
- Behm, D.G., Alizadeh, S., Anvar, S.H. et al. (2021). Non-local Acute Passive Stretching Effects on Range of Motion in Healthy Adults: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Medicine* 51, 945–959. doi: 10.1007/s40279-020-01422-5.
- Belavy DL, Van Oosterwijck J, Clarkson M et al. (2021). Pain sensitivity is reduced by exercise training: Evidence from a systematic review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*; 120:100-108. doi:10.1016/j.neubiorev.2020.11.012.
- Benner RW, Shelbourne KD, Bauman SN et al. (2019). Knee Osteoarthritis: Alternative Range of Motion Treatment., in: *Orthop Clin North Am*. (2019) 50(4):425-432. doi: 10.1016/j.ocl.2019.05.001.
- Berrueta L, Muskaj I, Olenich S, et al. (2016). Stretching impacts inflammation resolution in connective tissue. *J Cell Physiol*; 231:1621–7.
- Beyer, L. (2018). Funktionsstörungen am Bewegungssystem. Teil 2: Das funktionelle System – ein Modell für die manuelle Medizin? *Manuelle Medizin* 2018 · 56:421–428 <https://doi.org/10.1007/s00337-018-0465-7>

Bishop, J.H., Fox, J.R., Maple, R. et al. (2016). Ultrasound Evaluation of the Combined Effects of Thoracolumbar Fascia Injury and Movement Restriction in a Porcine Model. *PLoS ONE* 11(1): e0147393. doi:10.1371/journal.pone.0147393

Blom AW, Donovan RL, Beswick AD et al. (2021). Common elective orthopaedic procedures and their clinical effectiveness: umbrella review of level 1 evidence. *BMJ.*; 374:n1511. doi: 10.1136/bmj.n1511.

BMG – Bundesministerium für Gesundheit (2023). Körperliche Bewegung stärken: BMG startet gemeinsamen Dialog. Online-Artikel vom 22.02.2023. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/praevention/bewegungsfoerderung/runder-tisch-bewegung-und-gesundheit.html> (30.06.2023).

Bompa, T.O.; Buzzichelli, C.A. (2018). *Periodization: Theory and Methodology of Training*, 6th ed.; Human Kinetics: Champaign, IL, USA.

Booth, J., Moseley, G. L., Schiltenswolf, M. et al. (2017). Exercise for chronic musculoskeletal pain: A biopsychosocial approach. *Musculoskeletal care*, 15(4), 413–421. <https://doi.org/10.1002/msc.1191>

Bordoni, B., Mahabadi, N., & Varacallo, M. (2022). *Anatomy, Fascia*. In StatPearls. StatPearls Publishing.

Brinjikji W, Luetmer PH, Comstock B et al. (2015). Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations. *AJNR Am J Neuroradiol.* 36(4):811-6.

Burgess T, Vadachalam T, Buchholtz K, Jelsma J. (2019). The effect of the contract-relax-agonist-contract (CRAC) stretch of hamstrings on range of motion, sprint and agility performance in moderately active males: A randomised control trial. *S Afr J Sports Med.*; 31(1):v31i1a6091. doi: 10.17159/2078-516X/2019/v31i1a6091.

Busch AJ, Barber KA, Overend TJ et al. (2007). Exercise for treating fibromyalgia syndrome. *The Cochrane database of systematic reviews.* 2007;(4):CD003786. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003786.pub2>

Carano A, Siciliani G (1996). Effects of continuous and intermittent forces on human fibroblasts in vitro. *Eur J Orthod*, 18:19–26

Carneiro, N.H.; Ribeiro, A.S.; Nascimento, M.A. et al. (2015). Effects of different resistance training frequencies on flexibility in older women. *Clin. Interv. Aging*, 10, 531–538.

Casato, G.; Stecco, C.; Busin, R. (2019). Role of Fasciae in Nonspecific Low Back Pain. *Eur. J. Transl. Myol.*, 29, 8330.

Cejudo A., Gómez-Lozano S., Sainz de Baranda P. et al. (2021): Sagittal Integral Morphotype of Female Classical Ballet Dancers and Predictors of Sciatica and Low Back Pain. *Int J Environ Res Public Health.* 18(9):5039.

Celik S., Celik K., Dirimese E. et al. (2018): Determination of pain in musculoskeletal system reported by office workers and the pain risk factors. *Int J Occup Med Environ Health.* 31(1):91-111.

Chou R., Baisden J., Carragee E.J. et al. (2009). Surgery for low back pain: a review of the evidence for an American Pain Society Clinical Practice Guideline. *Spine (Phila Pa 1976)*; 34:1094–110.

Cowman, M.K.; Schmidt, T.A.; Raghavan, P.; Stecco, A. (2015). Viscoelastic Properties of Hyaluronan in Physiological Conditions. *F1000Research* 2015, 4, 622.

Clark L, O'Leary CB, Hong J, Lockard M. (2014). The acute effects of stretching on presynaptic inhibition and peak power. *J Sports Med Phys Fitness*; 54(5):605-10.

- Croniani, Giulia; Saal, Hannes P. (2020). Tactile innervation densities across the whole body. *Journal of Neurophysiology*, 124, 4. 1229-1240.
- Csapo, R., Maganaris, C.N., Seynnes, O.R., Narici, M.V. (2010). On muscle, tendon and high heels. *Journal of Experimental Biology*, 213 (15), 2582–2588. <https://doi.org/10.1242/jeb.044271>
- da Costa BR, Vieira ER. (2008). Stretching to reduce work-related musculoskeletal disorders: a systematic review. *J Rehabil Med.*; 40(5):321-8. doi: 10.2340/16501977-0204
- Dailiana ZH, Papakostidou I, Varitimidis S et al. (2015). Patient-reported quality of life after primary major joint arthroplasty: a prospective comparison of hip and knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord*, 16(1): 366, DOI: 10.1186/s12891-015-0814-9.
- DAK Gesundheit (2023). 7 Gründe, warum Bewegung wichtig ist. Online-Magazin der DAK vom 08.05.2023. <https://magazin.dak.de/sieben-gruende-warum-bewegung-wichtig-ist/> (30.06.2023)
- Deutsches Ärzteblatt (2021). Landarztmangel: Kassenärztliche Vereinigung kritisiert unzureichende Unterstützung der Politik. Online-Artikel: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/126023/Landarztmangel-Kassenaerztliche-Vereinigung-kritisiert-unzureichende-Unterstuetzung-der-Politik> (02.03.2023)
- DGOOC – Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, AWMF – Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (2018). S2k-Leitlinie: Gonarthrose. AWMF Registernummer: 033-004. https://register.awmf.org/assets/guidelines/033-004I_S2k_Gonarthrose_2018-01_1-verlaengert_01.pdf (06.03.2023).
- DGS – Deutsche Gesellschaft für Schmerzmedizin e.V. (2019). SCHMERZ Broschüre. https://www.dgschmerzmedizin.de/fileadmin/dgs/Dokumente/PDF_oeffentlich/DGS_Broschuere_Version_1_27.09.19.pdf (01.03.2023)
- Dintenfuss, L. (1966). Rheology of complex fluids and some observations on joint lubrication. *Fed Proc* 25:1054–1060.
- DKV – Deutsche Krankenversicherung (2021). Der DKV-Report 2021 – Wie gesund lebt Deutschland?, Oktober 2021. <https://www.ergo.com/de/Newsroom/Reports-Studien/DKV-Report> (17.04.2023).
- Ei Laithy MH, Fouda, KZ (2018). Effect of post isometric relaxation technique in the treatment of mechanical neck pain, *Physical Therapy and Rehabilitation*; 5(1):19. DOI:10.7243/2055-2386-5-20
- Emary P. (2012). Use of post-isometric relaxation in the chiropractic management of a 55-year-old man with cervical radiculopathy. *J Can Chiropr Assoc.*; 56(1):9-17.
- Etnyre BR, Abraham LD. (1986). H-reflex during static stretching and two variations of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*; 63(2): 174-179.
- Etnyre BR, Lee EJ. (1988). Chronic and acute flexibility of men and women using three different stretching techniques. *Res Q Exerc Sport*; 59(3): 222-228.
- Feland JB, Myrer JW, Merrill RM. (2001). Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. *Phys Ther Sport*; 2:186-193.
- Fernandes L, Hagen KB, Bijlsma JW et al. (2013) EULAR recommendations for the non-pharmacological core management of hip and knee osteoarthritis. *Annals of the rheumatic diseases* 72(7): 1125–35.
- Findley T. W. (2011). Fascia Research from a Clinician/Scientist's Perspective. *International journal of therapeutic massage & bodywork*, 4(4), 1–6. <https://doi.org/10.3822/ijtmb.v4i4.158>

- Franchi MV, Atherton PJ, Reeves ND, et al. (2014). Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiol.* 2014;210(3):642–54.
- Franke H, Fryer G, Ostelo RW, Kamper SJ. (2015). Muscle energy technique for non-specific low-back pain. *Cochrane Database Syst Rev.*; 27;(2):CD009852. doi: 10.1002/14651858.CD009852.pub2.
- Fransen M, McConnell S, Bell M. (2002). Therapeutic exercise for people with osteoarthritis of the hip or knee. A systematic review. *The Journal of rheumatology.* 2002; 29(8):1737–45. PMID: 12180738.
- Friction, J. (2016). Myofascial pain: Mechanisms to management. *Oral. Maxillofac. Surg. Clin. N. Am.*, 28, 289–311.
- Fröhlich, M. (2014). Krafttraining. In: Kempf, H.D. (Hrsg.) Funktionelles Training mit Hand- und Kleingeräten. Das Praxisbuch. Berlin: Springer, S. 3–12.
- Funk DC, Swank AM, Mikla BM et al. (2003). Impact of Prior Exercise on Hamstring Flexibility: A Comparison of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation and Static Stretching. *Natl Str Cond Assoc J*; 17(3): 489-492.
- Gajdosik RL. (2001). Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clinic Biomech.* 16:87–101.
- Gatej I, Popa M, Rinaudo M. (2005). Role of the pH on hyaluronan behavior in aqueous solution. *Biomacromolecules*; 6(1), S. 61-67. doi: 10.1021/bm040050m.
- Gao B, Li L, Shen P et al. (2023). Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in relieving pain and balancing knee loading during stepping over obstacles among older adults with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *PLoS One.*; 18(2):e0280941. doi: 10.1371/journal.pone.0280941.
- Grace Ganjaei, K.; Ray, J.W.; Waite, B.; Burnham, K.J. (2020). The Fascial System in Musculoskeletal Function and Myofascial Pain. *Sports Med. Rehabil.*, 8, 364–372.
- Grinnell, F. (2008). Fibroblast mechanics in three-dimensional collagen matrices. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 12(3), 191-193. doi:10.1016/j.jbmt.2008.03.005
- Gross A, Kay TM, Paquin JP et al. (2015). Exercises for mechanical neck disorders. *The Cochrane database of systematic reviews*; 1:CD004250. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004250.pub5> PMID: 25629215.
- Harrison MHM, Schajowicz F, Trueta J. (1953). Osteoarthritis of the hip: a study of the nature and evolution of the disease. *J Bone Joint Surg Br*; 35:598–626.
- Häuser, W., Schmutzer, G., Hilbert, A. et al. (2015): Prevalence of Chronic Disabling Noncancer Pain and Associated Demographic and Medical Variables: A Cross-Sectional Survey in the General German Population. *The Clinical Journal of Pain*, 31(10), 886–892.
- Hayden JA, van Tulder MW, Malmivaara A, Koes BW. (2005). Exercise therapy for treatment of non-specific low back pain. *The Cochrane database of systematic reviews.* 2005;(3):CD000335. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000335.pub2>
- Heine J. (1926). Über die arthritis deformans. *Virchows Arch Path Anat*; 260: 521-663.
- Henning RA, Jacques P, Kissel GV et al. (1997). Frequent short rest breaks from computer work: effects on productivity and well-being at two field sites. *Ergonomics* 1997; 40: 78–91.
- Hilyer JC, Brown KC, Sirles AT, Peoples L. (1990). A flexibility intervention to reduce the incidence and severity of joint injuries among municipal firefighters. *J Occup Med*; 32: 631–637.

- Hindle KB, Whitcomb TJ, Briggs WO, Hong J. (2012) Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF): Its Mechanisms and Effects on Range of Motion and Muscular Function. *J Hum Kinet.*; 31:105-13. doi: 10.2478/v10078-012-0011-y.
- Hinks A, Franchi MV, Power GA. (2022). The influence of longitudinal muscle fascicle growth on mechanical function. *J Appl Physiol.* <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00114.2022>
- Hohwy, J. (2013). *The predictive mind*. Oxford University Press, Oxford. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199682737.001.0001>
- Huijing PA. (1999). Muscle as a collagen fiber reinforced composite: a review of force transmission in muscle and whole limb. *J Biomech*, 32:329–345.
- Huijing PA, Voermans NC, Baan GC, et al. (2010) Muscle characteristics and altered myofascial force transmission in tenascin-X-deficient mice, a mouse model of Ehlers-Danlos syndrome. *J Appl Physiol*;109:986–95.
- IASP – International Association for the Study of Pain (2020). Revised Definitions of Pain Translations. https://www.iasp-pain.org/wp-content/uploads/2022/04/revised-definition-flysheets_R2.pdf (08.03.2023)
- Joseph, L., Standen, M., Paungmali, A. et al. (2020): Prevalence of musculoskeletal pain among professional drivers: A systematic review. *J Occup Health*. 62(1):e12150.
- Junaid M, Yaqoob I, Shakil Ur Rehman S, Ghous M. (2020). Effects of post-isometric relaxation, myofascial trigger point release and routine physical therapy in management of acute mechanical neck pain: a randomized controlled trial. *J Pak Med Assoc.*; 70(10):1688-1692. doi: 10.5455/JPMA.
- Kasch R, Truthmann J, Hancock MJ et al. (2022). Association of Lumbar MRI Findings with Current and Future Back Pain in a Population-based Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976)*.47(3):201-211.
- Kasemsan A., Joseph L., Paungmali A. et al. (2021): Prevalence of Musculoskeletal Pain and associated disability among professional bus drivers: a cross-sectional study. *Int Arch Occup Environ Health*. 94(6):1263-1270.
- Kay AD, Husbands-Beasley J, Blazeovich AJ (2015). Effects of Contract-Relax, Static Stretching, and Isometric Contractions on Muscle-Tendon Mechanics. *Med Sci Sports Exerc.*; 47(10):2181-90. doi: 10.1249/MSS.0000000000000632
- Khan ZK, Ahmed SI, Baig AAM, Farooqui WA (2022). Effect of post-isometric relaxation versus myofascial release therapy on pain, functional disability, rom and qol in the management of non-specific neck pain: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*; 23(1):567. doi: 10.1186/s12891-022-05516-1.
- Kim C, Nevitt MC, Niu J, et al. (2015). Association of hip pain with radiographic evidence of hip osteoarthritis: diagnostic test study. *BMJ*; 351: h5983.
- Kirkwood, J.E. & Fuller, G.G. (2009). Liquid crystalline collagen: a self-assembled morphology for the orientation of mammalian cells. *Langmuir*, 25(5), 3200-3206. doi:10.1021/la803736x
- Kopetsch, T. (2010). Dem deutschen Gesundheitswesen gehen die Ärzte aus! Studie zur Altersstruktur- und Arztzahrentwicklung. Bundesärztekammer und Kassenärztliche Bundesvereinigung (Hrsg.), 5. Aufl., Berlin.
- Krause, L., Sarganas, G., Thamm, R., Neuhauser, H. (2019): Kopf-, Bauch- und Rückenschmerzen bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends. *Bundesgesundheitsblatt* 2019. 62: 1184–1194.
- Kuithan P, Rushton A, Heneghan NR (2022). Schmerzmodellierung durch Bewegung. *Schmerz*, 36, S. 237–241 <https://doi.org/10.1007/s00482-022-00623-3>

- Langevin, H.M.; Stevens-Tuttle, D.; Fox, J.R. et al. (2009). Ultrasound Evidence of Altered Lumbar Connective Tissue Structure in Human Subjects with Chronic Low Back Pain. *BMC Musculoskelet. Disord.*, 10, 151.
- Langevin, H.M.; Fox, J.R.; Koptiuch, C. et al. (2011). Reduced Thoracolumbar Fascia Shear Strain in Human Chronic Low Back Pain. *BMC Musculoskelet. Disord.*, 12, 203.
- Langevin, H.M. (2021). Fascia Mobility, Proprioception, and Myofascial Pain. *Life*, 11, 668.
<https://www.mdpi.com/2075-1729/11/7/668#B3-life-11-00668>
- Larsson R, Bernhardsson S, Nordeman L (2019). Effects of eccentric exercise in patients with subacromial impingement syndrome: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.*; 20(1):446. doi: 10.1186/s12891-019-2796-5
- Lesondak, D. (2017). *Fascia : what it is and why it matters*. Edinburgh: Handspring Publishing.
- Leinmüller, R. (2008). Rückenschmerzen: Der größte Teil ist myofaszial bedingt". *Dtsch Arztebl*; 105(31-32).
- Liebscher & Bracht (2023a). Potenzial eines bewegungstherapeutischen Ansatzes bei Knieschmerzen: Kombinierte Effekte von Liebscher & Bracht Übungen und Faszien-Rollmassage.
https://www.liebscher-bracht.com/wp-content/uploads/2023/08/Studienpapier_knieschmerzen_2023_08_01.pdf
 (04.08.2023)
- Liebscher & Bracht (2023b). Schmerzreduktion und erhöhte Beweglichkeit nach Anwendung eines bewegungstherapeutischen Systems (Liebscher & Bracht Übungen) bei Schmerzen im unteren Rücken.
https://www.liebscher-bracht.com/wp-content/uploads/2023/08/Liebscher-Bracht_Studie_unterer_Ruecken-1.pdf
 (04.08.2023)
- Liebscher & Bracht (2023c). Ergebnisse einer Kurzzeitanwendung von Liebscher & Bracht Übungen bei Nackenschmerzen mit 112 Teilnehmenden.
https://www.liebscher-bracht.com/wp-content/uploads/2023/08/Liebscher-Bracht_Nackenstudie-1.pdf
 (04.08.2023)
- Liddle AD, Pandit H, Judge A et al. (2015). Patient-reported outcomes after total and unicompartmental knee arthroplasty: a study of 14,076 matched patients from the National Joint Registry for England and Wales. *Bone Joint J*, 97-B(6): p. 793-80
- Lim HY, Wong SH. (2018). Effects of isometric, eccentric, or heavy slow resistance exercises on pain and function in individuals with patellar tendinopathy: A systematic review. *Physiother Res Int.*; 23(4):e1721. doi: 10.1002/pri.1721.
- Lucas RC, Koslow R. (1984). Comparative study of static, dynamic and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques on flexibility. *Percept Mot Skills*; 58: 615-8.
- Maas H, Baan GC, Huijijng PA. (2001). Intermuscular interaction via muscular force transmission: effects of tibialis anterior and extensor hallucis length on force transmission from rat extensor digitorum longus muscle. *J Biomech*, 34:927–940.
- MacDonald J, Stuart E, Rodenberg R. (2017): Musculoskeletal Low Back Pain in School-aged Children: A Review. *JAMA Pediatr.* 2017 Mar 1;171(3):280-287.
- Magid A, Law DJ. (1985). Myofibrils bear most of the resting tension in frog skeletal muscle. *Science*, 230:1280–1282.
- Marek SM, Cramer JT, Fincher AL et al. (2005). Acute Effects of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Strength and Power Output. *J Ath Training*; 40(2): 94.
- Matteini P, Dei L, Carretti E et al. (2009). Structural behavior of highly concentrated hyaluronan. *Biomacromolecules*. 2009;10:1516–22.

- McCarthy PW, Olsen JP, Smeby IH. (1997). Effects of contract-relax stretching procedures on active range of motion of the cervical spine on the transverse plane. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*; 12(2): 136-138. [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(96\)00060-5](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(96)00060-5)
- Midwood KS, Williams LV, Schwarzbauer JE. (2004). Tissue repair and the dynamics of the extracellular matrix. *Int J Biochem Cell Biol*; 36(6):1031-7. doi: 10.1016/j.biocel.2003.12.003.
- Miko, H.C., Zillmann, N., Ring-Dimitriou, S. et al. (2020). Auswirkungen von Bewegung auf die Gesundheit. *Das Gesundheitswesen*, 82 (3), S184–S195. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.1055/a-1217-0549.pdf> (30.06.2023)
- Mikolajec K, Waskiewicz Z, Maszczyk A et al. (2012). Effects of Stretching and Strength Exercises on Speed and Power Abilities in Male Basketball Players. *Isokinet Exerc Sci*, 20: 1-22.
- Miyamoto J, Nagasao T, Miyamoto S, Nakajima T. (2009). Biomechanical analysis of stresses occurring in vertical and transverse scars on the lower leg. *Plast Reconstr Surg*; 124(6):1974-1979. doi: 10.1097/PRS.0b013e3181b1bcf137.
- Moore MA, Hutton RS. (1980). Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Med Sci Sports Exerc*; 12 (5): 322-9
- Moscão, J.; Vilaça-Alves, J.; Afonso, J. (2020). A review of the effects of static stretching in human mobility and strength training as a more powerful alternative: Towards a different paradigm. *Motricidade*, 16, 18–27.
- Muñoz-Vergara, D., Schreiber, K., Zhu, Y. et al. (2022). Impact of Acute Yoga Stretching on Systemic Inflammation: A Pilot Study (2022). *Global Advances in Health and Medicine*, 11, 61.
- Muraki, S., Akune, T., Oka, H. et al. (2010). Association of radiographic and symptomatic knee osteoarthritis with health-related quality of life in a population-based cohort study in Japan: the ROAD study. *Osteoarthritis and cartilage*, 18(9), 1227–1234. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2010.06.001>
- Nakama LH, King KB, Abrahamsson S, Rempel DM (2007). Effect of repetition rate on the formation of microtears in tendon in an in vivo cyclical loading model. *J Orthop Res*, 25(9):1176–1184.
- Naugle KM, Fillingim RB, Riley JL (2012). A meta-analytic review of the hypoalgesic effects of exercise. *J Pain*; 13(12):1139-50. doi: 10.1016/j.jpain.2012.09.006.
- Niederstrasser NG., Attridge N. (2022). Associations between pain and physical activity among older adults. *PLoS ONE*, 17(1): e0263356.
- Nikolova, A., Valeva, S., & Bekir, N. (2022). The role of proprioceptive facilitation and its application as an indispensable part of practical physiotherapy, *MEDIS - Medical Science and Research*, 1(2), 1-5. doi:10.35120/medisij010201n
- Nutt, JJ (1913). *Diseases and Deformities of the Foot*. Kessinger Publishing, LLC.
- O'Sullivan K, McAuliffe S, Deburca N. (2021). The effects of eccentric training on lower limb flexibility: a systematic review. *Br J Sports Med.*; 46(12):838-45. doi: 10.1136/bjsports-2011-090835.
- Pamboris GM, Noorkoiv M, Baltzopoulos V, Mohagheghi AA (2019). Dynamic stretching is not detrimental to neuromechanical and sensorimotor performance of ankle plantarflexors. *Scand J Med Sci Sport* 29:200–212. <https://doi.org/10.1111/sms.13321>
- Panidi I, Danti O, Konrad A et al. (2023). Muscle Architecture Adaptations to Static Stretching Training: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med Open* ;9(1):47. doi: 10.1186/s40798-023-00591-7.

- Pavan, P.G., Stecco, A., Stern, R., Stecco, C. (2014). Painful Connections: Densification Versus Fibrosis of Fascia. *Curr Pain Headache Rep*, 18:44, DOI 10.1007/s11916-014-0441-4
- Pavan PG, Pahera P, Stecco C, Natali AN (2015). Biomechanical behavior of human crural fascia in anterior and posterior regions of the lower limb. *MedBiolEngComput*53:951–959.
- Piehl-Aulin K, Laurent C, Engström-Laurent A et al. (1985). Hyaluronan in human skeletal muscle of lower extremity: concentration, distribution, and effect of exercise. *J Appl Physiol.*;71:2493–8.
- Polaski AM, Phelps AL, Kostek MC et al. (2019). Exercise-induced hypoalgesia: A meta-analysis of exercise dosing for the treatment of chronic pain. *PLoS One*. 2019 Jan 9;14(1):e0210418. doi:10.1371/journal.pone.0210418.
- Pourahmadi M, Sahebalam M, Bagheri R. (2020). Effectiveness of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation on Pain Intensity and Functional Disability in Patients with Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch Bone Jt Surg.*; 8(4):479-501. doi: 10.22038/abjs.2020.45455.2245.
- Pratt, R.L. (2021). Hyaluronan and the Fascial Frontier. *Int. J. Mol. Sci.*, 22, 6845. <https://doi.org/10.3390/ijms22136845>
- Rausch Osthoff AK, Juhl CB, Knittle K et al. (2018). Effects of exercise and physical activity promotion: meta-analysis informing the 2018 EULAR recommendations for physical activity in people with rheumatoid arthritis, spondyloarthritis and hip/knee osteoarthritis. *RMD Open*. 4(2):e000713. doi: 10.1136/rmdopen-2018-000713.
- Rice D, Nijs J, Kosek E et al (2019) Exercise induced hypoalgesia in pain-free and chronic pain populations: state of the art and future directions. *JPain*; 20:1249–1266.
- Rieser, S. (2004). Ärztemangel: Was die KVen tun. *Deutsches Ärzteblatt*, 101(11). <https://www.aerzteblatt.de/archiv/40935/Aerztemangel-Was-die-KVen-tun> (02.03.2023)
- Ritter E, Windhofer C, Voelckel W et al. (2021). Ein alternatives Schmerzmodell auf dem Prüfstand. *Schmerz Nachrichten*, 21, 39–41. <https://doi.org/10.1007/s44180-021-0024-9>
- RKI – Robert-Koch-Institut (2020). Prävalenz von Rücken- und Nackenschmerzen in Deutschland. Ergebnisse der Krankheitslast-Studie BURDEN 2020. *Journal of Health Monitoring*. 2021, 6(S3). DOI: 10.25646/7854
- Roig M, O'Brien K, Kirk G et al. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.*; 43(8):556-68. doi: 10.1136/bjism.2008.051417
- Rothschild B. M., Woods R. J. (1992) Osteoarthritis, calcium pyrophosphate deposition disease, and osseous infection in Old World primates. *Am J Phys Anthropol*; 87:341-7.
- Ryan ED, Herda TJ, Costa PB et al. (2009). Determining the minimum number of passive stretches necessary to alter musculotendinous stiffness. *J Sports Sci*. 2009 Jul;27(9):957-61. doi: 10.1080/02640410902998254.
- Santos GK, Gonçalves de Oliveira R, Campos de Oliveira L et al. (2022). Effectiveness of muscle energy technique in patients with nonspecific low back pain: a systematic review with meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med*; 58(6):827-837. doi: 10.23736/S1973-9087.22.07424-X.
- Schleip, R. (2003). Fascial plasticity – a new neurobiological explanation: Part 1. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 7: 11-19
- Schleip, R., Naylor, I.L., Ursu, D. et al. (2006). Passive muscle stiffness may be influenced by active contractility of intramuscular connective tissue. *Medical Hypotheses*, 66, 66–71. doi:10.1016/j.mehy.2005.08.025

- Schleip, R., Stecco, C. (2021). Fascia as a Sensory Organ. In: Schleip, R. (Hrsg.): Fascia in Sport and Movement. Edinburgh: Handspring Publishing, S. 169-179.
- Schulthies SS, Feland JB, Myrer JW, et al. (2001). The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. *Phys Ther.* 2001 May;81(5):1110-7. PMID: 11319936.
- Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S (2006). Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching : mechanisms and clinical implications. *Sports Med*; 36(11):929-39. doi: 10.2165/00007256-200636110-00002.
- Shelbourne KD, Gray T. (2009). Minimum 10-year results after anterior cruciate ligament reconstruction: how the loss of normal knee motion compounds other factors related to the development of osteoarthritis after surgery. *Am J Sports Med* 2009;37:471–480.
- Shelbourne KD, Urch SE, Gray T, et al. (2012). Loss of normal knee motion after anterior cruciate ligament reconstruction is associated with radiographic arthritic changes after surgery. *Am J Sports Med* 2012;40:108–113.
- Shelbourne KD, Benner RW, Gray T. (2017). Results of anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autografts. Objective factors associated with the development of osteoarthritis at 20 to 33 years after surgery. *Am J Sports Med* 2017;45:2730–2738.
- Sirsch E., Lukas, A., Drebenstedt et al. (2020). Pain Assessment for Older Persons in Nursing Home Care: An Evidence-Based Practice Guideline. *Journal of the American Medical Directors Association*, 21(2), 149–163. DOI: 10.1016/j.jamda.2019.08.002.
- Skootsky, S.A.; Jaeger, B.; Oye, R.K. (1989). Prevalence of myofascial pain in general internal medicine practice. *West. J. Med.*, 151, 157–160.
- Skou ST, Derosche CA, Andersen MM et al. (2015). Nonoperative treatment improves pain irrespective of radiographic severity. *Acta Orthopaedica* 86 (5), S. 599-604.
- Skou ST, Roos EM, Laursen MB et al. (2018). Total knee replacement and non-surgical treatment of knee osteoarthritis: 2-year outcome from two parallel randomized controlled trials. *Osteoarthritis Cartilage*. 2018 Sep;26(9):1170-1180. doi: 10.1016/j.joca.2018.04.014.
- Slimani, L., Micol, D., Amat J. et al (2012). The worsening of tibialis anterior muscle atrophy during recovery post-immobilization correlates with enhanced connective tissue area, proteolysis, and apoptosis. *AmJPhysiol Endocrinol Metab* 303:1335–1347
- Sluka KA, Frey-Law L, Hoeger Bement M. (2018). Exercise-induced pain and analgesia? Underlying mechanisms and clinical translation. *Pain*; 159 Suppl 1(Suppl 1):S91-S97. doi:10.1097/j.pain.0000000000001235.
- Stecco C, Macchi V, Porzionato A, et al. (2010). The Ankle Retinacula: Morphological Evidence of the Proprioceptive Role of the Fascial System. *Cells Tissues Organs*, 192(3), S. 200-210. doi:10.1159/000290225
- Stecco, C.; Stern, R.; Porzionato, A. et al. (2011). Hyaluronan within Fascia in the Etiology of Myofascial Pain. *Surg. Radiol. Anat.* 2011, 33, 891–896.
- Stecco, A.; Gesi, M.; Stecco, C.; Stern, R. (2013). Fascial Components of the Myofascial Pain Syndrome. *Curr. Pain Headache Rep.*, 17, 352.
- Stecco A, Meneghini A, Stern R et al. (2014). Ultrasonography in myofascial neck pain: randomized clinical trial for diagnosis and follow-up. *Surg Radiol Anat.* 2014;36:243–53.
- Stecco, C. (2016). Atlas des menschlichen Faszien-systems. München: Urban & Fischer Verlag.

Stecco, C.; Fede, C.; Macchi, V. et al. (2018). The Fasciocytes: A New Cell Devoted to Fascial Gliding Regulation. *Clin. Anat.*, 31, 667–676.

Stunz, L. (2023). Schon 11 Minuten Bewegung am Tag senken Ihr Krebsrisiko. Focus Online vom 13.03.2023. https://www.focus.de/gesundheit/news/balsam-fuer-herz-und-kreislauf-schon-11-minuten-bewegung-am-tag-senk-en-sie-ihre-krebsrisiko_id_187235332.html (30.06.2023)

Suarez-Rodriguez, V., Fede, C., Pirri, C. et al. (2022). Fascial Innervation: A Systematic Review of the Literature. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23, 5674. <https://doi.org/10.3390/ijms23105674>

Surburg PR, Schrader JW. (1997). Proprioceptive neuromuscular facilitation techniques in sports medicine: a reassessment. *J Athl Train.*; 32(1):34-9.

Tadmor, R.; Chen, N.; Israelachvili, J.N. (2002). Thin Film Rheology and Lubricity of Hyaluronic Acid Solutions at a Normal Physiological Concentration. *J. Biomed. Mater. Res.*, 61, 514–523.

Tanigawa MC. (1972). Comparison of the hold-relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. *Phys Ther*; 52 (7): 725-35

Tedla JS, Sangadala DR. (2019). Proprioceptive neuromuscular facilitation techniques in adhesive capsulitis: a systematic review and meta-analysis. *J Musculoskelet Neuronal Interact.*; 19(4):482-491.

Thomas, E., Cavallaro, A.R., Mani, D. et al. (2019). The efficacy of muscle energy techniques in symptomatic and asymptomatic subjects: a systematic review. *Chiropr Man Therap* 27, 35. <https://doi.org/10.1186/s12998-019-0258-7>

Thomsen SL, Ingwersen K, Weilage I. (2022). Versorgungsgradprognosen als Baustein einer evidenzbasierten Versorgungsplanung. Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in Deutschland (ZI). Versorgungsatlas-Bericht Nr. 22/03. URL: <https://doi.org/10.20364/va-22.03>

Thomson S. (2013). Failed back surgery syndrome: definition, epidemiology and demographics. *Br J Pain*, 7:56–59.

TK – Techniker Krankenkasse (2022). TK-Studie „Beweg dich, Deutschland!“ <https://www.tk.de/presse/themen/praevention/gesundheitsstudien/tk-studie-2022-beweg-dich-deutschland-2137706?tkcm=ab> (30.06.2023)

Trujillo L, Zeng X. Data entry workers perceptions and satisfaction response to the “stop and stretch” software program. *Work* 2006; 27: 111–121.

Ueberall, M., Müller-Schwefe, G., Nolte, T., Kletzko, H. (2020). Chronische Rückenschmerzen: operieren oder nicht?. *Schmerzmedizin*. 36. 52-56. [10.1007/s00940-020-1746-5](https://doi.org/10.1007/s00940-020-1746-5).

van der Heijden RA, Lankhorst NE, van Linschoten R et al. (2015). Exercise for treating patellofemoral pain syndrome. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2015; 1:CD010387. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010387>.

Vieira DCL, Opplert J, Babault N. (2021). Acute effects of dynamic stretching on neuromechanical properties: an interaction between stretching, contraction, and movement. *Eur J Appl Physiol.*; 121(3):957-967. doi: [10.1007/s00421-020-04583-3](https://doi.org/10.1007/s00421-020-04583-3)

Vincent KR, Vasilopoulos T, Montero C, Vincent HK (2019). Eccentric and Concentric Resistance Exercise Comparison for Knee Osteoarthritis. *Med Sci Sports Exerc.*; 51(10):1977-1986. doi: [10.1249/MSS.0000000000002010](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002010).

von Heymann, W., Stecco, C. (2016). Fasziale Dysfunktionen. *Manuelle Medizin* 2016, 54: 5, S. 303–306 DOI [10.1007/s00337-016-0172-1](https://doi.org/10.1007/s00337-016-0172-1)

- Wallace IJ, Worthington S, Felson DT et al. (2017). Knee osteoarthritis has doubled in prevalence since the mid-20th century. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2017 Aug 29;114(35):9332-9336. doi: 10.1073/pnas.1703856114.
- Wallin D, Ekblom B, Grahn R, Nordenborg T. (1985). Improvement of muscle flexibility: a comparison between two techniques. *Am J Sport Med*; 13(4): 263-268.
- Weinstein, J.N., Lurie, J.D., Tosteson, T.D. et al. (2006). Surgical vs nonoperative treatment for lumbar disk herniation: the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) observational cohort. *JAMA*. 2006 Nov 22;296(20):2451-9.
- Weiss, K., Kalichman, L. (2021). Deep fascia as a potential source of pain: A narrative review. *Journal of bodywork and movement therapies*, 28, 82–86.
- Williams PE, Goldspink G. (1984). Connective tissue changes in immobilised muscle. *J Anat* 1984;138(2):343–50.
- Yabe Y., Hagiwara Y., Sekiguchi T. et al. (2019): Knee pain is associated with lower back pain in young baseball players: a cross-sectional study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 27(3):985-990.
- Ylinen, J.; Takala, E.P.; Nykänen et al. (2003). Active neck muscle training in the treatment of chronic neck pain in women: A randomized controlled trial. *JAMA*, 289, 2509–2516.
- Yoon SY, Kim YW, Shin IS, (2021). The Beneficial Effects of Eccentric Exercise in the Management of Lateral Elbow Tendinopathy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.*; 10(17):3968. doi: 10.3390/jcm10173968.
- Yucesoy CA, Huijing PA. (2007). Substantial effects of epimuscular myofascial force transmission on muscular mechanics have major implications on spastic muscle and remedial surgery. *J Electromyogr Kinesiol*;17:664–79.
- Zoidl, F. (2019). Sportmedizin: Richtiges Dehnen: "Zehn bis 15 Sekunden bringen nichts". *Der Standard* am 09. März 2019.
<https://www.derstandard.de/story/2000098999957/richtiges-dehnen-zehn-bis-15-sekunden-bringen-nichts> (09.08.2023)