

Aus der
Anatomischen Anstalt
Institut der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. Christoph Schmitz

***Systematischer Review und Metaanalyse der in der PEDro
Datenbank gelisteten randomisierten, kontrollierten Studien zur
Lasertherapie am Stütz- und Bewegungsapparat***

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Stefan Marcus Sommer

aus

Weiden i. d. OPf.

Jahr
2024

Aus der
Anatomischen Anstalt
Institut der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. Christoph Schmitz

***Systematischer Review und Metaanalyse der in der PEDro
Datenbank gelisteten randomisierten, kontrollierten Studien zur
Lasertherapie am Stütz- und Bewegungsapparat***

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Stefan Marcus Sommer

aus

Weiden i. d. OPf.

Jahr
2024

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Christoph Schmitz

Mitberichterstatter: PD Dr. Verena Hoffmann

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 25.07.2024

Für meine Eltern

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	5
1.1 Definition der Lasertherapie in der vorliegenden Arbeit	6
1.2 Grundlegender Aufbau eines Lasers	6
1.3 Wesentliche Aspekte der Geschichte der Lasertherapie	7
1.4 Grundlegende Effekte der Lasertherapie an biologischem Gewebe (Ergebnisse von in vitro Untersuchungen)	8
1.5 Mechanismen der Lasertherapie im Rahmen der Schmerztherapie (Ergebnisse von in vitro Untersuchungen und an Tiermodellen)	9
1.6 Parameter der Lasertherapie	11
1.7 Nebenwirkungen der Lasertherapie	11
2. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit	13
3. Material und Methoden	16
3.1 Bewusster Verzicht auf die Registrierung der vorliegenden Arbeit in PROSPERO	16
3.2 Festlegung der Indikationen am Bewegungsapparat, für die ein systematischer Review und ggf. eine Metaanalyse durchgeführt wurden	17
3.3 Datengewinnung	17
3.4 Vorauswahl der gefundenen Studien	17
3.5 Analyse der ausgewählten Studien	18
3.6 Qualitative Analyse der ausgewählten Studien mittels systematischem Review	19
3.7 Quantitative Analyse der ausgewählten Studien mittels Metaanalyse	19
4. Ergebnisse	23
4.1 Ergebnis der Datengewinnung	23
4.2 Ergebnis der Vorauswahl der gefundenen Studien	23
4.3 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien mittels systematischem Review	25
4.4 Ergebnisse der Metaanalyse	162
5. Diskussion	174
6. Schlussfolgerung	184
7. Zusammenfassung	185
8. Abstract (English)	187
9. Literaturverzeichnis	189
10. Danksagung	214
11. Affidavit	215

1. Einleitung

Die *International Association for the Study of Pain* definiert den Begriff "Schmerz" als "eine unangenehme sensorische und emotionale Erfahrung, die mit einer tatsächlichen oder potenziellen Gewebeschädigung einhergeht oder in Form einer solchen Schädigung beschrieben wird" (Merskey und Bagduk, 1994). Bei dem Symptom Schmerz handelt es sich somit um eine komplexe, unangenehme Sinnes- und Gefühlsempfindung, die von Nozizeptoren des peripheren Nervensystems ausgelöst wird und dessen Interpretation und weitere Verarbeitung durch das zentrale Nervensystem erfolgt.

Angesichts der prognostizierten Zunahme der Anzahl chronischer Schmerzpatienten in den westlichen Industrieländern und der damit einhergehenden finanziellen Belastung der Gesundheitssysteme ist es von großer Bedeutung, effiziente und kostengünstige Therapieansätze für diese Patientengruppe zu etablieren. Derzeit aktuelle Schmerztherapiekonzepte für den Bewegungsapparat beinhalten häufig multimodale Ansätze, bestehend aus konservativen Maßnahmen wie Ruhigstellung, Medikamente, Physiotherapie und Verhaltensmanagement, sowie invasive Interventionen wie Injektionen oder Operationen, und weisen jeweils ein individuelles Risikoprofil auf. So kann es unter einer Schmerztherapie zu Nebenwirkungen wie Magengeschwüren und/oder Magenblutungen (z.B. Deeks, 2013), systemische, kardiovaskuläre Effekte (z.B. Singh et al., 2014) sowie Infektionen (einschließlich epiduraler Abszesse) (z.B. Jones et al., 2002) kommen. Insbesondere besteht bei einer dauerhaften Einnahme von Schmerzmitteln die Gefahr einer Abhängigkeit (z.B. Argoff und Viscusi, 2014). Weitere Nebenwirkungen in Verbindung mit einer Schmerztherapie sind Deformitäten, die durch dauerhafte Schonhaltungen ausgelöst werden sowie neurologische Defizite oder chirurgische Komplikationen im Rahmen von operativen Eingriffen (z.B. Nasser et al., 2010).

Normalerweise kann am Bewegungsapparat durch eine zügige Beseitigung des Schmerzreizes eine rasche Symptomlinderung erreicht werden. In etlichen Fällen persistiert der Schmerzreiz jedoch trotz Beseitigung der auslösenden Ursache bzw. nach Abschluss der Heilung.

In Abhängigkeit des zeitlichen Auftretens lassen sich zwei Formen von Schmerz unterscheiden (z.B. Merskey und Bagduk, 1994):

- Akuter Schmerz: schmerzhafter Reiz, der weniger als dreißig Tage persistiert
- Chronischer Schmerz: schmerzhaft Reizung, die länger als sechs Monate persistiert oder über den erwarteten Zeitraum der Heilung hinausgeht

Ergänzend dazu unterscheidet man drei Schmerzarten (z.B. Merskey und Bagduk, 1994):

- Nozizeptive Schmerzen
- Neuropathische Schmerzen
- Zentrale Schmerzen

Mit Lasertherapie, manchmal auch Niedrigenergie-Lasertherapie, Low-Level-Lichttherapie oder

Photobiomodulation (PBM) genannt, lassen sich nach heutigem Wissensstand sowohl nozizeptive als auch neuropathische Schmerzen behandeln (z.B. Nesioonpour et al., 2014; Falaki et al., 2014). Eine Wirkung der Lasertherapie auf zentrale Schmerzen ist zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht vollständig geklärt und Gegenstand der aktuellen Forschung.

1.1 Definition der Lasertherapie in der vorliegenden Arbeit

Die Lasertherapie ist eine Lichttherapie, bei der Lichtenergie mit niedriger Intensität auf biologische Systeme einwirkt. Im Gegensatz zu anderen Arten von Lasern, die im medizinischen Bereich eingesetzt werden, beruht die Wirkung der Lasertherapie auf einem photochemischen und nicht auf einem thermischen Effekt. Konkret wirkt Licht über Photonen auf Zellen ein und ist in der Lage, die dortigen Stoffwechselprozesse zu beeinflussen. Derartige Effekte entstehen in der Natur alltäglich. Beispielhaft sei an dieser Stelle die Photosynthesereaktion in Pflanzen genannt, bei der die Photonen von den Photorezeptoren der Zellen absorbiert werden.

Ein Lasertherapie-Laser wird nach Posten et al. (2005) folgendermaßen definiert:

- Laser mit einer Ausgangsleistung zwischen 0,001 Watt (W) und 0,1 W;
- Laser mit Wellenlängen zwischen 300 Nanometer (nm) und 10.600 nm;
- Laser mit einer Pulsfrequenz zwischen 0 Hertz (Hz) und 5000 Hz, wobei eine Frequenz von 0 Hz einem kontinuierlichem Laser entspricht; sowie
- Laser mit einer Intensität zwischen 0,01 Watt pro Quadratcentimeter (W/cm^2) und $10 \text{ W}/\text{cm}^2$ sowie einer Dosis zwischen 0,01 Joule pro Quadratcentimeter (J/cm^2) und $100 \text{ J}/\text{cm}^2$.

Heutzutage sind Rubinlaser (694 nm), Argonlaser (488 und 514 nm), Helium-Neonlaser (632,8 nm), Kryptonlaser (521, 530, 568 und 647 nm), Gallium-Aluminium-Arsen-Laser (805 oder 650 nm) und Gallium-Arsen-Mediumlaser (904 nm) die am häufigsten verwendeten Laser-Varianten bei der Lasertherapie.

1.2 Grundlegender Aufbau eines Lasers

Ein Laser ist ein Gerät, das in der Lage ist, durch das physikalische Phänomen der stimulierten Emission elektromagnetischer Strahlung einen verstärkten Lichtstrahl mit einer definierten Wellenlänge zu erzeugen. Konkret setzt sich ein Lasergerät aus drei Hauptkomponenten zusammen: einer Energiequelle, einem aktiven, amplifizierenden Lasermedium und einem Resonanzraum. Das aktive Lasermedium besteht aus gasförmigen (z. B. CO_2), flüssigen (z.B. Farbstofflösungen) oder festen Materialien (z.B. Rubinkristall, Halbleiter). Die Atome bzw. Moleküle des aktiven Lasermediums werden durch die Energiequelle in einen angeregten Zustand versetzt. Als Folge davon werden Photonen aus dem Medium emittiert, die sich im Resonator mit der für die Art der Laserstrahlung typischen Richtung und Wellenlänge ausbreiten. In einer Art Kettenreaktion wird eine hohe Anzahl an

Photonen freigesetzt. Durch die Anordnung von zwei Spiegeln im Resonator, deren Abstand auf die spezifische Wellenlänge des jeweiligen Lasers abgestimmt ist, wird dieser Effekt verstärkt und zusätzlich auch die Richtung des austretenden Laserlichts vorgegeben.

In Abhängigkeit der Strahlungsintensität des Lasers und der damit einhergehenden Gefahr für die Nutzer definiert der *International Standard IEC 60825-1* vier unterschiedliche Laser-Klassen:

- Klasse 1/1M: z.B. CD-Spieler
- Klasse 2/2M: z.B. Laserpointer
- Klasse 3R/3B: z.B. Lasertherapie
- Klasse 4: z.B. Chirurgischer Laser

1.3 Wesentliche Aspekte der Geschichte der Lasertherapie

Im Jahr 1903 wurde dem französischen Dermatologen Dr. Nils Finsen der Nobelpreis für Medizin für seinen Beitrag zur Behandlung von Krankheiten, insbesondere des Lupus vulgaris, mit konzentrierten Lichtstrahlen verliehen (Finsen, 1967). Finsen konnte nachweisen, dass energiereiche Anteile der Sonnenstrahlung (er verwendete dabei den Begriff „*chemische Strahlen*“) einen stimulierenden Effekt auf verschiedene Gewebe haben können.

Fast 60 Jahre später, im Jahr 1960, gelang es dem amerikanischen Physiker Professor Theodore Maiman, den ersten funktionierenden Laser mit einem roten Rubin zu bauen (Maiman, 1960). Man erkannte dabei schnell das Potential der neuen Technologie und begann, den Laser für vielerlei Zwecke wie Bestrahlung, Schneidvorgänge oder das Durchführen von Präzisionsmessungen einzusetzen. Die Wirkung von Laserstrahlen auf den Organismus, die sogenannte „Laser-Biostimulation“, konnte jedoch erst 1967, also 7 Jahre nach der Entdeckung der Lasertechnik, durch den ungarischen Chirurgen Professor Endre Mester nachgewiesen werden (Mester et al., 1968a; 1968b). Ursprünglich forschte Professor Mester an der Wirkung von Laserlicht auf Tumore. Dabei fiel ihm auf, dass ein abgeschwächtes Rubin-Laserlicht die Haare von Versuchstieren in einer Versuchsgruppe schneller nachwachsen ließ als die Haare von Versuchstieren in einer Kontrollgruppe. Des Weiteren leitete Professor Mester aus den Ergebnissen seiner Arbeiten einen positiven Effekt des Laserlichts auf den zellulären Regenerationsprozess ab, was ihn dazu verleitete, die Wirkung von Niedrigenergielasern auf biologische Systeme mit dem Begriff „Laserbiostimulation“ zu beschreiben.

Der amerikanische Neurologe Dr. Harry T. Whelan und seine Forschungsgruppe haben im Jahr 2001 eine Arbeit über die medizinische Anwendung von Leuchtdioden (LED) auf der NASA-Raumstation (Whelan et al., 2001) vorgelegt und damit eine Welle von Veröffentlichungen im Bereich der Lasertherapie ausgelöst.

1.4 Grundlegende Effekte der Lasertherapie an biologischem Gewebe (Ergebnisse von in vitro Untersuchungen)

Nach dem ersten Satz der Photobiologie muss ein Photon von den elektronischen Absorptionsbanden eines Photonenakzeptors oder eines Chromophors absorbiert werden, damit sichtbares oder nahinfrarotes Licht geringer Leistung eine Wirkung auf ein biologisches System hat (Chung et al., 2012). Ein Molekül (oder Molekülteil), das für die Farbgebung einer Verbindung verantwortlich ist, wird als Chromophor bezeichnet. Moleküle wie Chlorophyll, Hämoglobin, Myoglobin, Cytochrom-C-Oxidase, andere Cytochrome, Flavin, Flavoproteine oder Porphyrine sind Beispiele für derartige Chromophore (Hamblin et al., 2010).

Unter dem "optischen Fenster" versteht man einen Wellenlängenbereich, in dem das Licht am besten auf biologisches Gewebe einwirken kann (Hamblin und Demidova, 2006). Nach einer Hypothese von Wong-Riley et al. (2005) ist der Bereich rund um 810 nm im "near infrared" (NIR)-Wellenlängenbereich das ideale „optische Fenster“ für Gewebe; erweitert wird der Bereich zwischen 650 nm und 1350 nm als "optisches Fenster" angesehen (Smith et al., 2009). Jenseits von 959 nm kommt es zur vermehrten Resorption von Licht durch Wasser und Lipide. Im Bereich des "optischen Fensters" ist Licht in der Lage, auf verschiedene subzelluläre Strukturen einzuwirken. Dabei geht man davon aus, dass die Cytochrom-C-Oxidase (COX) der Mitochondrien der primäre Lichtrezeptor für den NIR-Wellenlängenbereich in Säugetierzellen ist (Wong-Riley et al., 2005). Mitochondrien sind die "subzellulären Kraftwerke" in unseren Zellen und wandeln die Moleküle aus der Nahrung und des Sauerstoffs durch oxidative Phosphorylierung in Energie (ATP) um. Stickstoffmonoxid (NO), das von verletzten oder hypoxischen Zellen freigesetzt wird, ist in der Lage, die Atmungskette in den Mitochondrien durch Bindung an die COX und Verdrängung des dort gebundenen Sauerstoffs zu hemmen (Brown et al., 1995). Es wird vermutet, dass die Bindung zwischen NO und COX durch Licht dissoziiert werden kann und auf diese Weise die NO-induzierte Hemmung der mitochondrialen Atmungskette aufgehoben werden kann (Lane, 2006).

Ein weiterer Effekt der Lasertherapie in biologischem Gewebe ist die lichtinduzierte Erweiterung von Blutgefäßen (Vasodilatation). Der amerikanische Biochemiker und Nobelpreisträger Robert Francis Furchgott hat dieses Phänomen erstmalig 1968 beschrieben (Ehrreich und Furchgott, 1968; Martin et al., 2009). Darüber hinaus scheint es, als ob die Lasertherapie in der Lage ist, das gesamte Redoxpotential einer Zelle in Richtung einer stärkeren Oxidation zu verschieben, indem sie die Konzentration reaktiver Sauerstoffspezies (ROS) erhöht und gleichzeitig die Konzentration reaktiver Stickstoffspezies (RNS) verringert (Lubart et al., 1992; Grossman et al., 1998; Alexandratou et al., 2002; Lavi et al., 2003; Lubart et al., 2005; Pal et al., 2007; Zhang et al., 2008; Chen et al., 2011).

Neben den Effekten auf zelluläre Substrukturen scheinen durch die Lasertherapie Transkriptionsfaktoren aktiviert zu werden, die ihrerseits durch die Bildung von Signalmolekülen

nachhaltige Langzeiteffekte in der Zelle induzieren können. Die wichtigsten Signalmoleküle in diesem Zusammenhang sind ATP, zyklisches AMP, NO und ROS (Chung et al., 2012). In der Folge kommt es zum Anstieg von Wachstumsfaktoren in den Zellen, wodurch wiederum die Zellproliferation z.B. von Fibroblasten (Yu et al., 1994; Vinck et al., 2003; Frigo et al., 2010), Keratinozyten (Basso et al., 2013), Endothelzellen (Szymanska et al., 2013) und Lymphozyten (Agaiby et al., 2000; Moore et al., 2005) angeregt wird.

Durch die Verbesserung der Neovaskularisierung in regenerierenden Geweben, die Förderung der Angiogenese und die Steigerung der Kollagensynthese hat die Lasertherapie einen positiven Effekt auf die Heilung von akuten (Chen et al., 2009) und chronischen Wunden (Yu et al., 1997; Woodruff et al., 2004; Dadpay et al., 2012; Usumez et al., 2014).

Ein wichtiger Faktor für den therapeutischen Effekt der Lasertherapie ist die verwendete Lichtdosis. Die Lasertherapie hat eine biphasische Dosis-Wirkungs-Kurve (Huang et al., 2009; 2011). Im Laufe der Zeit hat sich herausgestellt, dass niedrigere Lichtdosen wirksamer zu sein scheinen als höhere, und dass dadurch die regenerativen und analgetischen Effekte der Lasertherapie besser beeinflusst werden (Huang et al., 2009; 2011).

An Nervengewebe wurde bei der flächigen Anwendung von Lasertherapie mit niedrigem Energieniveau eine Erhöhung des mitochondrialen Membranpotenzials berichtet, das eine stimulierende Wirkung auf den neuronalen Stoffwechsel und die vermehrte Bildung von Aktionspotenzialen zur Folge hat (Huang et al., 2013; 2014). Wird hingegen ein fokussierter Laserpunkt auf einen Nerv appliziert, kann ein gegenteiliger Effekt erzielt werden: der mitochondriale Stoffwechsel in den C- und A-Delta-Fasern wird gehemmt, was zu einem Absinken des mitochondrialen Membranpotenzials führt. Auf diese Weise kann es zu einer Hemmung oder sogar Blockade dieser Nervenfasern kommen (Baxter et al., 1994).

1.5 Mechanismen der Lasertherapie im Rahmen der Schmerztherapie (Ergebnisse von *in vitro* Untersuchungen und an Tiermodellen)

Die peripheren Nervenendigungen der Nozizeptoren sind u.a. in der Epidermis lokalisiert und bestehen aus myelinisierten, schnell leitenden A-Delta-Fasern und nicht myelinisierten, langsam leitenden C-Fasern. Diese Nervenfasern bilden ein komplexes Netzwerk, das in der Lage ist, externe Reize in Aktionspotentiale umzuwandeln. Aufgrund ihrer oberflächlichen Lage können diese Nervenfasern durch bestimmte Wellenlängen der Lasertherapie beeinflusst werden. Histologisch befinden sich die Zellkörper der entsprechenden Nervenzellen im Spinalganglion der dorsalen Nervenwurzel, und das verlängerte Zytoplasma dieser pseudounipolaren Ganglienzellen erstreckt sich vom Zellkörper zu den freien Nervenenden, die z.B. in der Haut liegen. Auf diese Weise kann die unmittelbare Wirkung der Lasertherapie zunächst bei Strukturen der epidermalen Schicht des Nervennetzes beobachtet werden. Im weiteren Verlauf können aber auch Wirkungen auf die in der Subkutis liegenden Nervenfasern sowie

die sympathischen Ganglien und die neuromuskulären Verbindungen mit der angrenzenden Muskulatur festgestellt werden.

Wird eine Lasertherapie mit höherer Intensität angewendet, so hat dies eine Hemmung der Bildung von Aktionspotentialen in Nervenzellen zur Folge. Schon ca. 10 bis 20 Minuten nach der Behandlung kann eine Blockade von ca. 30% der behandelten Nervenzellen beobachtet werden. Dieser Effekt hält über einen Zeitraum von ca. 24 Stunden an (Chow et al., 2007). Die Anwendung des Lasers an einem peripheren Nerv hat dabei einen Kaskadeneffekt zur Folge, in dessen Rahmen die synaptische Aktivität in den Neuronen zweiter Ordnung unterdrückt und bestimmte Bereiche der kortikalen Schmerzmatrix nicht aktiviert werden (Chow et al., 2007).

Die Mitochondrien der peripheren, sensiblen Nervenzellen werden in den Zellkörpern im Spinalganglion gebildet und entlang des neuronalen Zytoskeletts über eine Art Monoschienensystem in die Körperperipherie transportiert. Der Effekt der Lasertherapie auf dieses System ist vergleichbar mit dem eines Anästhetikums: Sowohl Lasertherapie als auch einige Anästhetika sind in der Lage, das Transportsystem für einige Stunden zu unterbrechen, was zu einer reversiblen "Anhäufung" von Mitochondrien an den Stellen führt, an denen der Transport unterbrochen ist (Chow et al., 2007). Wie dieser Effekt durch Lasertherapie erzeugt werden kann, ist noch nicht bekannt. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann aber davon ausgegangen werden, dass es sich dabei nicht um eine thermische Ursache handelt.

Ein weiterer Effekt der Lasertherapie bei der Anwendung an Nervenzellen ist die Senkung des mitochondrialen Membranpotentials (MMP) in Nervenzellen des Spinalganglions (Chow et al., 2007). Dies hat zur Folge, dass dort weniger ATP produziert wird und es zu einer Abnahme der neuronalen Aktivität kommt (Chow et al., 2007). Die genannten Mechanismen führen schließlich zu einer Blockade von Nozizeptoren mit der Folge einer deutlichen Schmerzreduktion. Diese setzt innerhalb weniger Minuten ein und ist durch eine im zeitlichen Kontext zur Intervention auftretenden Leitungsblockade von somatosensorisch evozierten Potentialen (SSEP) nachweisbar (Chow et al., 2012).

Durch die Wirkung der Lasertherapie auf periphere Strukturen kommt es nicht nur zu einer Verringerung der Aktivierungsschwelle von Nerven, sondern auch zu einer verminderten Freisetzung proinflammatorischer Neuropeptide (z.B. Substanz P und CGRP) (Martins et al., 2017).

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass durch die Lasertherapie Entzündungen in Gelenken, wie sie experimentell nach Proteaseinjektion (Guo et al., 2011) oder bei kollageninduzierter rheumatoider Arthritis (Alves et al., 2013) oftmals auftreten, deutlich reduziert werden können. Bei Verbrennungswunden (Gupta et al., 2015) und muskulären Kryoläsionen (Assis et al., 2012) konnte durch die Anwendung der Lasertherapie die Expression proinflammatorischer Zytokine deutlich reduziert werden.

1.6 Parameter der Lasertherapie

Damit die Lasertherapie effektiv zur Anwendung kommen kann, müssen sich die verwendeten Anwendungsparameter wie Wellenlänge, Leistung, Energiedichte, Impulsparameter, Gesamtenergie und Bestrahlungsdauer innerhalb bestimmter Grenzen bewegen. Um biologisches Gewebe zu durchdringen, sollte Lasertherapie mit Wellenlängen in einem Bereich von 650-1350 nm (Smith et al., 2009) durchgeführt werden, und dabei eine Energiedichte von bis zu 5 mW/cm² aufweisen. In diesem Zusammenhang können prinzipiell vier verschiedene klinische Effekte der Lasertherapie-Anwendung unterschieden werden:

- Wirkung direkt an der Verletzungsstelle, um die Heilung zu fördern und eine Reduktion des proinflammatorischen Reizes herbeizuführen (z.B. Yu et al., 1997; Woodruff et al., 2004; Dadpay et al., 2012; Usumez et al., 2014);
- Wirkung auf Lymphbahnen, um Ödeme und Entzündungen zu reduzieren (z.B. Pillar und Thelander, 1995; Carati et al., 2003);
- Wirkung auf Nerven, um einen analgetischen Effekt zu induzieren (z.B. Chow et al., 2007); sowie
- Wirkung auf Triggerpunkte, um die Schmerzempfindlichkeit zu reduzieren und die kontrahierte Muskulatur zu entspannen (z.B. Olavi et al., 1989).

Eine generelle Empfehlung, wie diese vier verschiedenen Wirkungen bei der Lasertherapie zur Anwendung kommen sollen, gibt es jedoch nicht.

1.7 Nebenwirkungen der Lasertherapie

Bei unsachgemäßer oder unvorsichtiger Handhabung von Lasertherapie-Geräten besteht eine potenzielle Gefahr für die Augen der Patientinnen und Patienten sowie der Anwenderinnen und Anwender. Diese Gefahr versucht man durch den Einsatz von Laserschutzbrillen zu reduzieren. Darüber hinaus gibt es die folgenden generellen Empfehlungen zur Vermeidung von Komplikationen bei der Anwendung der Lasertherapie:

- Keine Behandlungen im Bereich der Augen: Die Laserstrahlen der Lasertherapie sollten nicht direkt auf die Augen gerichtet werden. Das Tragen einer geeigneten Schutzbrille ist für alle Personen Pflicht.
- Keine Behandlungen im Bereich von malignen Tumoren: Die Lasertherapie sollte nicht an der Stelle eines bekannten Primärkarzinoms oder einer sekundären Metastase angewendet werden, es sei denn, der Patient wird einer Chemotherapie unterzogen, bei der die Lasertherapie angewendet wird, um Nebenwirkungen wie z. B. Mukosiden zu reduzieren. Darüber hinaus kann die Lasertherapie bei Patienten, die sich im Endstadium einer Krebserkrankung befinden, als ergänzende Therapie im Rahmen einer palliativen Behandlung in Betracht gezogen werden.

- Keine Behandlungen direkt über dem sich entwickelnden Fötus bei Schwangerschaft.
- Vorsicht bei der Behandlung von Patientinnen und Patienten mit Epilepsie: Da niederfrequentes gepulstes sichtbares Licht (<30 Hz) bei lichtempfindlichen Epileptikerinnen und Epileptikern Anfälle auslösen kann, sollte die Lasertherapie bei Patientinnen und Patienten, die unter Epilepsie leiden, nur nach genauer Abwägung des therapeutischen Nutzens eingesetzt werden.

Insgesamt handelt es sich bei der Lasertherapie um eine Therapieform mit geringen Nebenwirkungen und guter Verträglichkeit.

2. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

Die in Kapitel 1 genannten Daten lassen keine direkten Rückschlüsse auf die klinische Wirksamkeit der Lasertherapie bei Erkrankungen des Bewegungsapparates zu. Dies ist insbesondere auf die Tatsache zurückzuführen, dass die beschriebenen molekularen und zellulären Wirkmechanismen im Wesentlichen *in vitro* (d.h. an Zellkulturen) sowie an Versuchstieren erarbeitet wurden. Bei der Frage, ob entsprechende Wirkmechanismen auch bei der Behandlung von Patientinnen und Patienten erwartet werden können, muss aber insbesondere berücksichtigt werden, dass der größte Teil der eingestrahnten Lichtenergie bereits in der Haut absorbiert wird (konkret ca. 90% in den ersten 7 mm Gewebe; Kaub und Schmitz 2022; 2023). Somit kann die Wirksamkeit von Lasertherapie bei Erkrankungen des Bewegungsapparates nur in klinischen Studien gezeigt werden.

Datenbanken wie PubMed sind dafür aber kaum noch geeignete Hilfen. So wurden z.B. am 29.12.2023 unter dem Stichwort "low level laser therapy" in PubMed 9.874 Studien gefunden, aber nur 194 Studien unter dem erweiterten Stichwort "low level laser therapy musculoskeletal".

Eine sinnvolle Alternative stellt die *Physiotherapy Evidence Database* ("PEDro") (www.pedro.org.au) dar. Die PEDro Datenbank ist frei verfügbar und stellt mit über 60.000 randomisierten kontrollierten Studien, systematischen Reviews und klinischen Leitlinien eine sehr umfangreiche Informationsquelle für die klinische Praxis dar. Die PEDro-Datenbank wird vom Institute for Musculoskeletal Health, School of Public Health an der University of Sydney (Sydney, Australien) betrieben, wobei in Ländern wie Australien, Neuseeland, Norwegen und den Niederlanden die entsprechenden Therapien aufgrund des anders strukturierten Versorgungssystems nicht von Orthopädinnen und Orthopäden, sondern von Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten durchgeführt werden. Charakteristisch für die genannten Länder ist, dass es keine (oder nur wenige) praktizierende Orthopädinnen und Orthopäden gibt, sondern nur orthopädische Chirurgeninnen und Chirurgen, die hauptsächlich operativ tätig sind. Die Physiotherapie ist in diesen Ländern ein reguläres Studienfach, das mit dem Bachelor, dem Master und der Promotion abgeschlossen werden kann. Dies erklärt den Namen *Physiotherapy Evidence Database*; in Deutschland würde man dieselbe Datenbank z.B. "Datenbank evidenzbasierter konservativer Orthopädie" nennen.

Um in die PEDro-Datenbank aufgenommen werden zu können, muss eine klinische Studie die folgenden Kriterien erfüllen:

- I. Die Studie muss mindestens zwei Interventionen miteinander vergleichen, wobei es sich bei einer dieser Interventionen um eine Scheinbehandlung oder eine Nichtbehandlung handeln kann.
- II. Mindestens eine der in der Studie untersuchten Interventionen muss Bestandteil der aktuellen physiotherapeutischen Praxis (bzw. der aktuellen konservativen Orthopädie) sein. Die Intervention selbst muss dabei jedoch nicht zwingend durch Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten (bzw. konservativ tätige Orthopädinnen und Orthopäden) durchgeführt werden.
- III. Die Interventionen sollten an Teilnehmerinnen und Teilnehmern durchgeführt werden, die repräsentativ für die entsprechenden Gruppen von Patientinnen und Patienten sind (oder bei denen Repräsentativität angestrebt wird) und bei denen die Interventionen im Alltag angewendet werden.
- IV. In der Studie sollten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer nach dem Zufallsprinzip auf die Interventionen verteilt worden sein oder dies zumindest beabsichtigt gewesen sein ("intended to be random allocation").
- V. Die Studie muss als vollständiger Artikel (nicht nur als Zusammenfassung) in einer Fachzeitschrift veröffentlicht worden sein, die von Experten begutachtet wird.

In einem zweiten Schritt wird jede Studie, die in die PEDro Datenbank aufgenommen wird, einer standardisierten Bewertung durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Institute for Musculoskeletal Health, School of Public Health an der University of Sydney (Sydney, Australien) unterzogen. Grundlage hierfür sind die in Tabelle 2.1 zusammengefassten Bewertungskriterien, die wiederum auf der sogenannten Delphi-Liste (Verhagen et al., 1998) basieren. Für die einzelnen Kriterien wird jeweils ein Punkt vergeben, wobei das erste Kriterium nicht in die Berechnung der PEDro-Gesamtpunktzahl eingeht. Auf diese Weise kann die PEDro-Gesamtpunktzahl maximal 10 Punkte betragen.

Die vorliegende Arbeit hatte die Überprüfung der folgenden Hypothese zum Ziel: Basierend auf einem systematischen Review und einer Metaanalyse aller in der PEDro Datenbank zur Lasertherapie bei Erkrankungen des Bewegungsapparates gelisteten Studien kann eine konkrete Leitlinie für die Lasertherapie bei diesen Erkrankungen abgeleitet werden.

Eine entsprechende Analyse liegt in der Literatur bisher nicht vor.

Tabelle 2.1 | Kriterien der PEDro-Datenbank zur Bewertung randomisierter, kontrollierter Studien (modifiziert nach www.pedro.org.au). Zur Berechnung der PEDro-Gesamtbewertung einer entsprechenden Studie werden nur die Kriterien 2-11 herangezogen, wobei für jedes erfüllte Einzelkriterium ein Punkt vergeben wird.

Nr.	Bewertungskriterium
1	Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert.
2	Die Probandinnen und Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Probandinnen und Probanden randomisiert zugeordnet).
3	Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen.
4	Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich.
5	Alle Probandinnen und Probanden waren verblindet.
6	Alle Therapeutinnen und Therapeuten, die eine Therapie durchgeführt haben, waren verblindet.
7	Alle Untersucherinnen und Untersucher, die zumindest ein zentrales outcome gemessen haben, waren verblindet.
8	Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probandinnen und Probanden wurde zumindest ein zentrales outcome gemessen.
9	Alle Probandinnen und Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung wie zugeordnet erhalten, oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales outcome durch eine "intention to treat" Methode analysiert.
10	Für mindestens ein zentrales outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet.
11	Die Studie berichtete sowohl Punkt- als auch Streumaße für zumindest ein zentrales outcome.

3. Material und Methoden

3.1 Bewusster Verzicht auf die Registrierung der vorliegenden Arbeit in PROSPERO

Am Centre for Reviews and Dissemination der University of York (York, UK) wurde vor einiger Zeit das sogenannte *International Prospective Register of Systematic Reviews* (PROSPERO) als Open-Access-Online-Datenbank mit Protokollen systematischer Reviews zu einem breiten Themenspektrum etabliert (www.crd.york.ac.uk/prospero/). Eine frühere Anfrage von Univ.Prof. Dr.med. Christoph Schmitz bei PROSPERO zur Registrierung einer vergleichbaren Studie (systematischer Review über in der PEDro-Datenbank gelistete Studien zur extrakorporalen Stoßwellentherapie) wurde von PROSPERO mit dem Hinweis abgelehnt, eine entsprechende Studie sei inakzeptabel, da nur eine einzige Datenbank untersucht werden soll. Der gezielte Hinweis darauf, dass genau dies das Ziel der geplanten Untersuchung sei, da in vielen Ländern Therapeutinnen und Therapeuten ihre Informationen über klinische Studien im Wesentlichen über die PEDro-Datenbank beziehen, wurde von den Administratoren von PROSPERO nicht akzeptiert. Diese Beeinflussung der Zielrichtung von systematischen Reviews durch PROSPERO erscheint wissenschaftlich inakzeptabel und steht in eindeutigem Widerspruch z.B. zu der Vorgehensweise von clinicaltrials.gov. Vor diesem Hintergrund und der Tatsache, dass PROSPERO keine internationale oder über-institutionale Einrichtung ist, sondern eine Online-Datenbank einer einzelnen Universität in England, wurde auf die Registrierung der vorliegenden Arbeit in PROSPERO bewusst verzichtet.

Es sei darauf hingewiesen, dass die vorliegende Arbeit den *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Metaanalyses* (PRISMA) folgt (Liberati et al., 2009). In Checklist Item #24a der Prisma 2020 Checklist "Registration and Protocol" wird aufgeführt "Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered." (www.prisma-statement.org/). Somit ist die Registrierung des Protokolls eines systematischen Reviews bei PROSPERO nicht verbindlich.

3.2. Festlegung der Indikationen am Bewegungsapparat, für die ein systematischer Review und ggf. eine Metaanalyse durchgeführt wurden

Die folgenden Indikationen am Bewegungsapparat, für die ein systematischer Review und ggf. eine Metaanalyse durchgeführt werden sollten, wurden *a priori* festgelegt:

- Plantarfasziopathie
- Tendinopathie der Achillessehne
- Kniegelenksarthrose
- Osteoarthritis der Hand
- Karpaltunnelsyndrom
- Tennisellenbogen
- Subakromiales Impingement
- Tendinopathie der Supraspinatussehne
- Unspezifischer Schulterschmerz
- Unspezifische, lumbale Rückenschmerzen
- Unspezifische Nackenschmerzen
- Unspezifischer Spannungskopfschmerz
- Myofaszielles Schmerzsyndrom
- Rheumatoide Arthritis
- Fibromyalgie

3.3. Datengewinnung

Am 23. März 2021 wurde die PEDro-Datenbank nach relevanten Studien durchsucht. Dabei wurde bewusst der sehr weit gefasste Suchbegriff "laser" verwendet.

3.4. Vorauswahl der gefundenen Studien

In einem mehrstufigen Verfahren wurden die folgenden Studien von der weiteren Analyse ausgeschlossen:

- Übersichtsarbeiten,
- Studien, die nicht eindeutig den *a priori* festgelegten, in Abschnitt 3.2. gelisteten 15 Indikationen zugeordnet werden konnten (d.h., Studien zu Muskelerholung, Wundheilung, neurologischen Indikationen etc.),
- Studien, in denen lediglich Nebenwirkungen der Lasertherapie untersucht wurden,
- Studien zu anderen Behandlungsverfahren, bei denen Placebobehandlungen mit nicht eingeschalteten Lasertherapiegeräten als Kontrolltherapie eingesetzt wurden,

- Studien zu Indikationen, bei denen das Zielgewebe nicht direkt mit einem Laser behandelt wurde, sowie
- Studien, die so schlecht beschrieben waren, dass nicht eindeutig entschieden werden konnte, was in der betreffenden Studie überhaupt gemacht wurde.

Diese Vorauswahl wurde vom Autor der vorliegenden Arbeit (Stefan Sommer) durchgeführt und anschließend von Prof. Schmitz einzeln überprüft, bis vollständiger Konsens hergestellt war.

3.5. Analyse der ausgewählten Studien

Alle ausgewählten Studien wurden vollständig gelesen und gemäß dem Ergebnis der Studie einer der folgenden Kategorien zugeordnet:

- **Kategorie 1:** statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode (im folgenden Text mit *„besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie“* umschrieben),
- **Kategorie 2a:** sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn (im folgenden Text mit *„gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Scheinbehandlung“* umschrieben),
- **Kategorie 2b:** sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn (im folgenden Text mit *„gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie“* umschrieben),
- **Kategorie 3:** weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn (im folgenden Text mit *„gute Ergebnisse weder mit der Lasertherapie noch mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie“* umschrieben), oder
- **Kategorie 4:** statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (im folgenden Text mit *„gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie“* umschrieben).

Diese Einteilung wurde ebenfalls vom Autor der vorliegenden Arbeit (Stefan Sommer) durchgeführt und anschließend von Prof. Schmitz einzeln überprüft, bis vollständiger Konsens hergestellt war.

3.6. Qualitative Analyse der ausgewählten Studien mittels systematischem Review

Aus allen in die Kategorien 1 bis 4 eingeteilten Studien wurden die folgenden Informationen extrahiert:

- PEDro Bewertung,
- Gesamtzahl der Behandlungen,
- Anzahl der Behandlungen pro Woche,
- Art der verwendeten Lasertherapie (Laserenergie kontinuierlich oder in Pulsen appliziert),
- Verwendete Wellenlänge(n),
- Verwendetes Lasertherapiegerät,
- Alternative Behandlungsmethode in der Kontrollgruppe (falls zutreffend),
- Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind,
- Zeitpunkt der ersten Untersuchung nach Behandlungsbeginn,
- Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn,
- Anzahl der Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe,
- Anzahl der Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe,
- Anzahl der Laserpunkte des verwendeten Lasertherapiegerätes,
- Größe der Laserpunkte des verwendeten Lasertherapiegerätes,
- Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes,
- Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes,
- Applikationszeit des Lasertherapiegerätes während der Behandlung, und
- Behandlungszeit insgesamt pro Behandlung.

3.7. Quantitative Analyse der ausgewählten Studien mittels Metaanalyse

Für alle ausgewählten Studien wurde überprüft, ob sie für eine indikationsspezifische Metaanalyse geeignet waren. Dies erfolgte nach den folgenden Kriterien:

- Verfügbarkeit von mindestens drei Studien, die für eine Metaanalyse geeignet waren, zu einer Indikation;
- Lasertherapie als einziger Unterschied zwischen der Behandlungsgruppe und der Kontrollgruppe (z.B. *Lasertherapie im Vergleich zu Scheinbehandlung* oder *Lasertherapie plus Physiotherapie im Vergleich zu Physiotherapie*, aber nicht z.B. *Lasertherapie im Vergleich zu Ultraschalltherapie*) (vgl. Schmitz et al., 2022);
- Beurteilung des Therapieerfolgs mittels VAS-Schmerzscore (zur direkten Vergleichbarkeit verschiedener Studien); und
- ausreichend vorhandene Datenlage (z.B. Angabe von gruppenspezifischen Mittelwerten und Streumaßen).

Die Metaanalyse erfolgte mit der Software Comprehensive Meta-Analysis (Biostat, Englewood, New Jersey, USA). Die Ergebnisse der Metaanalyse wurden sowohl tabellarisch als auch graphisch mittels Forest Plots dargestellt.

Die unten stehenden Erläuterungen in diesem Abschnitt wurden dem Begleitbuch von Borenstein et al. (2021) zur Software Comprehensive Meta-Analysis entnommen.

Für die vorliegenden Metaanalysen wurde das Modell der zufälligen Effekte verwendet. Bei diesem Modell wird davon ausgegangen, dass die untersuchten Studien eine Zufallsstichprobe aus einer Reihe potenzieller Studien sind. Diese Analyse wird verwendet, um eine Schlussfolgerung für die Studien zu ziehen. Mit diesem Modell kann auf die Grundgesamtheit der untersuchten Studien verallgemeinert werden.

Gleichzeitig muss man sich bei dem Modell der zufälligen Effekte, wenn es auf diese Weise eingesetzt wird, über dessen Grenzen im Klaren sein: Um eine zuverlässige Schätzung des Tau-Äquivalents (d.h. der Varianz zwischen den Studien) zu erhalten, wird eine ausreichende Anzahl von Studien benötigt. Des Weiteren kann zwar das Ergebnis auf die Gesamtheit der vergleichbaren Studien projiziert werden, aber es ist möglicherweise nicht ganz klar, was diese Gesamtheit beinhaltet

Mittlere Effektgröße: Wenn das Modell der zufälligen Effekte verwendet wird, wird die zusammenfassende Effektgröße als mittlere Effektgröße (und nicht als gemeinsame Effektgröße) bezeichnet. Bei diesem Modell variiert die tatsächliche Effektgröße von Studie zu Studie. Daraus kann der Mittelwert dieser Effekte geschätzt werden.

Dixons` Q-Test (Q-Test): Die Q-Statistik bietet einen Test der Nullhypothese, wenn alle Studien in der Analyse eine gemeinsame Effektgröße aufweisen. Wenn alle Studien die gleiche wahre Effektgröße hätten, wäre der erwartete Wert von Q gleich den Freiheitsgraden (Anzahl der Studien minus 1). Der Q-Test soll eine Aussage darüber treffen, ob die wahre Effektgröße in den verschiedenen Studien (überhaupt) variiert. Das α -Kriterium für den Q-Test wird in der Regel auf 0,100 festgelegt. Die Begründung hierfür ist, dass der Test oft eine geringe statistische Aussagekraft hat und dass die Verwendung eines α -Kriteriums von 0,100 die Wahrscheinlichkeit erhöht, die Nullhypothese zurückzuweisen und zu beweisen, dass die Effektgröße zwischen den Studien variiert. Zwar gibt es empirische Belege dafür, dass die Effektgröße zwischen den Studien variiert, doch ist dies nicht erforderlich, um das Modell der zufälligen Effekte anzuwenden: Wenn die Effektgröße zwischen den Studien variiert, sollte davon ausgegangen werden, dass sie variiert, auch wenn der Test auf Heterogenität nicht statistisch signifikant ist. In einigen Fällen wird fälschlicherweise davon ausgegangen, dass Dixons Q-Test oder der entsprechende p-Wert etwas über das Ausmaß der Variation der Effekte aussagt. Da sowohl der Q- als auch der p-Wert nur die Frage beantworten, ob eine Variation in den Effekten nachweisbar ist, ist diese Annahme unzutreffend. Die Frage, um welches Maß die Effektgröße variiert, wird durch das Vorhersageintervall beantwortet.

I²-Maß: Häufig wird angenommen, dass das I²-Maß angibt, wie stark die Effektgröße zwischen den untersuchten Studien variiert. Das I²-Maß ist ein Anteil, kein absoluter Wert. Es sagt aus, welcher Anteil der Varianz der beobachteten Effekte auf wahren Effekten beruht und nicht durch den Stichprobenfehler erzeugt wurde. Das I²-Maß gibt dabei keine Aussage, wie stark die Effekte tatsächlich variieren. Die Beurteilung, wie stark die Effektgröße variiert, erfolgt durch das Vorhersageintervall.

Tau²- und Tau- Maß: Der Wert des Tau² gibt die Varianz der wahren Effektgrößen an; der Wert Tau beschreibt die Standardabweichung der wahren Effektgrößen. Die Angabe beider Parameter erfolgt in „d-Einheiten“.

Vorhersageintervall: Das Vorhersageintervall beurteilt die Variation der wahren Effekte. Damit wird die Streuung auf derselben Skala wie die mittlere Effektgröße erzeugt.

Die Funktion des Vorhersageintervalls besteht darin, einen Kontext für das Verständnis der mittleren Effektgröße zu liefern. Wenn das Vorhersageintervall andeutet, dass die Effektgröße in allen Studien gleich ist, dann ist die Wirkung der Intervention in allen relevanten Populationen ähnlich, und es wäre wahrscheinlich sinnvoll, sich auf die mittlere Effektgröße zu konzentrieren.

Wenn das Vorhersageintervall hingegen besagt, dass die Effektgröße in den verschiedenen Populationen erheblich variiert, ist der Mittelwert als zusammenfassende Statistik weniger nützlich. In diesem Fall sollte dann die Bandbreite der Effekte verwendet werden. Anhand des Vorhersageintervalls kann festgestellt werden, dass (a) die Effektgröße immer hilfreich ist, aber von einem trivialen bis zu einem mäßigen Effekt variiert, oder (b) die Effektgröße immer hilfreich ist und von einem mäßigen bis zu einem großen Effekt variiert, oder (c) der Effekt in einigen Fällen hilfreich ist, aber in anderen schädlich sein kann.

Die Genauigkeit des Vorhersageintervalls hängt von mehreren Annahmen ab, unter anderem von der Annahme, dass die Effekte normal um den Mittelwert verteilt sind. Wenn also das Vorhersageintervall Effekte enthält, die darauf hindeuten, dass eine Intervention schädlich ist, wäre es wichtig zu sehen, ob es tatsächlich beobachtete Effekte gibt, die diese Schlussfolgerung unterstützen.

Wenn alle relevanten Annahmen erfüllt sind, ist der Wert des Vorhersageintervalls genau. Wenn jedoch die Schätzung des Mittelwerts und der Standardabweichung falsch ist und/oder die Effekte nicht einer Normalverteilung folgen, kann die Aussage des Vorhersageintervalls irreführend sein.

Die Vielzahl der statistischen Größen, die als Maß der Heterogenität angegeben werden, können mitunter irritierend sein. Tatsächlich beruhen alle Parameter auf denselben Zahlen und beleuchten lediglich unterschiedliche Aspekte der Heterogenität. Es sollte deswegen im Vorfeld genau definiert werden welche Fragestellung beantwortet werden soll und dann der dafür passende statistische Wert erhoben werden:

- Variation der Effektgröße: Dixons` Q-Test
- Varianz beruht auf wahren Effekten und nicht auf Stichprobenfehler: I^2 -Maß
- Größe der Varianz der wahren Effekte: Tau^2 -Maß

4. Ergebnisse

4.1 Ergebnis der Datengewinnung

Mit dem Suchbegriff „laser“ wurden am 23. März 2021 in der PEDro Datenbank insgesamt 768 Studien gefunden. Basierend auf dem Studiendesign wurden keine weiteren Datenbanken durchsucht. Abbildung 4.1 (auf der nächsten Seite) fasst das Ergebnis der Datengewinnung grafisch zusammen.

4.2 Ergebnis der Vorauswahl der gefundenen Studien

Nach Ausschluss von 200 Übersichtsarbeiten (in der PEDro-Datenbank eindeutig mit „systematic review“ gekennzeichnet) verblieben 568 Studien, die vollständig gelesen wurden. Dabei wurden 364 Studien von der weiteren Analyse ausgeschlossen, weil sie entweder keine der in Abschnitt 3.2 gelisteten Indikationen betrafen und/oder eines oder mehrere der in Abschnitt 3.4 aufgeführten Ausschlusskriterien erfüllten.

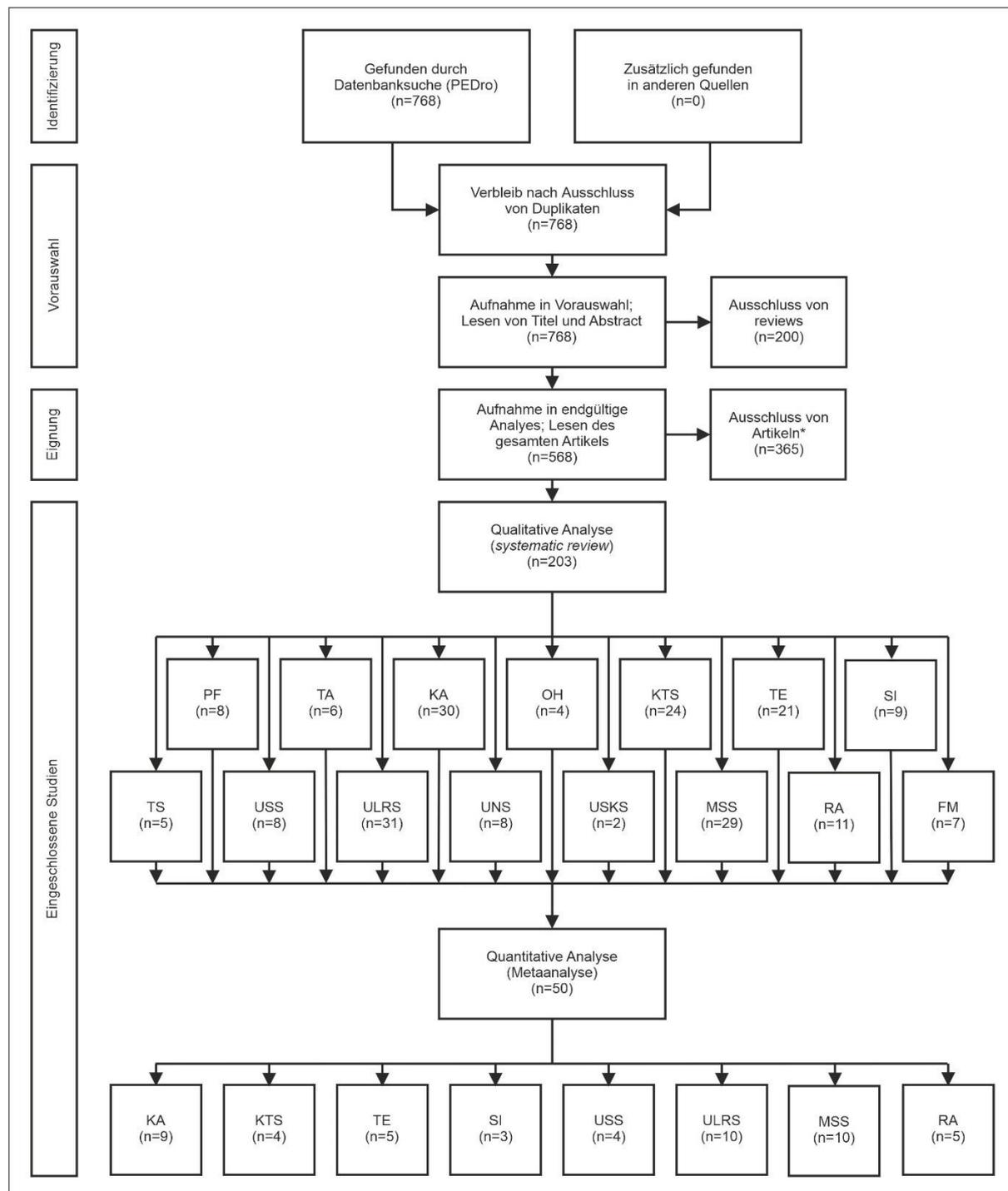
Darüber hinaus enthielt die Beschreibung einer Studie von Simunovic et al. (1998) zur Lasertherapie bei Tennisellenbogen und Golferellenbogen eine Reihe von Fehlern, die eine eindeutige Analyse nicht zulässt. So wird im Abstract dieser Studie z.B. von unilateralen Behandlungen mit drei verschiedenen Therapieformen berichtet; im Ergebnisteil wird eine reine Triggerpunktbehandlung aber nur bilateral beschrieben. Darüber hinaus wurden im Abstract der Studie von Simunovic et al. (1998) insgesamt 324 Patientinnen und Patienten genannt; im Ergebnisteil wurden jedoch nur für 64 Patientinnen und Patienten Ergebnisse berichtet, ohne dass eindeutig ersichtlich ist, mit welcher Therapieform diese Patientinnen und Patienten behandelt wurden. Diese Studie von Simunovic et al. (1998) wurde vom systematischen Review und der Metaanalyse ausgeschlossen.

Somit blieben 203 Studien für den systematischen Review. Diese Studien repräsentieren >40 Jahre klinische Forschung zur Lasertherapie; die älteste der eingeschlossenen Studien wurde 1980 publiziert (Goldman et al., 1980).

50 der ausgewählten 203 Studien waren darüber hinaus für eine indikationsspezifische Metaanalyse geeignet. Diese Studien repräsentieren 35 Jahre klinische Forschung zur Lasertherapie; die älteste der eingeschlossenen Studien wurde 1986 publiziert (Kreczi und Klingler, 1986).

Abbildung 4.1 | Zusammenfassung des in der vorliegenden Arbeit durchgeführten systematischen Reviews und der zugehörigen Metaanalyse gemäß den *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Metaanalyses* (PRISMA-Kriterien) (modifiziert nach Liberati et al., 2009).

Abkürzungen: PF: Plantarfasziopathie; TA: Tendinopathie der Achillessehne; KA: Kniegelenksarthrose; OH, Osteoarthritis der Hand; KTS: Karpaltunnelsyndrom; TE: Tennisellenbogen; SI: Subakromiales Impingement; TS: Tendinopathie der Supraspinatussehne; USS: unspezifischer Schulterschmerz; ULRS: unspezifische, lumbale Rückenschmerzen; UNS: unspezifische Nackenschmerzen; USKS: unspezifischer Spannungskopfschmerz; MSS: Myofaszielles Schmerzsyndrom; RA: Rheumatoide Arthritis; FM: Fibromyalgie.



4.3 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien mittels systematischem Review

4.3.1 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zur Plantarfasziopathie

4.3.1.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation Plantarfasziopathie insgesamt acht Studien gelistet. Zwei dieser acht Studien konnten in die in Abschnitt 3.5 definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, fünf Studien in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*) und eine Studie in Kategorie 3 (*gute Ergebnisse weder mit der Lasertherapie noch mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*).

4.3.1.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $6,9 \pm 1,0$ (Median = 7, Minimum = 5, Maximum = 8) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.1).

4.3.1.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $12,3 \pm 3,3$ (Median = 12, Minimum = 8, Maximum = 18) (Daten von 8 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $3,3 \pm 0,8$ (Median = 3; Minimum = 3; Maximum = 3) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.1).

4.3.1.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 2 / 2 / 2 der 8 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in 2 der 8 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.1).

Die mittlere Wellenlänge betrug 910 ± 225 nm (Median = 830 nm; Minimum = 685 nm; Maximum = 1436 nm) (Daten von 8 Studien). Dabei wurden in 2 Studien unterschiedliche Wellenlängen verwendet (Tabelle 4.1).

4.3.1.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $4,0 \pm 1,8$ Wochen statt (Median = 3 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 7 Wochen) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.2).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $7,3 \pm 2,7$ Wochen (Median = 7 Wochen; Minimum = 3 Wochen; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.2).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $1,7 \pm 0,8$ (Median = 2; Minimum = 1; Maximum = 3) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.2).

4.3.1.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $26,5 \pm 13,2$ (Median = 22, Minimum = 15, Maximum = 54) (Daten von 8 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $25,8 \pm 13,7$ (Median = 20,5; Minimum = 15; Maximum = 55) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.3).

4.3.1.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkte

Lediglich in 2 der 8 Studien wurde die Anzahl der erzeugten Laserpunkte angegeben. Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $5,3 \pm 3,2$ (Median = 5,25; Minimum = 3; Maximum = 8) (Daten von 2 Studien).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $8,7 \pm 14,2 \text{ cm}^2$ (Median = $2,3 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,3 \text{ cm}^2$; Maximum = 30 cm^2) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.3).

4.3.1.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $14,6 \pm 23,4 \text{ J/cm}^2$ (Median = $6,4 \text{ J/cm}^2$; Minimum = $2,0 \text{ J/cm}^2$; Maximum = 62 J/cm^2) (Daten von 6 Studien) (Tabelle 4.3).

Die mittlere Laserleistung betrug $951 \pm 1618 \text{ mW}$ (Median = 60 mW ; Minimum = 30 mW ; Maximum = 3620 mW) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.3).

4.3.1.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $4,6 \pm 1,8$ Minuten (Median = $4,0$ Minuten; Minimum = $2,6$ Minuten; Maximum = $6,9$ Minuten) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.3). In einer Studie wurde eine Behandlungszeit von $0,55$ Minuten pro Laserpunkt angegeben.

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $3,8 \pm 1,0$ Wochen (Median = $3,5$ Wochen; Minimum = $3,0$ Wochen; Maximum = $6,0$ Wochen) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.3).

4.3.1.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.1.2 bis 4.3.1.4 und 4.3.1.7 bis 4.3.1.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5) von den in den Abschnitten 4.3.1.2 bis 4.3.1.4 und 4.3.1.7 bis 4.3.1.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.2).

4.3.1.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Lediglich 2 der 8 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.4). Dementsprechend wurde auf eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung der Plantarfasziopathie mit Lasertherapie verzichtet.

Tabelle 4.1 | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung der **Plantarfasziopathie** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	7	Cinar et al. (2018)	10	3	k	830	*	1; 2	Nein
1	7	Kiritsi et al. (2010)	18	3	p	904	5	3	Ja
2b	8	Naruseviciute und Kubilius (2020)	8	3	p; k	937	3, 30	4	Nein
2b	8	Ordahan et al. (2018)	9	3	p; k	1436	6	4	Nein
2b	7	Yinilmez Sanmak et al. (2018)	12	3	*	685	32	5	Nein
2b	6	Ulusoy et al. (2017)	15	5	*	830	24	5; 6	Nein
2b	5	Armagan Alpturker et al. (2020)	14	*	p	830	24	7	Nein
3	7	Basford et al. (1998)	12	3	k	830	*	3	Ja

Tabelle 4.2 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Plantarfasziopathie** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Anmerkung: * = keine entsprechende Angabe in der Studie

Studie	W2	W3	W4	W6	W7	W8	W12
Cinar et al. (2018)		X					O
Kiritsi et al. (2010)				X			
Naruseviciute und Kubilius (2020)		X			O		
Ordahan et al. (2018)		X					
Yinilmez Sanmak et al. (2018)			X			O	
Ulusoy et al. (2017)					X		
Armagan Alpturker et al. (2020)*							
Basford et al. (1998)	X		O			O	

Tabelle 4.3 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Plantarfasziopathie** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie.

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Cinar et al. (2018)	24	21	*	*	2,8 J/cm ²	70 mW	6 Min	4
Kiritzi et al. (2010)	15	15	*	2,25 cm ²	*	240 mW	2,61 Min	6
Naruseviciute und Kubilius (2020)	54	55	7,5	30 cm ²	62 J/cm ²	3520 mW	6,89 Min	3
Ordahan et al. (2018)	38	37	*	2,25 cm ²	4,86 J/cm ²	3620 mW	4,04 Min	3
Yinilmez Sanmak et al. (2018)	20	20	*	*	2 J/cm ²	30 mW	*	4
Ulusoy et al. (2017)	20	20	*	*	8 J/cm ²	50 mW	3,33 Min	3
Armagan Alpturker et al. (2020)	25	23	*	*	8 J/cm ²	50 mW	*	3
Basford et al. (1998)	16	15	3	0,29 cm ²	*	30 mW	1,65 Min	4

Tabelle 4.4 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Plantarfasziopathie** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Cinar et al. (2018)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Kiritsi et al. (2009)	ja	
Naruseviciute und Kubilius (2020)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Ordahan et al. (2018)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Yinilmez Sanmak et al. (2018)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Ulusoy et al. (2017)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Armagan Alpturker et al. (2020)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Basford et al. (1998)	ja	

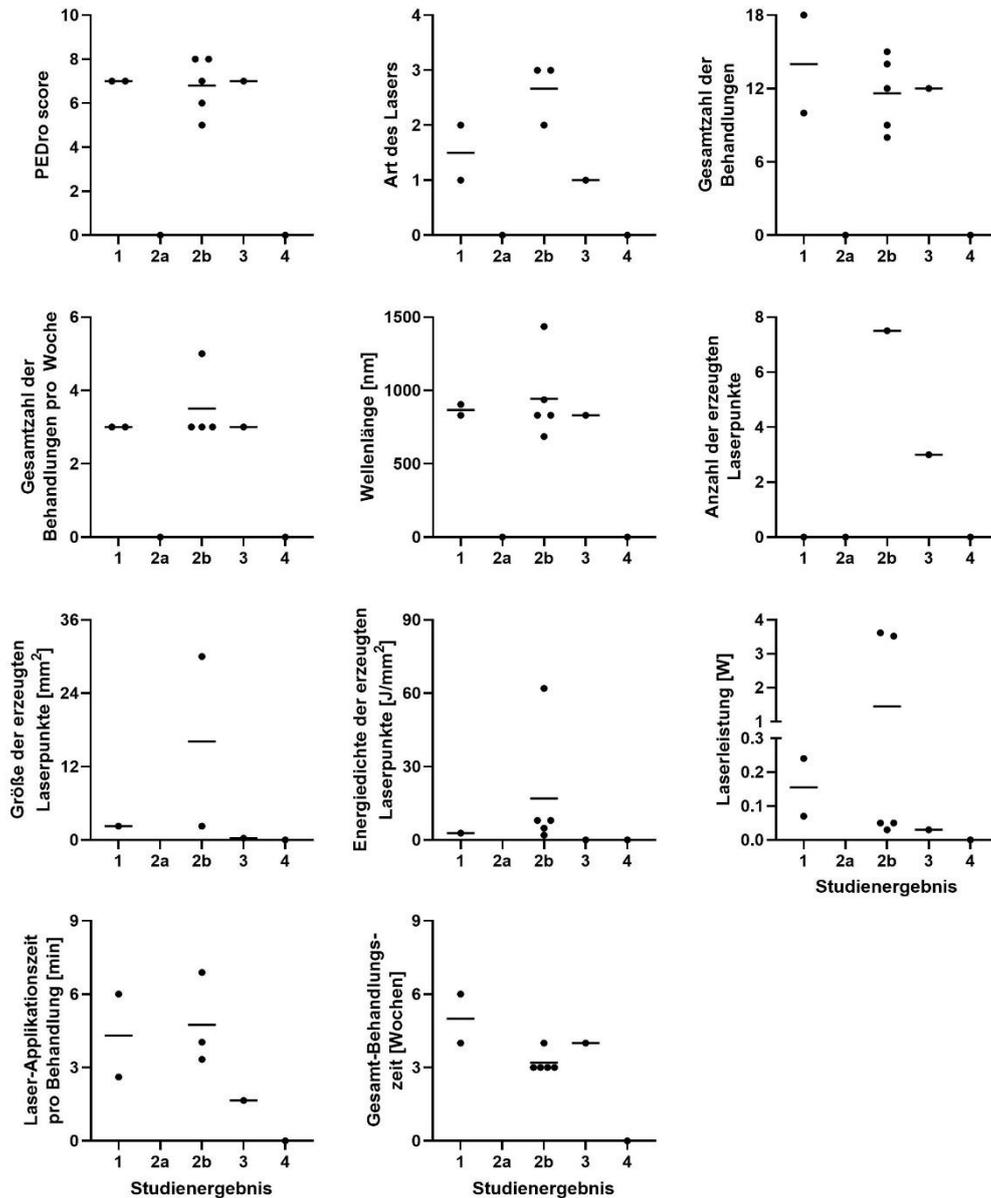


Abbildung 3.2 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.1.2 bis 4.3.1.4 und 4.3.1.7 bis 4.3.1.9 gelisteten Parameter zur Behandlung der **Plantarfasziopathie** mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5 wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.2. Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zur Tendinopathie der Achillessehne

4.3.2.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation Tendinopathie der Achillessehne insgesamt sechs Studien gelistet. Drei dieser sechs Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, zwei Studien in Kategorie 2a (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Scheinbehandlung*) und eine Studie in Kategorie 4 (*gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie*).

4.3.2.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $7,7 \pm 2,3$ (Median = 7,5, Minimum = 4, Maximum = 10) (Daten von 6 Studien) (Tabelle 4.5).

4.3.2.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $9,2 \pm 4,3$ (Median = 11, Minimum = 1, Maximum = 12) (Daten von 6 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $3,3 \pm 2,2$ (Median = 3; Minimum = 1,5; Maximum = 7) (Daten von 5 Studien; in einer Studie erfolgte lediglich eine Behandlung) (Tabelle 4.5).

4.3.2.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 1 / 2 / 0 der 6 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in 3 der 6 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.5).

Die mittlere Wellenlänge betrug 865 ± 60 nm (Median = 857,5 nm; Minimum = 810 nm; Maximum = 951,3 nm) (Daten von 6 Studien) (Tabelle 4.5).

4.3.2.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $2,7 \pm 2,08$ Wochen statt (Median = 4 Wochen; Minimum = 1 Stunde; Maximum = 4 Wochen) (Daten von 6 Studien) (Tabelle 4.6).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $11,2 \pm 1,8$ Wochen (Median = 12 Wochen; Minimum = 8 Wochen; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.6).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $2,3 \pm 0,8$ (Median = 2,5; Minimum = 1; Maximum = 3) (Daten von 6 Studien) (Tabelle 4.6).

4.3.2.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $17,8 \pm 8,3$ (Median = 20, Minimum = 7, Maximum = 30) (Daten von 6 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $17,8 \pm 8,3$ (Median = 20; Minimum = 7; Maximum = 30) (Daten von 6 Studien) (Tabelle 4.7).

4.3.2.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkte

Lediglich in 3 der 6 Studien wurde die Anzahl der erzeugten Laserpunkte angegeben. Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $4,0 \pm 1,7$ (Median = 3; Minimum = 3; Maximum = 6) (Daten von 3 Studien) (Tabelle 4.7).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $1,8 \pm 2,1 \text{ cm}^2$ (Median = $0,50 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,04 \text{ cm}^2$; Maximum = $5,0 \text{ cm}^2$) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.7).

4.3.2.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $33,0 \pm 58,0 \text{ J/cm}^2$ (Median = $5,1 \text{ J/cm}^2$; Minimum = $1,8 \text{ J/cm}^2$; Maximum = 120 J/cm^2) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.7).

Die mittlere Laserleistung betrug $3875 \pm 5982 \text{ mW}$ (Median = 100 mW ; Minimum = 20 mW ; Maximum = 13.000 mW) (Daten von 6 Studien) (Tabelle 4.7).

4.3.2.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $2,0 \pm 0,9$ Minuten (Median = $1,5$ Minuten; Minimum = $1,5$ Minuten; Maximum = $3,0$ Minuten) (Daten von 3 Studien) (Tabelle 4.7).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $4,3 \pm 2,4$ Wochen (Median = $4,0$ Wochen; Minimum = $1,4$ Wochen; Maximum = $8,0$ Wochen) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.7).

4.3.2.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.2.2 bis 4.3.2.4 und 4.3.2.7 bis 4.3.2.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.2.2 bis 4.3.2.4 und 4.3.2.7 bis 4.3.2.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.3).

4.3.2.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Lediglich 2 der 6 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.8). Dementsprechend wurde auf eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung der Tendinopathie der Achillessehne mit Laser verzichtet.

Tabelle 4.5 | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung der **Tendinopathie der Achillessehne** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	8	Tumilty et al. (2016)	8	2	p	895	95	14	Ja
1	7	Bjordal et al. (2006)	1	*	p	904	5	1	Nein
1	4	Notarnicola et al. (2014)	10	7	k	951,33	97	2	Nein
2a	10	Tumilty et al. (2008)	12	3	*	810	7	3	Nein
2a	7	Stergioulas et al. (2008)	12	1,5	*	820	11	3	Ja
4	10	Tumilty et al. (2012)	12	3	*	810	7	3	Nein

Tabelle 4.6 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Tendinopathie der Achillessehne** mit Lasertherapie mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw.), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Studie	H1	D10	W4	W8	W12	W24	W52
Tumilty et al. (2016)			X		O		
Bjordal et al. (2006)	X						
Notarnicola et al. (2014)		X		O		O	
Tumilty et al. (2008)			X		O		
Stergioulas et al. (2008)			X	O	O		
Tumilty et al. (2012)			X		O		O

Tabelle 4.7 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Tendinopathie der Achillessehne** mit Lasertherapie mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie; ¹⁾ = Kurzzeitversuch ohne Kontrolluntersuchungen; ²⁾ = Crossover- Studie.

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Tumilty et al. (2016)	20	20	*	3 cm ²	6,66 J/cm ²	10 W	1,5 Min/B	4 W
Bjordal et al. (2006) ¹⁾²⁾	7	7	3	0,5 cm ²	3,6 J/cm ²	0,02 W	3 Min/ B	1x
Notarnicola et al. (2014)	30	30	*	5 cm ²	120 J/cm ²	13 W	1,5 Min/ B	1,42 W
Tumilty et al. (2008)	10	10	3	0,04 cm ²	*	0,1W	*	4 W
Stergioulas et al. (2008)	20	20	6	0,5 cm ²	1,8 J/cm ²	0,03W	*	8 W
Tumilty et al. (2012)	20	20	*	*	*	0,1W	*	4 W

Tabelle 4.8 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Tendinopathie der Achillessehne** mit Lasertherapie mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Tumilty et al. (2016)	nein	Keine Standardabweichung angegeben
Bjordal et al. (2006)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Notarnicola et al. (2014)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Tumilty et al. (2008)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Stergioulas et al. (2008)	ja	
Tumilty et al. (2012)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet

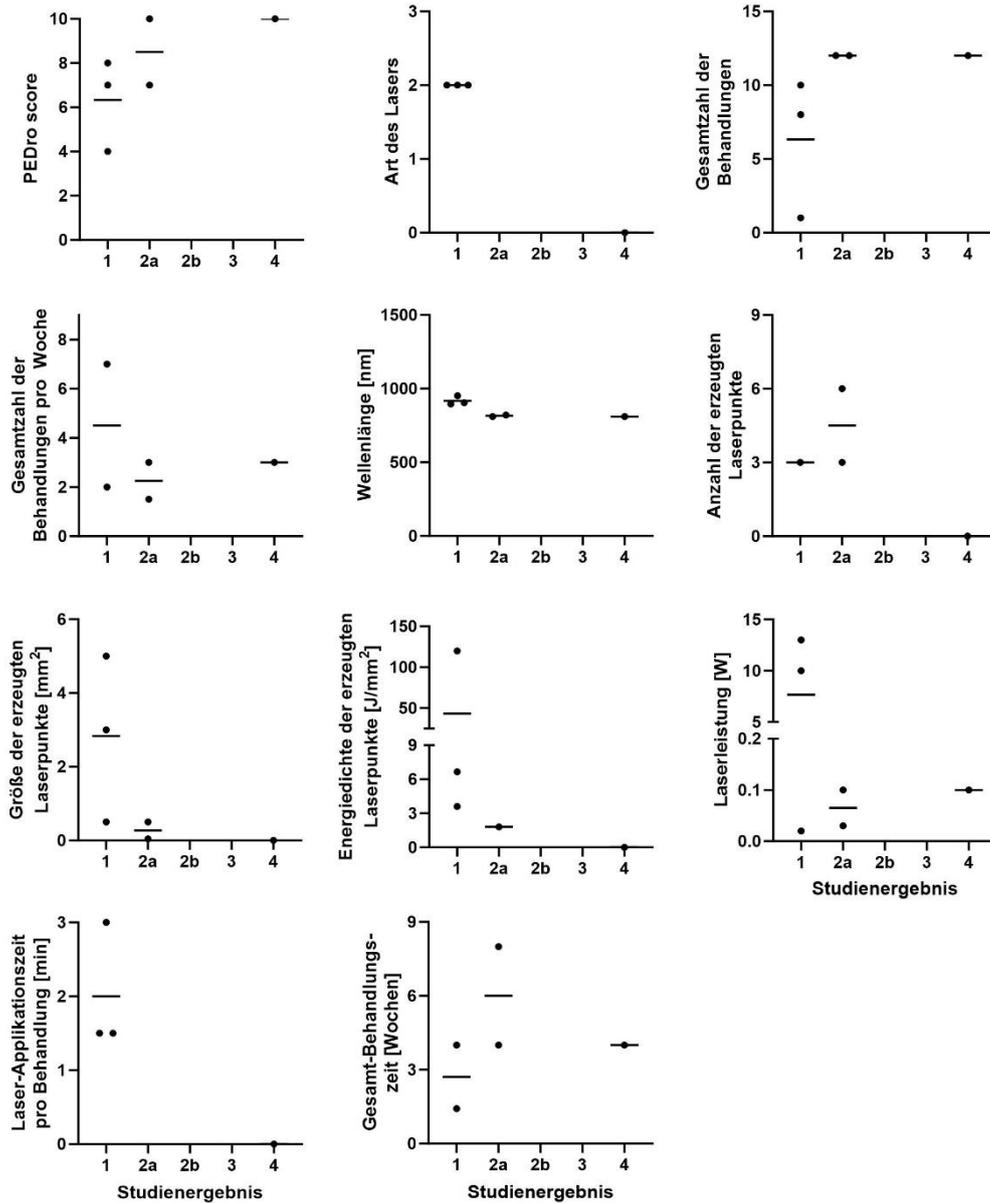


Abbildung 3.3 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.2.2 bis 4.3.2.4 und 4.3.2.7 bis 4.3.2.9 gelisteten Parameter zur Behandlung der **Tendinopathie der Achillessehne** mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.3. Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zur Kniegelenksarthrose

4.3.3.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation Kniegelenksarthrose insgesamt 30 Studien gelistet. Siebzehn dieser 30 Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, zwei Studien in Kategorie 2a (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Scheinbehandlung*), vier Studien in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*), vier Studien in Kategorie 3 (*gute Ergebnisse weder mit der Lasertherapie noch mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) und drei Studien in Kategorie 4 (*gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie*).

4.3.3.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $6,4 \pm 1,3$ (Median = 6, Minimum = 4, Maximum = 9) (Daten von 30 Studien) (Tabelle 4.9).

4.3.3.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $12,8 \pm 5,1$ (Median = 12, Minimum = 8, Maximum = 36) (Daten von 30 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $2,9 \pm 1,2$ (Median = 3; Minimum = 1; Maximum = 5) (Daten von 29 Studien) (Tabelle 4.9).

4.3.3.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 12 / 10 / 0 der 30 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in 8 der 30 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.9).

Die mittlere Wellenlänge betrug 856 ± 89 nm (Median = 830 nm; Minimum = 640 nm; Maximum = 1064 nm) (Daten von 28 Studien) (Tabelle 4.9).

4.3.3.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $5,4 \pm 3,8$ Wochen statt (Median = 4 Wochen; Minimum = 1 Stunde; Maximum = 16 Wochen) (Daten von 28 Studien; in zwei Studien fehlten die entsprechenden Angaben) (Tabelle 4.10).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $9,8 \pm 5,4$ Wochen (Median = 8 Wochen; Minimum = 4 Wochen; Maximum = 24 Wochen) (Daten von 28 Studien) (Tabelle 4.10).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $2,2 \pm 1,5$ (Median = 2; Minimum = 1; Maximum = 7) (Daten von 28 Studien) (Tabelle 4.10).

4.3.3.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $34,9 \pm 37,1$ (Median = 22, Minimum = 10, Maximum = 196) (Daten von 30 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $34,2 \pm 37,4$ (Median = 21; Minimum = 9; Maximum = 196) (Daten von 30 Studien) (Tabelle 4.11).

4.3.3.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkten

Lediglich in 18 der 30 Studien wurde die Anzahl der erzeugten Laserpunkte angegeben. Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $5,1 \pm 2,9$ (Median = 5; Minimum = 1; Maximum = 10) (Daten von 18 Studien) (Tabelle 4.11).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $0,2 \pm 0,3 \text{ cm}^2$ (Median = $0,092 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,008 \text{ cm}^2$; Maximum = $1,0 \text{ cm}^2$) (Daten von 17 Studien) (Tabelle 4.11).

4.3.3.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $36,6 \pm 54,9 \text{ J/cm}^2$ (Median = $6,5 \text{ J/cm}^2$; Minimum = $0,04 \text{ J/cm}^2$; Maximum = 200 J/cm^2) (Daten von 18 Studien) (Tabelle 4.11).

Die mittlere Laserleistung betrug $1584 \pm 3512 \text{ mW}$ (Median = 100 mW ; Minimum = 4 mW ; Maximum = 12.000 mW) (Daten von 24 Studien) (Tabelle 4.11).

4.3.3.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $9,2 \pm 6,7$ Minuten (Median = $7,7$ Minuten; Minimum = $0,4$ Minuten; Maximum = 20 Minuten) (Daten von 24 Studien) (Tabelle 4.11).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $5,4 \pm 3,0$ Wochen (Median = 4 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 29 Studien) (Tabelle 4.11).

4.3.3.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.3.2 bis 4.3.3.4 und 4.3.3.7 bis 4.3.3.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.3.2 bis 4.3.3.4 und 4.3.3.7 bis 4.3.3.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.4).

4.3.3.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Neun der 30 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.12). Dementsprechend wurde eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung der Kniegelenksarthrose mit Lasertherapie durchgeführt.

Tabelle 4.9 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung der **Kniegelenksarthrose** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

(Tabelle 4.9)

E	P	Studie	B	B/W	M	WL [nm]	G	K	M
1	9	de Paula Gomes et al. (2018)	10	2	p	806,66	76	26	Nein
1	8	Liao et al. (2020)	12	3	k	805	85	1	Ja
1	8	Zhao et al. (2021)	12	3	*	1060	*	1	Nein
1	8	Alfredo et al. (2012)	9	3	p	904	5	14	Ja
1	8	Yurtkuran et al. (2007)	10	5	p	904	4	1	Ja
1	7	Akaltun et al. (2021)	10	5	p; *	1064	3	14	Ja
1	7	Kheshie et al. (2014)	12	2	*; p	830	2, 3	14; 26	Ja
1	7	Shen et al. (2009)	12	3	*; p	855	71	1	Nein
1	7	Helianthi et al. (2016)	10	2	*	785	79	1	Ja
1	6	Al Rashoud et al. (2014)	9	*	k	830	1	14	Ja
1	6	Nazari et al. (2019)	12	3	p	1064	87	12; 70	Nein
1	6	Ip und Fu (2015)	18	3	*	810	*	74	Nein
1	6	Hegedus et al. (2009)	8	2	k	830	72	1	Ja
1	5	Youssef et al. (2016)	16	2	k	892	5	32; 12	Nein
1	4	Kim et al. (2016)	12	3	p	*	83	70	Nein
1	5	Ip (2015)	36	3	*	810	80	70	Nein
1	5	Gur et al. (2003a)	10	5	p	904	8	1; 61	Ja
2a	5	Montes-Molina et al. (2009)	15	5	k	640	23	49	Ja
2a	4	Paolillo et al. (2018)	12	1	k	808	26	59; 91	Nein
2b	7	Shen et al. (2008)	14	4	*	857	*	1	Nein
2b	6	de Oliviera Melo et al. (2019)	16	2	k	810	7	89; 90	Nein
2b	6	Ammar (2014)	12	2	k	850	6	60	Nein
2b	6	Bülow et al. (1994)	9	3	k	830	*	1	Ja
3	8	Zhao et al. (2010)	12	3	p	855	*	1	Nein
3	7	Hinman et al. (2014)	10	1,5	*	*	20	1	Ja
3	6	Alfredo et al. (2018)	9	3	*	904	*	26	Nein
3	5	Tascioglu et al. (2004)	10	5	k	830	1	1; 62	Ja
4	6	de Matos Brunelli Braghin et al. (2019)	16	2	*	808	25	59; 12; 26	Nein
4	7	de Oliviera Melo et al. (2015)	16	2	k	810	7	63; 64	Nein
4	7	de Oliviera Melo et al. (2016)	16	2	k	810	7	63; 63; 32	Nein

Tabelle 4.10 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Kniegelenksarthrose** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Anmerkung: * = keine entsprechende Angabe in der Studie; ¹⁾ = erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn unmittelbar nach der fünften Behandlung.

(Tabelle 4.10)

Studie	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W11	W12	W16	W20	W24	W52
de Paula Gomes et al. (2018)					X									
Liao et al. (2020)					X	O	O	O						
Zhao et al. (2021)				X								O		
Alfredo et al. (2012)			X						O					
Yurtkuran et al. (2007)		X								O				
Akaltun et al. (2021)		X				O								
Kheshie et al. (2014)						X								
Shen et al. (2009)		X		O										
Helianthi et al. (2016)		X			O		O							
Al Rashoud et al. (2014) ¹⁾						O							O	
Nazari et al. (2019)				X						O				
Ip and Fu (2015)*														
Hegedus et al. (2009)		X						O						
Youssef et al. (2016)								X						
Kim et al. (2016)											X			
Ip (2015) ¹⁾				X				O	O	O	O	O	O	O
Gur et al. (2003a)				X				O	O	O				
Montes-Molina et al. (2009)*														
Paolillo et al. (2018)										X				
Shen et al. (2008)		X		O										
de Oliveira Melo et al. (2019)								X						
Ammar (2014)						X								
Bülow et al. (1994)	X	O	O	O	O	O								
Zhao et al. (2010)		X		O										
Hinman et al. (2014)										X				O
Alfredo et al. (2018)			X					O		O			O	
Tascioglu et al. (2004)			X										O	
de Matos B. B. et al. (2019)								X						
de Oliveira Melo et al. (2015)								X						
de Oliveira Melo et al. (2016)									X					

Tabelle 4.11 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Osteoarthritis des Knies** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie; ¹⁾ = Patientinnen und Patienten mit Kontroll-Behandlung auf der kontralateralen Seite.

(Tabelle 4.11)

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
De Paula Gomes et al. (2018)	20	20	*	0,44 cm ²	8,8 J/cm ²	8,57 W	1 Min/P	5 W
Liao et al. (2020)	16	17	*	*	*	0,040W	15 Min/B	4 W
Zhao et al. (2021)	196	196	2	*	65 J/cm ²	0,17 W	20 Min/B	4 W
Alfredo et al. (2012)	24	22	9	0,5 cm ²	6 J/ cm ²	10,030 W	0,83 Min/P	3 W
Yurtkuran et al. (2007)	28	27	1	0,4 cm ²	*	0,004 W	2 Min/B	2 W
Akaltun et al. (2021)	20	20	*	*	60,015 J/cm ²	12 W	*	2 W
Kheshie et al. (2014)	20	16,5	*	*	50 J/cm ²	*; 0,8W	15 Min/B	6 W
Shen et al. (2009)	20	20	1	0,031 cm ²	*	0,118W	20 Min/B	4 W
Helianthi et al. (2016)	31	31	5	*	*	0,05W	1,33 Min/P	3 W
Al Rashoud et al. (2014)	26	23	5	0,28 cm ²	4 J/cm ²	*	0,66 Min/P	*
Nazari et al. (2019)	31	31	*	*	60 J/cm ²	5 W	8 Min/B	4 W
Ip and Fu (2015) ¹⁾	70	70	*	*	*	*	3 Min/B	6 W
Hegedus et al. (2009)	18	9	*	0,5 cm ²	48 J/cm ²	0,05W	*	4 W
Youssef et al. (2016)	18	16,5	8,5	0,5 cm ²	4,5 J/cm ²	0,055W	1,19 Min/P	8W
Kim et al. (2016)	10	10	2	*	1,5 J/cm ²	*	5 Min/B	4 W
Ip (2015) ¹⁾	100	100	*	*	3,6 J/ cm ²	*	3 Min/P	12 W
Gur et al. (2003a)	30	30	*	1 cm ²	2 J/cm ²	0,0112 W	3 Min/B	2 W
Montes-Molina et al. (2009)	76	76	5	0,092 cm ²	*	0,1 W	1 Min/P	3 W
Paolillo et al. (2018)	14	14	5	*	7 J/cm ²	0,1 W	3 Min/P	12 W
Shen et al. (2008)	24	24	*	*	*	*	20 Min/B	6 W
de Oliviera Melo et al. (2019)	15	15	6	0,0364 cm ²	137,35 J/cm ²	0,20 W	0,415 Min/B	8 W
Ammar (2014)	33	35	5	0,008 cm ²	5 J/spot	0,100 W	10 Min/B	6 W
Bülow et al. (1994)	13	14	10	0,28 cm ²	*	0,025 W	15 Min/B	3 W
Zhao et al. (2010)	20	20	1	0,038 cm ²	*	0,118 W	20 Min/B	4 W
Hinman et al. (2014)	71	70,5	*	*	*	0,01 W	*	12 W
Alfredo et al. (2018)	24	22	*	*	3 J/spot	*	*	3 W
Tascioglu et al. (2004)	20	20	5	0,008 cm ²	*	0,050 W	5 Min/B;	2 W
de Matos B. B. et al. (2019)	28	28	10	0,028 cm ²	200 J/cm ²	0,010 W	1 Min/P	8 W
de Oliviera Melo et al. (2015)	15	14,5	6	0,0364 cm ²	0,22 J/cm ²	0,2W	0,415 Min/B	8 W
de Oliviera Melo et al. (2016)	15	14,5	6	0,0364 cm ²	0,22 J/cm ²	0,2 W	0,415 Min/P	8 W

Tabelle 4.12 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Osteoarthritis des Knies** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

(Tabelle 4.12)

Studie	M	Begründung
De Paula Gomes et al. (2018)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Liao e al. 2020	Ja	
Zhao et al. (2020)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Alfredo et al. (2012)	Ja	
Yurtkuran et al. (2007)	Ja	
Akaltun et al. (2021)	Nein	Kein VAS
Kheshie et al. (2014)	Ja	
Shen et al. (2009)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Helianthi et al. 2016	Nein	Kein absolutes VAS angegeben
Al Rashoud et al. (2014)	Ja	
Nazari et al. (2019)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Ip and Fu (2015)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Hegedus et al. (2009)	Nein	Keine Standardabweichung angegeben
Youssef et al. (2016)	Nein	Keine Standardabweichung angegeben
Kim et al. (2016)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Ip (2015)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Gur et al. (2003a)	Ja	
Montes-Molina et al. (2009)	Ja	
Paolillo et al. (2018)	Nein	Schmerz nur als Differenz zu Baseline angegeben
Shen et al. (2008)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
de Oliveira Melo et al. (2019)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Ammar (2014)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Bülow et al. (1994)	Nein	Kein VAS
Zhao et al. (2010)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Hinman et al. (2014)	Nein	Kein VAS
Alfredo et al. (2018)	Ja	
Tascioglu et al. (2004)	Ja	
de Matos B. B. et al. (2019)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
de Oliveira Melo et al. (2015)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
de Oliveira Melo et al. (2016)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle

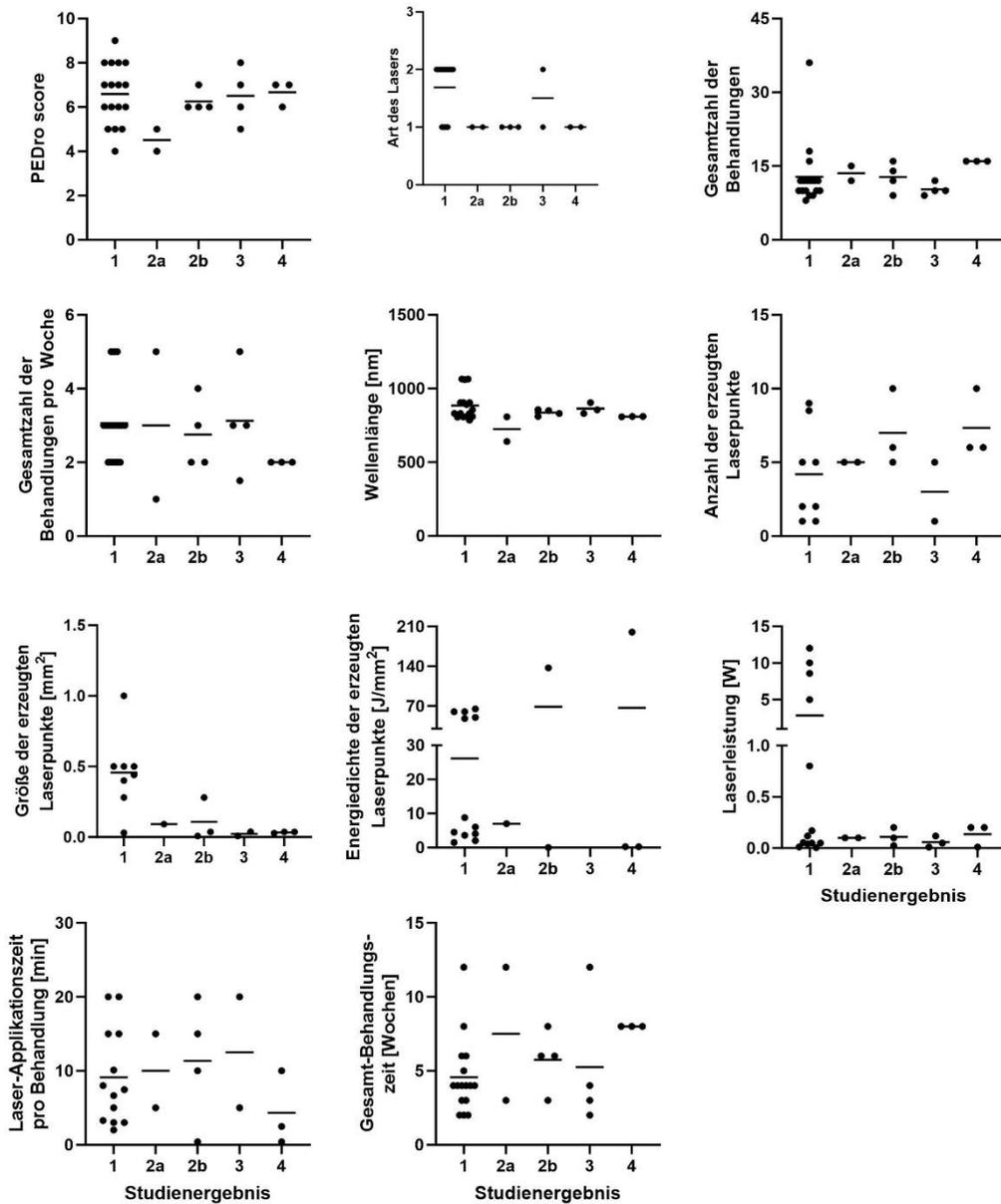


Abbildung 3.4 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.3.2 bis 4.3.3.4 und 4.3.3.7 bis 4.3.3.9 gelisteten Parameter zur Behandlung der **Kniegelenksarthrose** mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.4. Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zur Osteoarthritis der Hand

4.3.4.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation Osteoarthritis der Hand insgesamt vier Studien gelistet. Eine dieser vier Studien konnte in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, eine Studie in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*) und zwei Studien in Kategorie 3 (*gute Ergebnisse weder mit der Lasertherapie noch mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*).

4.3.4.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $7,0 \pm 2,7$ (Median = 8, Minimum = 3, Maximum = 9) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.13).

4.3.4.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $12,8 \pm 3,8$ (Median = 12, Minimum = 9, Maximum = 18) (Daten von 4 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $2,5 \pm 1,0$ (Median = 3; Minimum = 1; Maximum = 3) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.13).

4.3.4.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 1 / 1 / 1 der 4 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in einer der 4 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.13).

Die mittlere Wellenlänge betrug 797 ± 114 nm (Median = 834 nm; Minimum = 633 nm; Maximum = 885 nm) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.13).

4.3.4.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $4,8 \pm 5,1$ Wochen statt (Median = 3,5 Wochen; Minimum = 1 Tag; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.14).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $12 \pm 3,3$ Wochen (Median = 12 Wochen; Minimum = 8 Wochen; Maximum = 16 Wochen) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.14).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $3,3 \pm 2,2$ (Median = 3; Minimum = 1; Maximum = 6) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.14).

4.3.4.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $31,0 \pm 16,2$ (Median = 32, Minimum = 13, Maximum = 47) (Daten von 4 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $28,8 \pm 15,7$ (Median = 27,5; Minimum = 12; Maximum = 48) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.15).

4.3.4.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkten

Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $27,7 \pm 40,1$ (Median = 5; Minimum = 4; Maximum = 74) (Daten von 3 Studien) (Tabelle 4.15).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $2,8 \pm 2,6 \text{ cm}^2$ (Median = $3,5 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,01 \text{ cm}^2$; Maximum = $5,0 \text{ cm}^2$) (Daten von 3 Studien) (Tabelle 4.15).

4.3.4.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $5,0 \pm 2,0 \text{ J/cm}^2$ (Median = 5 J/cm^2 ; Minimum = 3 J/cm^2 ; Maximum = 7 J/cm^2) (Daten von 3 Studien) (Tabelle 4.15).

Die mittlere Laserleistung betrug $588 \pm 641 \text{ mW}$ (Median = 425 mW ; Minimum = $0,9 \text{ mW}$; Maximum = 1500 mW) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.15).

4.3.4.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $4,4 \pm 7,1$ Minuten (Median = 1,1 Minuten; Minimum = 0,25 Minuten; Maximum = 15 Minuten) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.15).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $6,3 \pm 4,0$ Wochen (Median = 5 Wochen; Minimum = 3 Wochen; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.15).

4.3.4.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.4.2 bis 4.3.4.4 und 4.3.4.7 bis 4.3.4.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.4.2 bis 4.3.4.4 und 4.3.4.7 bis 4.3.4.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.5).

4.3.4.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Lediglich 2 der 4 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.16). Dementsprechend wurde auf eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung der Osteoarthritis der Hand mit Lasertherapie verzichtet.

Tabelle 4.13 | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung der **Osteoarthritis der Hand** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	9	Cantero-Tellez et al. (2020)	12	3	p	885	74	1	Ja
2b	3	Paolillo et al. (2015)	12	1	*	808	26	1	Nein
3	8	Brosseau et al. (2005b)	18	3	k; p	860	45	1	Ja
3	8	Basford et al. (1987)	9	3	k	632,8	*	1	Ja

Tabelle 4.14 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Osteoarthritis der Hand** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw.), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Studie	T1	W1	W2	W3	W4	W6	W8	W12	W16	W24
Cantero-Tellez et al. (2020)					X				O	
Paolillo et al. (2015)								X		
Brosseau et al. (2005)				X		O		O		O
Basford et al. (1987)	X	O	O	O	O		O			

Tabelle 4.15 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Osteoarthritis der Hand** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie.

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Cantero-Tellez et al. (2020)	22	21	*	5 cm ²	5 J/cm ²	1500 mW	0,25 Min	4
Paolillo et al. (2015)	13	12	5	3,5 cm ²	7 J/cm ²	400 mW	15 Min	12
Brosseau et al. (2005)	42	48	74	0,01 cm ²	3 J/cm ²	450 mW	1,18 Min	6
Basford et al. (1987)	47	34	4	*	*	0,9 mW	1 Min	3

Tabelle 4.16 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Osteoarthritis der Hand** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Cantero-Tellez et al. (2020)	Ja	
Paolillo et al. (2015)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle; kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Brosseau et al. (2005)	Ja	
Basford et al. (1987)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet

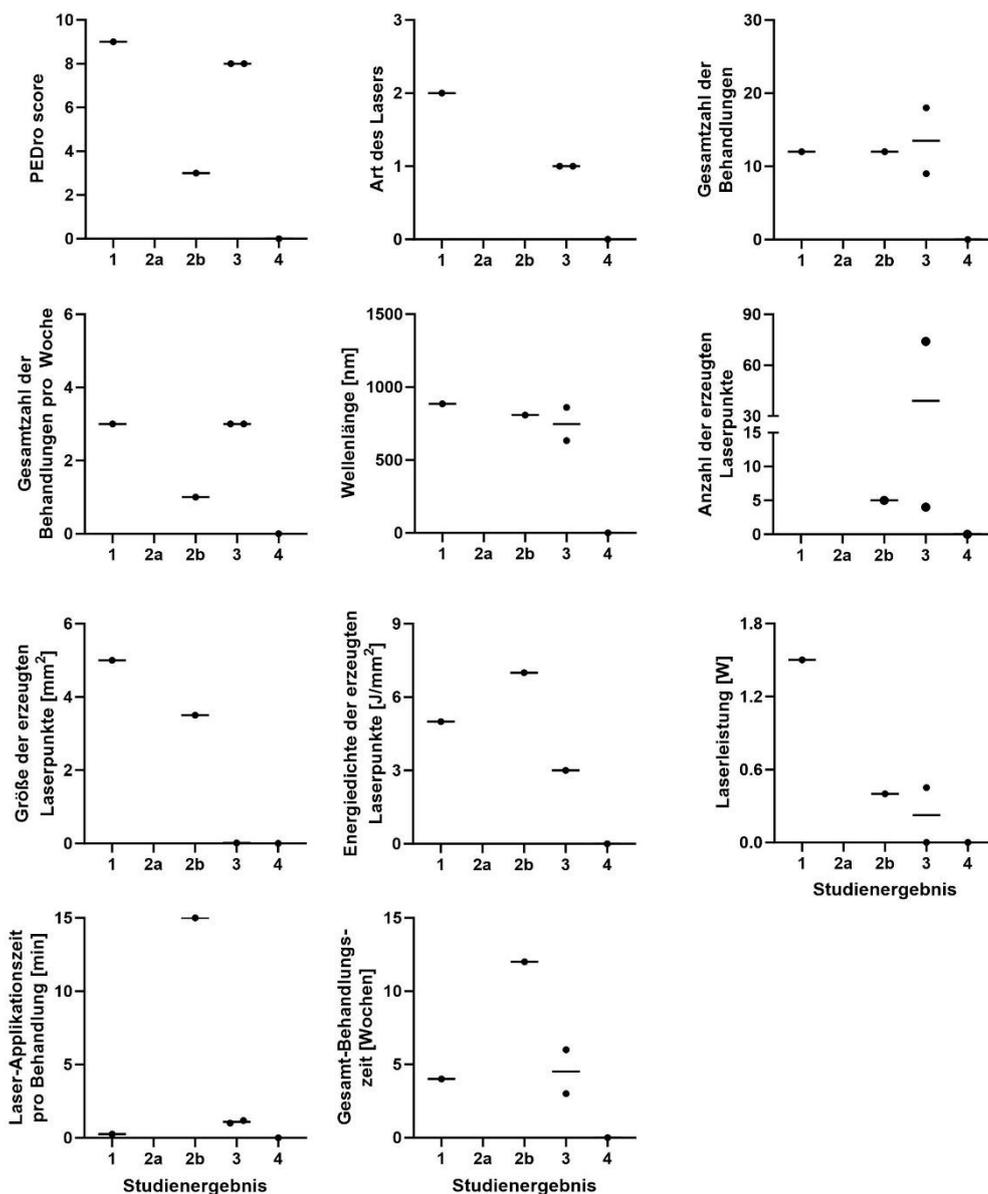


Abbildung 3.5 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.4.2. bis 4.3.4.4. und 4.3.4.7. bis 4.3.4.9. gelisteten Parameter zur Behandlung der **Osteoarthritis der Hand** mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.5. Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zum Karpaltunnelsyndrom

4.3.5.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation Karpaltunnelsyndrom insgesamt 24 Studien gelistet. Zehn dieser 24 Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, eine Studie in Kategorie 2a (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Scheinbehandlung*), neun Studien in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*), zwei Studien in Kategorie 3 (*gute Ergebnisse weder mit der Lasertherapie noch mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) und zwei Studien in Kategorie 4 (*gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie*).

4.3.5.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $5,9 \pm 2,2$ (Median = 6, Minimum = 0, Maximum = 9) (Daten von 24 Studien) (Tabelle 4.17).

4.3.5.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $13,2 \pm 4,9$ (Median = 12, Minimum = 5, Maximum = 24) (Daten von 23 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $4,3 \pm 1,0$ (Median = 5; Minimum = 2; Maximum = 5) (Daten von 22 Studien) (Tabelle 4.17).

4.3.5.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 4 / 7 / 2 der 24 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in 11 der 24 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.17).

Die mittlere Wellenlänge betrug 827 ± 56 nm (Median = 830 nm; Minimum = 660 nm; Maximum = 947 nm) (Daten von 24 Studien) (Tabelle 4.17).

4.3.5.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $4,5 \pm 2,9$ Wochen statt (Median = 3,5 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 24 Studien) (Tabelle 4.18).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $8,4 \pm 4,8$ Wochen (Median = 8 Wochen; Minimum = 3 Wochen; Maximum = 24 Wochen) (Daten von 24 Studien) (Tabelle 4.18).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $1,8 \pm 1,0$ (Median = 2; Minimum = 1; Maximum = 5) (Daten von 24 Studien) (Tabelle 4.18).

4.3.5.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $28,4 \pm 14,9$ (Median = 22, Minimum = 7, Maximum = 63) (Daten von 24 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $28,2 \pm 14,4$ (Median = 24,5; Minimum = 8; Maximum = 63) (Daten von 24 Studien) (Tabelle 4.19).

4.3.5.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkte

Lediglich in 13 der 24 Studien wurde die Anzahl der erzeugten Laserpunkte angegeben. Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $5,8 \pm 4,7$ (Median = 5; Minimum = 2; Maximum = 20) (Daten von 13 Studien) (Tabelle 4.19).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $0,9 \pm 1,1 \text{ cm}^2$ (Median = $0,78 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,06 \text{ cm}^2$; Maximum = $3,7 \text{ cm}^2$) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.19).

4.3.5.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $28,4 \pm 66,9 \text{ J/cm}^2$ (Median = $9,7 \text{ J/cm}^2$; Minimum = $1,0 \text{ J/cm}^2$; Maximum = 250 J/cm^2) (Daten von 13 Studien) (Tabelle 4.19).

Die mittlere Laserleistung betrug $1653 \pm 4937 \text{ mW}$ (Median = 60 mW ; Minimum = $2,4 \text{ mW}$; Maximum = 21.500 mW) (Daten von 19 Studien) (Tabelle 4.19).

4.3.5.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $9,1 \pm 10,1$ Minuten (Median = 6 Minuten; Minimum = $0,91$ Minuten; Maximum = 40 Minuten) (Daten von 19 Studien) (Tabelle 4.19).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $3,3 \pm 1,4$ Wochen (Median = 3,0 Wochen; Minimum = $0,71$ Wochen; Maximum = 6 Wochen) (Daten von 24 Studien) (Tabelle 4.19).

4.3.5.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.5.2 bis 4.3.5.4 und 4.3.5.7 bis 4.3.5.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.5.2 bis 4.3.5.4 und 4.3.5.7 bis 4.3.5.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.6).

4.3.5.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Vier der 24 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.20). Dementsprechend wurde eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung des Karpaltunnelsyndroms mit Lasertherapie durchgeführt.

Tabelle 4.17 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung des **Karpaltunnelsyndroms** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

(Tabelle 4.17)

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	9	Juan et al. (2019)	20	5	k	810	81	1	Nein
1	8	Fusakul et al. (2014)	15	3	k	810	33	4	Ja
1	7	Yagci et al. (2009)	*	*	*	830	39	8	Nein
1	7	Naeser et al. (2002)	10,5	3	k; p	768,4	*	1	Nein
1	7	Jiang et al. (2011)	10	5	p	830	11	1	Ja
1	6	Casale et al. (2013)	15	5	*	947	35	6	Nein
1	6	Chang et al. (2008)	10	5	*	830	12	1	Ja
1	5	Lazovic et al. (2014)	10	4	k	780	84	1	Ja
1	4	Shooshtari et al. (2008)	15	5	p	785	36	1	Ja
1	2	de Pinho Teixeira Alves und de Araújo (2015)	10	5	*	830	37	1	Nein
2a	4	Rayegani et al. (2013)	10	5	k; p	892,5	27	14	Ja
2b	9	Irvine et al. (2004)	15	3	*	860	*	1	Nein
2b	8	Ezzati et al. (2020)	5	*	p	834	77	32; 12	Nein
2b	6	Dincer et al. (2009)	10	5	p	904	4	7; 8	Nein
2b	5	Barbosa et al. (2016)	12	2	k	660	73	67	Nein
2b	5	Dakowicz et al. (2011)	20	5	p	904	38	9	Nein
2b	7	Evcik et al. (2007)	10	5	p	830	13	1	Ja
2b	7	Tascioglu et al. (2012)	15	5	*	830	1	1; 10	Ja
2b	3	Atya und Mansour (2011)	8	2	*	830	1	12	Nein
2b	0	Sawan et al. (2013)	18	3	*	830	40	11; 12	Nein
3	6	Pratelli et al. (2015)	5	5	*	805	34	5	Nein
3	7	Soltani et al. (2013)	10	3	p	775	*	51	Nein
4	8	Bakhtiary et al. (2004)	15	5	*	830	1	11	Nein
4	6	Saeed et al. (2012)	20	5	*	830	1	11	Nein

Tabelle 4.18 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **Karpaltunnelsyndroms** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**)

Anmerkung: ¹⁾ = unterschiedliche Angaben in der Studie, der Zeitpunkt der ersten Untersuchung nach Behandlungsbeginn war entweder an W4 oder W8.-> hab 8 genommen

(Tabelle 4.18)

Studie	W2	W2,5	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W12	W13	W14	W24
Juan et al. (2019)	X			O										
Fusakul et al. (2014)											X			
Yagci et al. (2009)											X			
Naeser et al. (2002)				X							O			
Jiang et al. (2011)	X				O									
Casale et al. (2013)			X											
Chang et al. (2008)	X			O										
Lazovic et al. (2014)								X						
Shooshtari et al. (2008)			X											
de Pinho Teixeira Alves und de Araújo (2015)	X			O				O			O			O
Rayegani et al. (2013)					X					O				
Irvine et al. (2004)		X			O				O					
Ezzati et al. (2020)			X											
Dincer et al. (2009)				X							O			
Barbosa et al. (2016)								X						
Dakowicz et al. (2011)	X			O				O						O
Evcik et al. (2007)								X					O	
Tascioglu et al. (2012)			X											
Atya und Mansour (2011) ¹⁾				(X)				(X)						
Sawan et al. (2013)								X						
Pratelli et al. (2015)	X										O			
Soltani et al. (2013)								X						
Bakhtiary et al. (2004)			X						O					
Saeed et al. (2012)				X				O						

Tabelle 4.19 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **Karpaltunnelsyndroms** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie; ¹⁾ = Kontrollbehandlung auf der kontralateralen Seite, ²⁾ = alle Patientinnen und Patienten erhielten echte Behandlung und Plazebobehandlung; ³⁾ = kein absoluter Wert angegeben.

(Tabelle 4.19)

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Juan et al. (2019)	43	41	*	*	24 J/cm ²	400 mW	1 Min	5
Fusakul et al. (2014) ¹⁾	63	63	*	*	*	43 mW	*	5
Yagci et al. (2009)	21	24	3	0,78 cm ²	*	30 mW	4,5 Min	3
Naeser et al (2002) ²⁾	11	11	*	0,096 cm ²	*	4707 mW	40 Min	3,5
Jiang et al. (2011)	45	42	*	3,7 cm ²	9,7 J/cm ²	60 mW	10 Min	2
Casale et al. (2013)	10	10	*	1 cm ²	250 J/cm ²	21500 mW	1,6 Min	2
Chang et al. (2008)	20	20	*	*	9,7 J/cm ²	60 mW	10 Min	2
Lazovic et al. (2014)	40	39	4	0,8 cm ²	3,05 J/cm ²	30 mW	6 Min	5
Shooshtari et al. (2008)	40	40	*	*	10 J/cm ²	400 mW	*	3
Pratelli et al. (2015)	35	35	*	*	*	2000 mW	10 Min	0,71
de Pinho Teixeira Alves und de Araújo (2015)	29	29	3	*	*	30 mW	*	2
Rayegani et al. (2013)	18	16	5	1 cm ²	6 J/cm ²	1100 mW	10 Min	3
Irvine et al. (2004)	7	8	20	*	6 J/cm ²	60 mW	5 Min	5
Ezzati et al. (2020) ³⁾	20	20	10	*	14 J/cm ²	825 mW	29,1 Min	2
Dincer et al. (2009)	36	32	3	0,07 cm ²	1 J/cm ²	2,4 mW	1,5 Min	2
Barbosa et al. (2016)	23	25	6	0,06 cm ²	10 J/cm ²	30 mW	2 Min	6
Dakowicz et al. (2011)	18	20	*	*	6 J/cm ²	50 mW	5,5 Min	2
Evcik et al. (2007)	41	40	2	0,78 cm ²	*	*	1 Min	3
Tascioglu et al. (2012)	20	20	5	*	*	50 mW	10 Min	2
Atya und Mansour (2011)	15	15	5	0,78 cm ²	*	30 mW	10 Min	4
Sawan et al. (2013)	15	15	*	*	*	*	15 Min	6
Soltani et al. (2013)	16	17	5	*	20 J/cm ²	*	0,91 Min	3
Bakhtiary et al. (2004)	45	45	5	*	*	*	*	3
Saeed et al. (2012)	50	50	*	*	*	*	*	4

Tabelle 4.20 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **Karpaltunnelsyndroms** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Juan et al. (2019)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Fusakul et al. (2014)	ja	
Yagci et al. (2009)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle; kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Naeser et al (2002)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Jiang et al. (2011)	nein	Keine absoluten Werte nach Therapie angegeben (nur Änderungen gegenüber den Ausgangswerten)
Casale et al. (2013)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Chang et al. (2008)	nein	Kein absoluter Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet, keine SD angegeben
Lazovic et al. (2014)	nein	Keine SD angegeben
Shooshtari et al. (2008)	ja	
Pratelli et al. (2015)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
de Pinho Teixeira Alves und de Araújo (2015)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Rayegani et al. (2013)	ja	
Irvine J et al. (2004)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Ezzati et al. (2020)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Dincer et al. (2009)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Barbosa et al. (2016)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Dakowicz et al. (2011)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Evcik et al. (2007)	nein	Keine SD angegeben
Tascioglu et al. (2012)	ja	
Atya und Mansour (2011)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Sawan et al. (2013)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Soltani et al. (2013)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Bakhtiary et al. (2004)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Saeed et al. (2012)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle

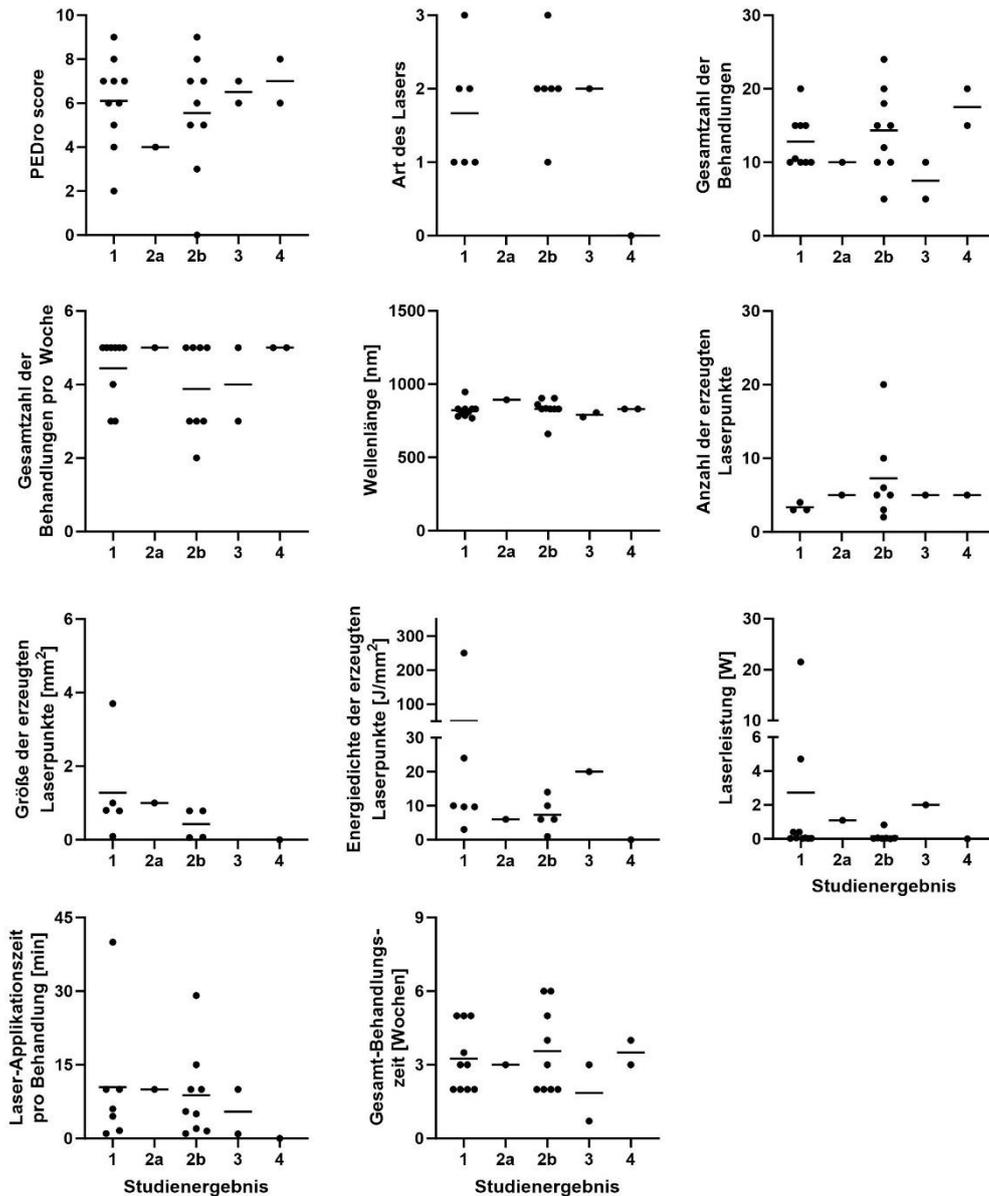


Abbildung 3.6 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.5.2 bis 4.3.5.4 und 4.3.5.7 bis 4.3.5.9 gelisteten Parameter zur Behandlung des Karpaltunnelsyndroms mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.6 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zum Tennisellenbogen

4.3.6.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation Tennisellenbogen insgesamt 21 Studien gelistet. Acht dieser 21 Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, vier Studien in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*), sieben Studien in Kategorie 3 (*gute Ergebnisse weder mit der Lasertherapie noch mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) und zwei Studien in Kategorie 4 (*gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie*).

4.3.6.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $6,4 \pm 1,3$ (Median = 6, Minimum = 4, Maximum = 9) (Daten von 21 Studien) (Tabelle 4.21).

4.3.6.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $10,5 \pm 2,4$ (Median = 10, Minimum = 6, Maximum = 15) (Daten von 21 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $3,5 \pm 1,2$ (Median = 3; Minimum = 1,5; Maximum = 5) (Daten von 20 Studien; in einer Studie fehlten die entsprechenden Angaben) (Tabelle 4.21).

4.3.6.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 4 / 12 / 1 der 21 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in 4 der 21 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.21).

Die mittlere Wellenlänge betrug 874 ± 97 nm (Median = 904 nm; Minimum = 633 nm; Maximum = 1064 nm) (Daten von 20 Studien) (Tabelle 4.21).

4.3.6.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $5,6 \pm 4,4$ Wochen statt (Median = 3 Wochen; Minimum = 1 Woche; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 21 Studien) (Tabelle 4.22).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $18,1 \pm 18,0$ Wochen (Median = 12 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 52 Wochen) (Daten von 21 Studien) (Tabelle 4.22).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $2,2 \pm 1,2$ (Median = 2; Minimum = 1; Maximum = 6) (Daten von 21 Studien) (Tabelle 4.22).

4.3.6.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $25,6 \pm 29,0$ (Median = 23, Minimum = 8, Maximum = 151) (Daten von 21 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $28,1 \pm 31,2$ (Median = 20; Minimum = 8; Maximum = 161) (Daten von 21 Studien) (Tabelle 4.23).

4.3.6.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkten

Lediglich in 13 der 21 Studien wurde die Anzahl der erzeugten Laserpunkte angegeben. Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $4,9 \pm 2,5$ (Median = 6; Minimum = 1; Maximum = 10) (Daten von 13 Studien) (Tabelle 4.23).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $4,7 \pm 7,9 \text{ cm}^2$ (Median = $3,25 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,002 \text{ cm}^2$; Maximum = 20 cm^2) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.23).

4.3.6.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $34,1 \pm 65,0 \text{ J/cm}^2$ (Median = $3,25 \text{ J/cm}^2$; Minimum = $1,0 \text{ J/cm}^2$; Maximum = 180 J/cm^2) (Daten von 14 Studien) (Tabelle 4.23).

Die mittlere Laserleistung betrug $679.000 \pm 3.000.000 \text{ mW}$ (Median = 35 mW; Minimum = 1,5 mW; Maximum = 3.000.000 mW) (Daten von 20 Studien) (Tabelle 4.23).

4.3.6.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $7,3 \pm 5,5$ Minuten (Median = 6 Minuten; Minimum = 0,52 Minuten; Maximum = 20 Minuten) (Daten von 15 Studien) (Tabelle 4.23).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $3,2 \pm 1,4$ Wochen (Median = 3 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 8 Wochen) (Daten von 21 Studien) (Tabelle 4.23).

4.3.6.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.6.2 bis 4.3.6.4 und 4.3.6.7 bis 4.3.6.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.6.2 bis 4.3.6.4 und 4.3.6.7 bis 4.3.6.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.7).

4.3.6.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Fünf der 21 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.24). Dementsprechend wurde eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung des Tennisellenbogens mit Lasertherapie durchgeführt.

Tabelle 4.21 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung des **Tennisellenbogens** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie; ¹⁾ Kontinuierlicher Modus und gleichzeitig eine Frequenz angegeben.

(Tabelle 4.21)

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	9	Roberts et al. (2013)	8	*	k	895	14	1	Ja
1	8	Vasseljen et al. (1992)	8	3	p	904	15	1	Ja
1	7	Dundar et al. (2015b)	15	5	p	1064	2	1; 13	Ja
1	7	Lam et al. (2007)	9	3	p	904	41	14	Ja
1	7	Stergioulas (2007) ¹⁾	12	1,5	k	904	16	15; 1	Ja
1	5	Haker und Lundeberg (1991a)	10	2,5	p	904	5	1	Ja
1	6	Celik et al. (2019)	12	3	p	904	16	69	Nein
1	5	Vasseljen (1992)	8	3	p	904	15	18	Nein
2b	6	Emanet et al. (2010)	15	5	p	905	42	1	Ja
2b	6	Oken et al. (2008)	10	5	*	632,8	*	16; 17	Nein
2b	5	Salli et al. (2016)	10	5	*	*	*	84	Nein
2b	4	Sharma et al. (2020)	12	3	p	904	89	85	Nein
3	8	Skorupska et al. (2012)	10	5	*	820	10	19; 21; 11	Nein
3	6	Papadopoulos et al. (1996)	6	3	p	820	43	1	Ja
3	8	Haker und Lundeberg (1991b)	10	2,5	p	768,4	5	1	Ja
3	5	Krasheninnikoff et al. (1994)	8	2	*	830	44	1	Ja
3	7	Lundeberg et al. (1987)	10	2	k + p	768,4	*	1; 22	Ja
3	7	Haker und Lundeberg (1990)	10	2,5	p	904	5	1	Ja
3	7	Basford et al. (2000)	12	3	k	1060	*	1	Ja
4	6	Tascioglu et al. (2003)	10	5	k	780	1	23	Nein
4	6	Baktir et al. (2019)	15	5	p	904	4	65; 66	Nein

Tabelle 4.22 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **Tennisellenbogens** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Studie	W1	W1,5	W2	W3	W4	W6	W7	W8	W9	W10	W12	W14	W16	W24	W27	W52
Roberts et al. (2013)											X			O		O
Vasseljen et al. (1992)				X			O								O	
Dundar et al. (2015b)					X						O					
Lam et al. (2007)	X		O	O		O										
Stergioulas (2007)								X					O			
Haker und Lundeberg (1991a)											X					O
Celik et al. (2019)											X					
Vasseljen (1992)				X			O									
Emanet et al. (2010)				X							O					
Oken et al. (2008)			X			O										
Salli et al. (2016)								X								
Sharma et al. (2020)					X											
Skorupska et al. (2012)		X														O
Papadopoulos et al. (1996)	X		O													
Haker und Lundeberg (1991b)											X			O		O
Krasheninnikoff et al. (1994)										X						
Lundeberg et al. (1987)			X		O	O		O		O	O					
Haker und Lundeberg (1990)											X					O
Basford et al. (2000)			X		O			O								
Tascioglu et al. (2003)			X													
Baktir et al. (2019)				X												

Tabelle 4.23 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **Tennisellenbogens** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie.

(Tabelle 4.23)

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Roberts et al. (2013)	8	8	2	7,65 cm ²	6,6 J/cm ²	10000 mW	5 Min	3
Vasseljen et al. (1992)	15	15	*	20 cm ²	3,5 J/cm ²	1,5 mW	10 Min	3
Dundar et al. (2015b)	31	31	*	0,2 cm ²	1,43 J/cm ²	3000 000 mW	15 Min	3
Lam et al. (2007)	21	18	3	0,12 cm ²	2,4 J/cm ²	25 W	0,54 Min	3
Stergioulas (2007)	25	25	6	0,5 cm ²	2.4 J/cm ²	40 mW	3 Min	8
Haker und Lundeberg (1991 a)	25	24	6	0,002 cm ²	180 J/cm ²	12 mW	3 Min	3
Celik et al. (2019)	23	20	6	0,5 cm ²	2,4 J/cm ²	40 mW	6 Min	4
Vasseljen (1992)	15	15	*	20 cm ²	3,5 J/cm ²	10 000 mW	*	3
Emanet et al. (2010)	25	25	2	*	1 J/cm ²	700 000 W	4 Min	3
Oken et al. (2008)	20	19,5	*	*	*	10 mW	10 Min	2
Salli et al. (2016)	31	34	*	*	78 J/cm ²	5000 W	12,5 Min	2
Sharma et al. (2020)	15	15	*	*	*	4156 mW	0,5 Min/P	2
Skorupska et al. (2012)	20	20	6	*	3 J/cm ²	200 mW	*	2
Papadopoulos et al. (1996)	15	16	1	*	*	5 mW	1 Min	2
Haker und Lundeberg (1991b)	29	29	*	*	*	4, 5 mW	2 Min/P	3-4
Krasheninnikoff et al. (1994)	18	18	*	0,282 cm ²	*	30 mW	*	4
Lundeberg et al. (1987)	19	19	10	*	*	8,1 mW	*	5
Haker und Lundeberg (1990)	23	26	6	0,002 cm ²	180 J/cm ²	12 mW	3 Min	3-4
Basford et al. (2000)	23	24	7	1,96 cm ²	12.24 J/cm ²	*	7 Min	4
Tascioglu et al. (2003)	30	30	5	*	1,5 J/cm ²	10 mW	10 Min	2
Baktir et al. (2019)	12	12,5	4	*	*	92500 mW	20 Min	3

Tabelle 4.24 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **Tennisellenbogens** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Roberts et al. (2013)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Vasseljen et al. (1992)	nein	SD nicht angegeben
Dundar et al. (2015b)	ja	
Lam et al. (2007)	ja	
Stergioulas (2007)	ja	
Haker und Lundeberg (1991a)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Celik et al. (2019)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Vasseljen (1992)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Emanet et al. (2010)	ja	
Oken et al. (2008)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Salli et al. (2016)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Sharma et al. (2020)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Skorupska et al. (2012)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Papadopoulos et al. (1996)	nein	Keine SD angegeben
Haker und Lundeberg (1991b)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Krashennikoff et al. (1994)	nein	Keine SD
Lundeberg et al. (1987)	nein	Keine SD
Haker und Lundeberg (1990)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Basford et al. (2000)	ja	
Tascioglu et al. (2003)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle; kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Baktir et al. (2019)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle

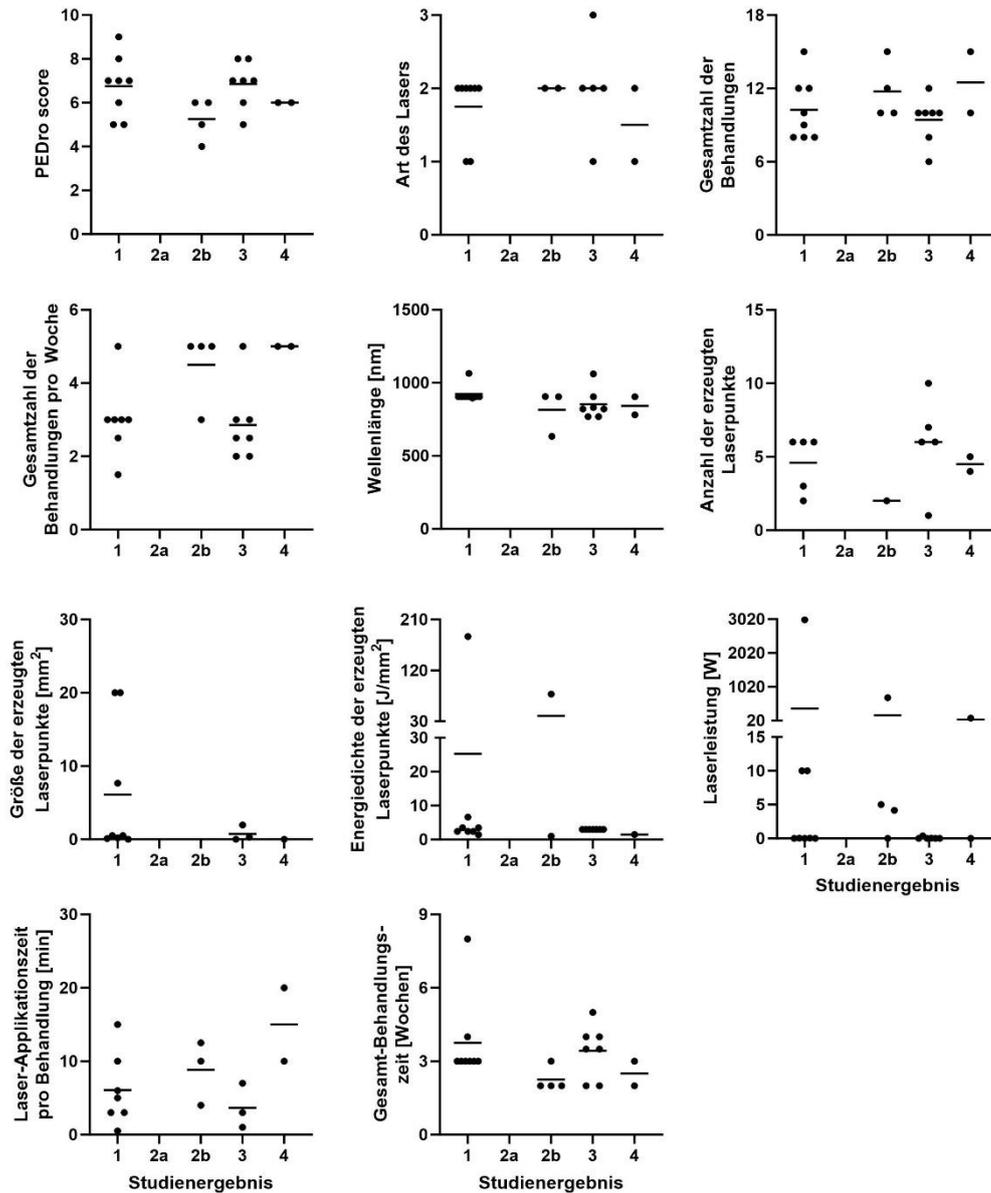


Abbildung 3.7 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.6.2 bis 4.3.6.4 und 4.3.6.7 bis 4.3.6.9 gelisteten Parameter zur Behandlung des **Tennisellenbogens** mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.7 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zum subakromialen Impingement

4.3.7.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation subakromiales Impingement insgesamt neun Studien gelistet. Drei dieser neun Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, eine Studie in Kategorie 2a (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Scheinbehandlung*), vier Studien in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*) und eine Studie in Kategorie 4 (*gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie*).

4.3.7.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $6,1 \pm 1,5$ (Median = 7, Minimum = 4, Maximum = 8) (Daten von 9 Studien) (Tabelle 4.25).

4.3.7.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $12,4 \pm 2,8$ (Median = 12,5, Minimum = 9, Maximum = 15) (Daten von 8 Studien; in einer Studie fehlten die entsprechenden Angaben); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $4,5 \pm 0,9$ (Median = 5; Minimum = 3; Maximum = 5) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.25).

4.3.7.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 2 / 6 / 0 der 9 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in einer der 9 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.25).

Die mittlere Wellenlänge betrug 949 ± 90 nm (Median = 904 nm; Minimum = 850 nm; Maximum = 1064 nm) (Daten von 9 Studien) (Tabelle 4.25).

4.3.7.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $3,1 \pm 1,3$ Wochen statt (Median = 3 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 6 Wochen) (Daten von 9 Studien) (Tabelle 4.26).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $9,6 \pm 9,1$ Wochen (Median = 4 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 24 Wochen) (Daten von 9 Studien) (Tabelle 4.26).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $1,7 \pm 0,9$ (Median = 1; Minimum = 1; Maximum = 3) (Daten von 9 Studien) (Tabelle 4.26).

4.3.7.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $28,8 \pm 10,9$ (Median = 34, Minimum = 15, Maximum = 45) (Daten von 9 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $27,7 \pm 10,5$ (Median = 26; Minimum = 15; Maximum = 45) (Daten von 9 Studien) (Tabelle 4.27).

4.3.7.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkten

Lediglich in 5 der 9 Studien wurde die Anzahl der erzeugten Laserpunkte angegeben. Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $6,2 \pm 2,7$ (Median = 5; Minimum = 5; Maximum = 11) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.27).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $0,28 \pm 0,35 \text{ cm}^2$ (Median = $0,13 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,07 \text{ cm}^2$; Maximum = $0,8 \text{ cm}^2$) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.27).

4.3.7.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $1,9 \pm 1,4 \text{ J/cm}^2$ (Median = $1,5 \text{ J/cm}^2$; Minimum = $0,6 \text{ J/cm}^2$; Maximum = 4 J/cm^2) (Daten von 6 Studien) (Tabelle 4.27).

Die mittlere Laserleistung betrug $8621 \pm 11.110 \text{ mW}$ (Median = 6000 mW ; Minimum = 6 mW ; Maximum = 27.000 mW) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.27).

4.3.7.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $13,3 \pm 16,1$ Minuten (Median = $7,3$ Minuten; Minimum = 2 Minuten; Maximum = 50 Minuten) (Daten von 9 Studien) (Tabelle 4.27).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $2,6 \pm 0,5$ Wochen (Median = 3 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 3 Wochen) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.27).

4.3.7.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.7.2 bis 4.3.7.4 und 4.3.7.7 bis 4.3.7.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.7.2 bis 4.3.7.4 und 4.3.7.7 bis 4.3.7.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.8).

4.3.7.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Drei der 9 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.28). Dementsprechend wurde eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung des subakromialen Impingements mit Lasertherapie durchgeführt.

Tabelle 4.25 | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung des **subakromialen Impingements** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	8	Santamato et al. (2009)	10	5	p	1064	19	11	Nein
1	7	Kibar et al. (2017)	15	5	k	850	6	1	Ja
1	6	Pekyavas et al. (2016)	15	3	p	1064	2	12; 80; 81	Nein
2a	7	Yeldan et al. (2009)	*	*	p	904	4	54	Ja
2b	7	Yavuz et al. (2014)	10	5	k	850	6	11	Nein
2b	7	Bal et al. (2009)	10	5	p	904	4	12	Nein
2b	5	Calis et al. (2011)	15	5	p	904	66	52; 53	Nein
2b	4	Kelle et al. (2014)	9	3	p	940	*	51	Ja
4	4	Badıl Güloğlu (2021)	15	5	*	1064	67	55	Nein

Tabelle 4.26 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **subakromialen Impingements** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Studie	W2	W3	W4	W6	W12	W15	W24
Santamoto et al. (2009)	X						
Kibar et al. (2017)			X				
Pekayavas et al. (2016)	X						
Yeldan et al. (2009)		X					
Yavuz et al. (2014)				X	O		O
Bal et al. (2009)	X				O		
Calis et al. (2011)		X					
Kelle et al. (2014)		X			O		O
Badıl Gülođlu (2021)		X			O		

Tabelle 4.27 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **subakromialen Impingements** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie;

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Santamato et al. (2009)	35	35	*	0,1963 cm ²	0,76 J/ cm ²	6000 mW	10 Min	2
Kibar et al. (2017)	36	37	11	0,07 cm ²	4 J/ cm ²	*	7,26 Min	3
Pekayavas et al. (2016)	19	17	*	*	0,61 J/ cm ²	*	30 Min	*
Yeldan et al. (2009)	34	26	5	*	*	*	8 Min	3
Yavuz et al. (2014)	16	15	5	0,07 cm ²	3 J/ cm ²	100 mW	5 Min	2
Bal et al. (2009)	22	22	5	0,8 cm ²	*	27000 mW	50 Min	2
Calis et al. (2011)	15	18,5	*	*	1 J/ cm ²	6 mW	2 Min	3
Kelle et al. (2014)	45	45	*	*	2 J/ cm ²	*	2,5 Min	3
Badıl Gülođlu (2021)	37	34	5	*	*	10 000 mW	5 Min	3

Tabelle 4.28 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **subakromialen Impingements** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Santamato et al. (2009)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Kibar et al. (2017)	ja	
Pekyavas et al. (2016)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Yeldan et al. (2009)	ja	
Yavuz et al. (2014)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Bal et al. (2009)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Calis et al. (2011)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Kelle et al. (2014)	ja	
Badıl Gülođlu (2021)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle

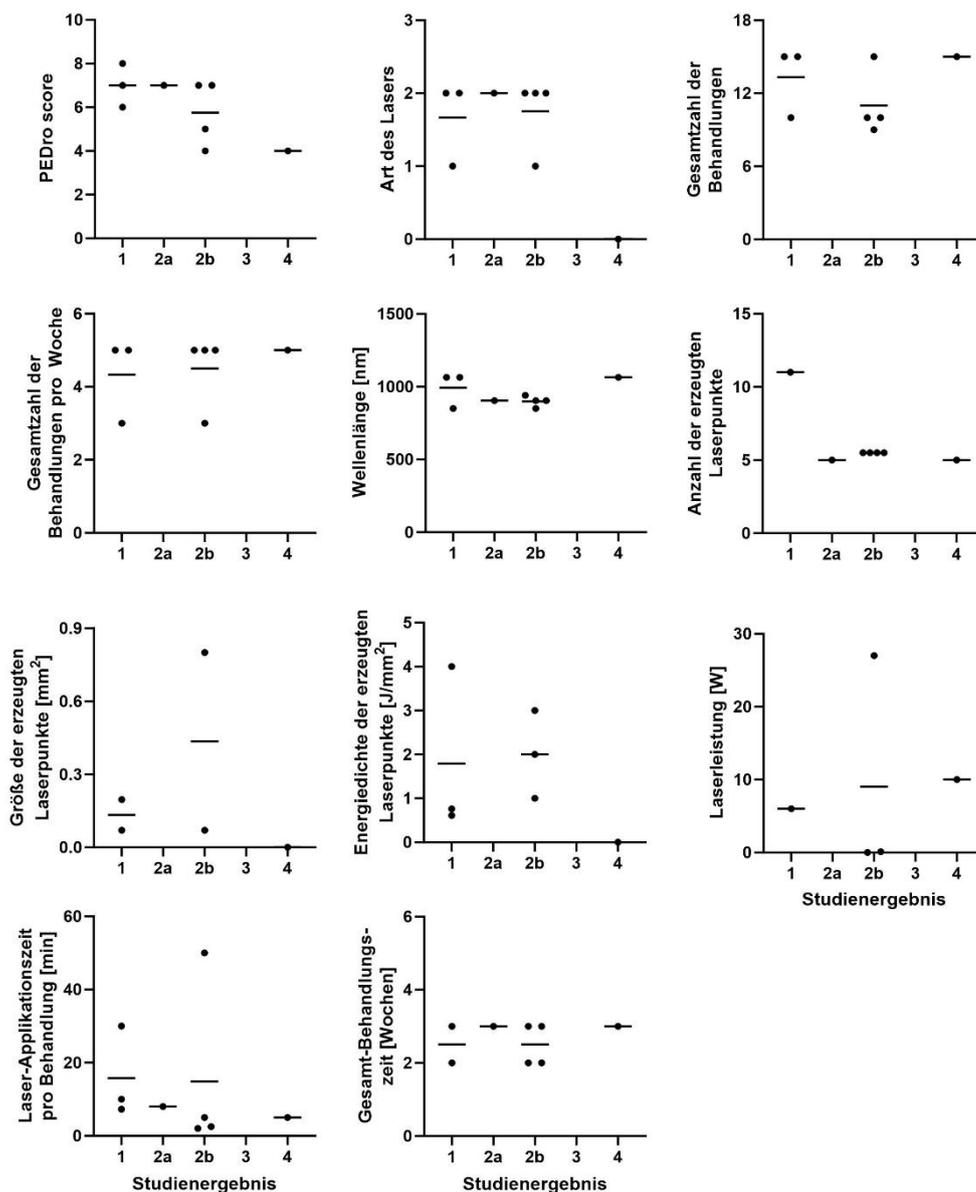


Abbildung 3.8 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.7.2. bis 4.3.7.4. und 4.3.7.7. bis 4.3.7.9. gelisteten Parameter zur Behandlung des **subakromialen Impingements** mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.8 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zur Tendinopathie der Supraspinatussehne

4.3.8.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation Tendinopathie der Supraspinatussehne insgesamt fünf Studien gelistet. Drei dieser fünf Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, und zwei Studien in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*).

4.3.8.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $6,6 \pm 2,8$ (Median = 8, Minimum = 2, Maximum = 9) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.29).

4.3.8.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $10 \pm 3,7$ (Median = 9, Minimum = 6, Maximum = 16) (Daten von 5 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $2,8 \pm 0,5$ (Median = 3; Minimum = 2; Maximum = 3) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.29).

4.3.8.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 1 / 3 / 0 der 5 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in einer der 5 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.29).

Die mittlere Wellenlänge betrug 841 ± 36 nm (Median = 830 nm; Minimum = 820 nm; Maximum = 904 nm) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.29).

4.3.8.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $2,6 \pm 0,6$ Wochen statt (Median = 3 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 3 Wochen) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.30).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $4,8 \pm 3,0$ Wochen (Median = 3 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 8 Wochen) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.30).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $1,8 \pm 1,3$ (Median = 1; Minimum = 1; Maximum = 4) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.30).

4.3.8.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $15,2 \pm 5,5$ (Median = 10, Minimum = 12, Maximum = 23) (Daten von 5 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $14,2 \pm 4,4$ (Median = 10; Minimum = 12; Maximum = 21) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.31).

4.3.8.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkten

Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $2,5 \pm 1,7$ (Median = 2; Minimum = 1; Maximum = 5) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.31).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $0,1 \pm 0,04 \text{ cm}^2$ (Median = $0,1 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,07 \text{ cm}^2$; Maximum = $0,13 \text{ cm}^2$) (Daten von 2 Studien; in 3 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht) (Tabelle 4.31).

4.3.8.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $20,3 \pm 16,7 \text{ J/cm}^2$ (Median = 30 J/cm^2 ; Minimum = 1 J/cm^2 ; Maximum = 30 J/cm^2) (Daten von 3 Studien) (Tabelle 4.31).

Die mittlere Laserleistung betrug $30,6 \pm 17,5 \text{ mW}$ (Median = 3 mW ; Minimum = 30 mW ; Maximum = 50 mW) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.31).

4.3.8.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $4,9 \pm 3,7$ Minuten (Median = 4 Minuten; Minimum = 1,5 Minuten; Maximum = 10 Minuten) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.31).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $3,9 \pm 2,4$ Wochen (Median = 3 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 8 Wochen) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.31).

4.3.8.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.8.2 bis 4.3.8.4 und 4.3.8.7 bis 4.3.8.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.8.2 bis 4.3.8.4 und 4.3.8.7 bis 4.3.8.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.9).

4.3.8.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Keine der 5 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.32). Dementsprechend wurde auf eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung der Tendinopathie der Supraspinatussehne mit Lasertherapie verzichtet.

Tabelle 4.29 | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung der **Tendinopathie der Supraspinatussehne** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

E	P	Studie	B	B/Wo	A	WL [nm]	G	K	M
1	9	Saunders (1995)	9	3	p	820	30	1	Ja
1	6	England et al. (1989)	6	3	p	904	*	1; 58	Ja
1	2	Saunders (2003)	9	3	p	820	*	11; 59	Nein
2b	8	Otadi et al. (2012)	10	3	*	830	1	34	Nein
2b	8	Vecchio et al. (1993)	16	2	k	830	70	1	Ja

Tabelle 4.30 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Tendinopathie der Supraspinatussehne** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Studie	W2	W3	W4	W6	W8
Saunders (1995)		X			
England et al. (1989)	X				
Saunders (2003)		X			
Otadi et al. (2012)			X		O
Vecchio et al. (1993)	X		O	O	O

Tabelle 4.31 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Tendinopathie der Supraspinatussehne** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie; nur Zeitspanne als Behandlungszeit angegeben

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Saunders (1995)	12	12	2	*	30 J/cm ²	40 mW	3 Min	3
England et al. (1989)	10	10	1	*	*	3 mW	5 Min	2
Saunders (2003)	12	12	2	*	30 J/cm ²	50 mW	1,5 Min	3
Otadi et al. (2012)	23	21	*	0,125 cm ²	1 J/cm ²	30 mW	*	3,5
Vecchio et al. (1993)	19	16	5	0,07 cm ²	*	30 mW	10 Min	8

Tabelle 4.32 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Tendinopathie der Supraspinatussehne** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Saunders (1995)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
England et al. (1989)	nein	Keine SD
Saunders (2003)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Otadi et al. (2012)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Vecchio et al. (1993)	nein	Keine SD

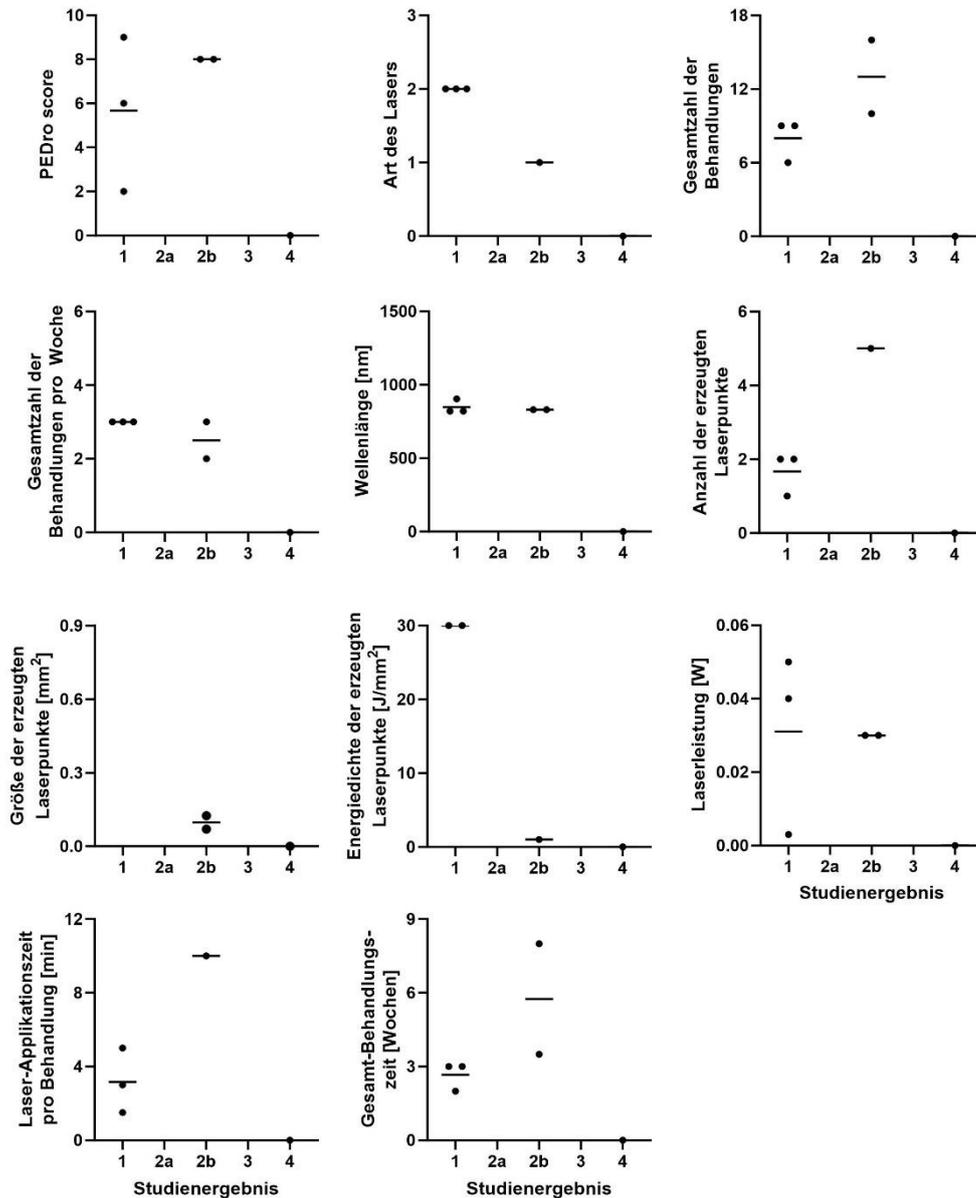


Abbildung 3.9 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.8.2 bis 4.3.8.4 und 4.3.8.7 bis 4.3.8.9 gelisteten Parameter zur Behandlung der Tendinopathie der Supraspinatussehne mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.9 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zum unspezifischen Schulterschmerz

4.3.9.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation unspezifischer Schulterschmerz insgesamt acht Studien gelistet. Fünf dieser acht Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, eine Studie in Kategorie 2a (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Scheinbehandlung*) und zwei Studien in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*).

4.3.9.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $6,6 \pm 1,9$ (Median = 7, Minimum = 3, Maximum = 9) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.33).

4.3.9.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $9,9 \pm 4,2$ (Median = 10, Minimum = 1, Maximum = 14) (Daten von 7 Studien; in einer Studie wurde die Gesamtzahl von Behandlungen nicht angegeben); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $4,1 \pm 2,0$ (Median = 4; Minimum = 1,5; Maximum = 7) (Daten von 6 Studien; in einer Studie erfolgte lediglich eine Behandlung) (Tabelle 4.33).

4.3.9.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 3 / 3 / 1 der 8 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in 1 der 8 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.33).

Die mittlere Wellenlänge betrug 862 ± 172 nm (Median = 860 nm; Minimum = 520 nm; Maximum = 1064 nm) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.33).

4.3.9.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $2,4 \pm 1,7$ Wochen statt (Median = 2,5 Wochen; Minimum = 13 Minuten; Maximum = 4 Wochen) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.34).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $7,0 \pm 8,7$ Wochen (Median = 3,5 Wochen; Minimum = 2 Tage; Maximum = 25 Wochen) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.34).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $1,9 \pm 1,0$ (Median = 1,5; Minimum = 1; Maximum = 3) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.34).

4.3.9.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $45,9 \pm 28,1$ (Median = 35,5, Minimum = 20, Maximum = 100) (Daten von 8 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $45,9 \pm 28,0$ (Median = 36; Minimum = 20; Maximum = 100) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.35).

4.3.9.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkte

Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $8,6 \pm 5,3$ (Median = 8; Minimum = 3; Maximum = 19) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.35).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $1,1 \pm 1,2 \text{ cm}^2$ (Median = $0,8 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,092 \text{ cm}^2$; Maximum = $3,14 \text{ cm}^2$) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.35).

4.3.9.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $13,6 \pm 21,5 \text{ J/cm}^2$ (Median = $3,6 \text{ J/cm}^2$; Minimum = $1,4 \text{ J/cm}^2$; Maximum = 60 J/cm^2) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.35).

Die mittlere Laserleistung betrug $47.100 \pm 122.500 \text{ mW}$ (Median = 3800 mW; Minimum = 7,5 mW; Maximum = 350.000 mW) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.35).

4.3.9.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $7,7 \pm 4,1$ Minuten (Median = 5,9 Minuten; Minimum = 4 Minuten; Maximum = 15 Minuten) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.35).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $3,2 \pm 2,3$ Wochen (Median = 2 Wochen; Minimum = 1 Woche; Maximum = 8 Wochen) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.35).

4.3.9.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.9.2 bis 4.3.9.4 und 4.3.9.7 bis 4.3.9.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.9.2 bis 4.3.9.4 und 4.3.9.7 bis 4.3.9.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.10).

4.3.9.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Vier der 8 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.36). Dementsprechend wurde eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung von unspezifischen Schulterschmerzen mit Lasertherapie durchgeführt.

Tabelle 4.33 | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung von **unspezifischen Schulterschmerzen** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	9	Abrisham et al. (2011)	10	5	p	890	69	14	Ja
1	8	Stergioulas et al. (2008)	12	1,5	k	810	11	1	Ja
1	7	Eslamian et al. (2012)	*	*	k	830	1	56	Ja
1	5	Elsodany et al. (2018)	12	3	p	1064	2	14	Ja
1	3	Silverman et al. (2019)	1	1	*	520	91	1	Nein
2a	8	Bingöl et al. (2005)	10	5	p	904	4	14	Ja
2b	7	Montes-Molina et al. (2012)	10	3	k	810	23	57	Nein
2b	6	Metin Ökmen et al. (2017)	14	7	p; k	1064	2	78	Nein

Tabelle 4.34 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung von **unspezifischen Schulterschmerzen** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Anmerkung: * = keine entsprechende Angabe in der Studie

Studie	Min 13	D1	D2	W2	W3	W4	W8	W16	W25
Abrisham et al. (2011)				X					
Stergioulas et al. (2008)						X	O	O	
Eslamian et al. (2012)					X				
Elsodany et al. (2018)						X		O	O
Silverman et al. (2019)	X	O	O						
Bingöl et al. (2005)				X					
Montes-Molina et al. (2012)						X			
Metin Ökmen et al. (2017)		X				O			

Tabelle 4.35 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung von **unspezifischen Schulterschmerzen** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Abrisham et al. (2011)	40	40	3	*	3 J/ cm ²	8500 mW	6 Min	2
Stergioulas et al. (2008)	31	32	8	*	3,6 J/ cm ²	60 mW	4 Min	8
Eslamian et al. (2012)	25	25	10	1 cm ²	4 J/ cm ²	100 mW	5 Min	*
Elsodany et al. (2018)	30	30	10	0,2 cm ²	20 J/ cm ²	10,500 mW	15 Min	4
Silverman et al. (2019) ¹⁾	44	43	19	*	*	7,5 mW	13 Min	1
Bingöl et al. (2005)	20	20	5	0,8 cm ²	2,98 J/ cm ²	350000 W	5 Min	2
Montes-Molina et al. (2012)	100	100	5	0,092 cm ²	1,4 J/ cm ²	100 mW	5,8 Min	3-4
Metin Ökmen et al. (2017)	77	77	*	3,14 cm ²	60 J/ cm ²	7500 mW;	8 Min	2

Tabelle 4.36 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung von **unspezifischen Schulterschmerzen** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Abrisham et al. (2011)	ja	
Stergioulas et al. (2008)	ja	
Eslamian et al. (2012)	ja	
Elsodany et al. (2018)	ja	
Silverman et al. (2019)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Bingööl et al. (2005)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Montes-Molina et al. (2012)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Metin Ökmen et al. (2017)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle

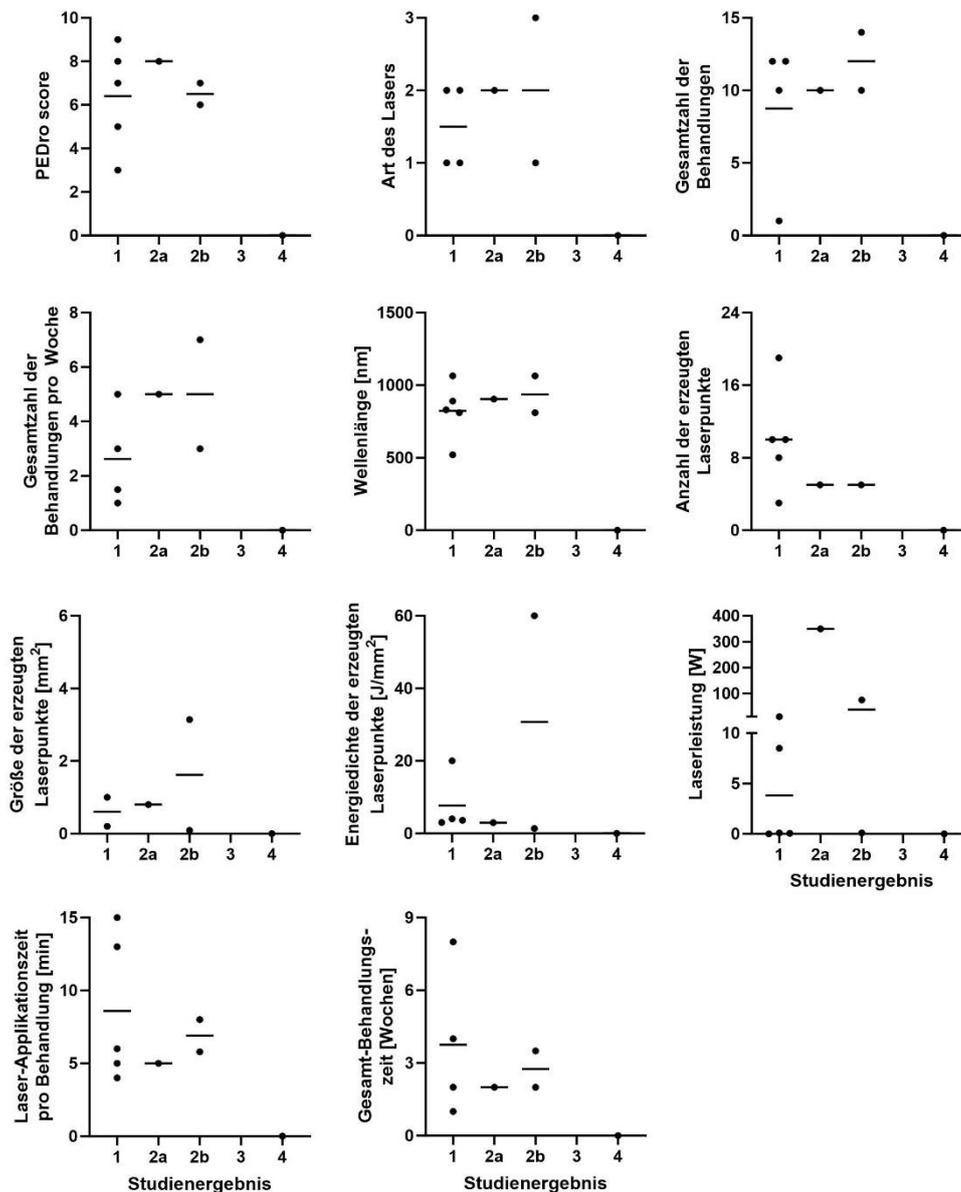


Abbildung 3.10 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.9.2 bis 4.3.9.4 und 4.3.9.7 bis 4.3.9.9 gelisteten Parameter zur Behandlung des unspezifischen Schulterschmerz mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.10 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zu unspezifischen, lumbalen Rückenschmerzen

4.3.10.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation unspezifische, lumbale Rückenschmerzen insgesamt 31 Studien gelistet. Zwölf dieser 31 Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, vier Studien in Kategorie 2a (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Scheinbehandlung*), elf Studien in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*), eine Studie in Kategorie 3 (*gute Ergebnisse weder mit der Lasertherapie noch mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) und drei Studien in Kategorie 4 (*gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie*).

4.3.10.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $6,1 \pm 2,1$ (Median = 6, Minimum = 2, Maximum = 10) (Daten von 31 Studien) (Tabelle 4.37).

4.3.10.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $11,6 \pm 5,1$ (Median = 12, Minimum = 1, Maximum = 24) (Daten von 30 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $3,7 \pm 1,5$ (Median = 1; Minimum = 3; Maximum = 7,5) (Daten von 29 Studien; in einer Studie erfolgte lediglich eine Behandlung und in einer weiteren Studie fehlten die entsprechenden Angaben) (Tabelle 4.37).

4.3.10.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 11 / 12 / 2 der 31 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in 6 der 31 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.37).

Die mittlere Wellenlänge betrug 892 ± 121 nm (Median = 850 nm; Minimum = 660 nm; Maximum = 1064 nm) (Daten von 25 Studien) (Tabelle 4.37).

4.3.10.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $3,7 \pm 2,7$ Wochen statt (Median = 3 Wochen; Minimum = 15 Minuten; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 29 Studien; in zwei Studien wurden keine Angaben zum Zeitpunkt der Untersuchungen nach Behandlungsbeginn gemacht) (Tabelle 4.38).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $12,3 \pm 15,1$ Wochen (Median = 6 Wochen; Minimum = 1 Tag; Maximum

= 52 Wochen) (Daten von 29 Studien) (Tabelle 4.38).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $2,1 \pm 1,5$ (Median = 2; Minimum = 1; Maximum = 7) (Daten von 29 Studien) (Tabelle 4.38).

4.3.10.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $31,7 \pm 33,6$ (Median = 21, Minimum = 10, Maximum = 182) (Daten von 31 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $31,5 \pm 33,7$ (Median = 22; Minimum = 10; Maximum = 182) (Daten von 31 Studien) (Tabelle 4.39).

4.3.10.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkte

Lediglich in 18 der 31 Studien wurde die Anzahl der erzeugten Laserpunkte angegeben. Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $7,2 \pm 3,3$ (Median = 8; Minimum = 2; Maximum = 13) (Daten von 18 Studien) (Tabelle 4.39).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $10,5 \pm 26,1 \text{ cm}^2$ (Median = $0,8 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,007 \text{ cm}^2$; Maximum = 120 cm^2) (Daten von 23 Studien) (Tabelle 4.39).

4.3.10.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $57,7 \pm 159 \text{ J/cm}^2$ (Median = $15,5 \text{ J/cm}^2$; Minimum = $0,7 \text{ J/cm}^2$; Maximum = 760 J/cm^2) (Daten von 22 Studien) (Tabelle 4.39).

Die mittlere Laserleistung betrug $139.700 \pm 638.900 \text{ mW}$ (Median = 110 mW; Minimum = 2 mW; Maximum = 3.000.000 mW) (Daten von 22 Studien) (Tabelle 4.39).

4.3.10.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $9,8 \pm 7,5$ Minuten (Median = 8,5 Minuten; Minimum = 0,9 Minuten; Maximum = 30 Minuten) (Daten von 26 Studien) (Tabelle 4.39).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $4,0 \pm 2,3$ Wochen (Median = 4 Wochen; Minimum = 1 Woche; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.39).

4.3.10.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.10.2 bis 4.3.10.4 und 4.3.10.7 bis 4.3.10.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.10.2 bis 4.3.10.4 und 4.3.10.7 bis 4.3.10.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.11).

4.3.10.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Zehn der 31 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.40). Dementsprechend wurde eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung des unspezifischen lumbalen Rückenschmerzes mit Lasertherapie durchgeführt.

Tabelle 4.37 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung von **unspezifischen lumbalen Rückenschmerzen** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie; ¹⁾ = Behandlungsergebnis längerfristig rückläufig; ²⁾ = unterschiedliche Angaben (sowohl "zwei Behandlungen pro Woche" als auch "drei Behandlungen pro Woche"; Gesamtdauer vier Wochen).

(Tabelle 4.37)

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	10	Konstantinovic et al. (2010a)	15	5	p	904	18	24; 25	Ja
1	8	Abdelbasset et al. (2020b)	18	3	k	1064	*	1	Ja
1	8	Fiore et al. (2011)	15	5	p	1064	19	11	Nein
1	8	Djavid et al. (2007)	12	2	k	810	*	26; 14	Ja
1	7	Basford et al. (1999) ¹⁾	12	3	k	1060	*	1	Ja
1	7	Soriano und Rios (1998)	10	5	p	904	*	1	Ja
1	5	Vallone et al. (2014)	9	3	k	980	46	14	Ja
1	5	Alayat et al. (2014)	12	3	p	1064	2	14	Ja
1	4	Kreczi und Klingler (1986)	1	*	p	*	47	1	Ja
1	3	Kholoosy et al. (2020)	12	3	k	808	82	1	Ja
1	3	Choi et al. (2017)	12	3	*	*	75	79	Nein
1	3	Al Timimi et al. (2010) ²⁾	12	3	k	670	*	14	Ja
2a	8	Lin et al. (2017)	5	5	p	808	28	76	Ja
2a	7	Ay et al. (2010)	15	5	p	850	6	28; 29; 30	Ja
2a	7	Klein und Eek (1990)	12	3	p	904	48	14	Ja
2a	4	Lin et al. (2012)	1	1	p	808	28	33	Ja
2b	10	Glazov et al. (2014)	6,5	1	k	840	*	1; 27	Nein
2b	9	Glazov et al. (2009)	7,5	7,5	*	830	20	1	Ja
2b	8	Shin et al. (2015)	3	3	p	660	90	1	Ja
2b	7	Tantawy et al. (2019)	16	2	k	808	93	12; *	Nein
2b	7	Koldaş Doğan et al. (2017)	15	5	k	816,25	6	32	Nein
2b	6	Abdelbasset et al. (2020a)	24	2	p; k	957	3	32	Nein
2b	6	Rubira et al. (2019)	10	2,5	p	904	78	11	Nein
2b	6	Unlu et al. (2008)	15	5	k	830	1	31; 11	Nein
2b	5	Gur et al. (2003b)	20	5	p	*	8	12; 32	Nein
2b	3	Boyraz et al. (2015)	10	5	*	1064	29	34; 35	Nein
2b	2	Bertocco et al. (2002)	*	*	*	*	*	12	Nein
3	6	Taradaj et al. (2019)	15	5	k	1064	10	32	Ja
4	7	Nambi et al. (2018)	12	3	*	830	*	*	*
4	5	Kolu et al. (2018)	10	5	p; k	*	3	75	Nein
4	5	Monticone et al. (2004)	10	5	*	*	*	36	Nein

Tabelle 4.38 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **unspezifischen lumbalen Rückenschmerzes** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Anmerkung: * = keine entsprechende Angabe in der Studie;

(Tabelle 4.38)

Studie	M 1 5	H 1	H 6	T1	T2	T3	T4	T5	W 1	W 2	W 3	W 4	W 6	W 7	W 8	W 12	W 13	W 15	W 16	W 20	W 24	W 52
Konstantinovic et al. (2010a)											X											
Abdelbasset et al. (2020a)													X									
Fiore et al. (2011)											X											
Djavid et al. (2007)													X			O						
Basford et al. (1999)										X		O										
Soriano und Rios (1998)										X		O			O	O			O	O	O	
Vallone et al. (2014)*																						
Alayat et al. (2014)												X				O						
Kreczi und Klingler (1986)	X	O	O	O																		
Kholoosy et al. (2020)															X				O			
Choi et al. (2017)												X										
al Timimi et al. (2010)												X										
Lin et al. (2017)				X	O	O	O	O														
Ay et al. (2010)											X											
Klein und Eek (1990)														X								
Lin et al. (2012)				X	O	O	O	O														
Glazov et al. (2014)									X				O								O	O
Glazov et al. (2009)									X				O								O	
Shin et al. (2015)				X					O													
Tantawy et al. (2019)															X							
Koldaş Doğan et al. (2017)											X											
Abdelbasset et al. (2020b)																X						
Rubira et al. (2019)												X										
Unlu et al. (2008)											X			O				O				
Gur et al. (2003b)												X										
Boyraz et al. (2015)										X						O						
Bertocco et al. (2002)*																						
Taradaj et al. (2019)											X						O					
Nambi et al. (2018)												X									O	O
Kolu et al. (2018)										X			O									
Monticone et al. (2004)										X											O	O

Tabelle 4.39 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **unspezifischen lumbalen Rückenschmerzes** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie; ¹⁾ = Crossover Studie.

(Tabelle 4.39)

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Konstantinovic et al. (2010a)	182	182	4	0,78 cm ²	3 J/cm ²	100 mW	2,5 Min	3
Abdelbasset et al. (2020a)	18	18	*	*	70,5 J/cm ²	7000 mW	0,875 Min	6
Fiore et al. (2011)	15	15	*	0,196 cm ²	0,76 J/ cm ²	6000 mW	10 Min	3
Djavid et al. (2007)	21	11	8	0,22 cm ²	27 J/ cm ²	50 mW	20 Min	6
Basford et al. (1999)	27	29	8	4,9 cm ²	*	*	1,5 Min	4
Soriano und Rios (1998)	38	33	*	*	4 J/cm ²	20000 mW	*	2
Vallone et al. (2014)	50	50	6	32 cm ²	37,5 J/cm ²	20000 mW	6 Min	3
Alayat et al. (2014)	28	22	8	0,2 cm ²	0,71 J/cm ²	3000000 mW	1,84 Min	4
Kreczi und Klingler (1986) ¹⁾	21	21	12	0,017 cm ²	*	2 mW	6 Min	*
Kholoosy et al. (2020)	20	20	12	1 cm ²	3 J/cm ²	160 mW	6 Min	4
Choi et al. (2017)	10	10	*	*	1,378 J/cm ²	*	*	4
al Timimi et al. (2010)	25	27,5	6	0,22 cm ²	40 J/cm ²	10 mW	20 Min	4
Lin et al. (2017)	20	20	2	*	15 J/cm ²	40 mW	10 Min	5
Ay et al. (2010)	20	20	3	0,07 cm ²	40 J/cm ²	*	12Min	3
Klein und Eek (1990)	10	10	10	1 cm ²	1,3 J/cm ²	*	20 Min	4
Lin et al. (2012)	28	29	4	0,8 cm ²	15 J/cm ²	40 mW	10 Min	*
Glazov et al. (2014)	48	48	9	*	*	20 mW	15 Min	6,5
Glazov et al. (2009)	50	50	8	*	*	10 mW	2,64 Min	1
Shin et al. (2015)	28	28	13	0,04 cm ²	*	*	3 Min	1
Tantawy et al. (2019)	15	15	8	0,22 cm ²	17,05 J/cm ²	25 mW	20 Min	8
Koldaş Doğan et al. (2017)	20	29	*	0,07 cm ²	6,5 J/cm ²	180 mW	14 Min	3
Abdelbasset et al. (2020b)	20	20	*	1 cm ²	80,5 J/cm ²	6400 W	30 Min	12
Rubira et al. (2019)	29	27,33	6	0,13 cm ²	3J/cm ²	40 mW	7,5 Min	4
Unlu et al. (2008)	20	20	2	0,007 cm ²	*	*	8 Min	3
Gur et al. (2003b)	25	25	*	1 cm ²	1 J/cm ²	4 mW		4
Boyras et al. (2015)	20	22,5	*	120 cm ²	*	3800 mW	14 Min	2
Bertocco et al. (2002)	11	10	*	*	*	*	*	*
Taradaj et al. (2019)	17	17	*	30cm ²	60 J/cm ²	*	9 Min	3
Nambi et al. (2018)	110	110	*	1 cm ²	16 J/cm ²	120 mW	1,1 Min	4
Kolu et al. (2018)	27	27	*	25 cm ²	66 J/cm ²	8500 mW	5 Min	2
Monticone et al. (2004)	11	11	*	*	*	*	*	2

Tabelle 4.40 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **unspezifischen lumbalen Rückenschmerzes** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

(Tabelle 4.40)

Studie	M	Begründung
Konstantinovic et al. (2010a)	nein	Keine SD
Abdelbasset et al. (2020a)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Fiore et al. (2011)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Djavid et al. (2007)	ja	
Basford et al. (1999)	nein	Keine SD
Soriano und Rios (1998)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Vallone et al. (2014)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Alayat et al. (2014)	ja	
Kreczi und Klingler (1986)	ja	
Kholoosy et al. (2020)	ja	
Choi et al. (2017)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
al Timimi et al. (2010)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Lin et al. (2017)	ja	
Ay et al (2010)	ja	
Klein und Eek (1990)	ja	
Lin et al. (2012)	ja	
Glazov et al. (2014)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Glazov et al. (2009)	nein	Keine SD
Shin et al. (2015)	ja	
Tantawy et al. (2019)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Koldaş Doğan et al. (2017)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Abdelbasset et al. (2020b)	ja	
Rubira et al. (2019)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Unlu et al. (2008)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle; kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS)
Gur et al. (2003b)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Boyraz et al. (2015)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Bertocco et al. (2002)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Taradaj et al. (2019)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges im Verlauf verwendet
Nambi et al. (2018)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Kolu et al. (2018)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Monticone et al. (2004)	nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle

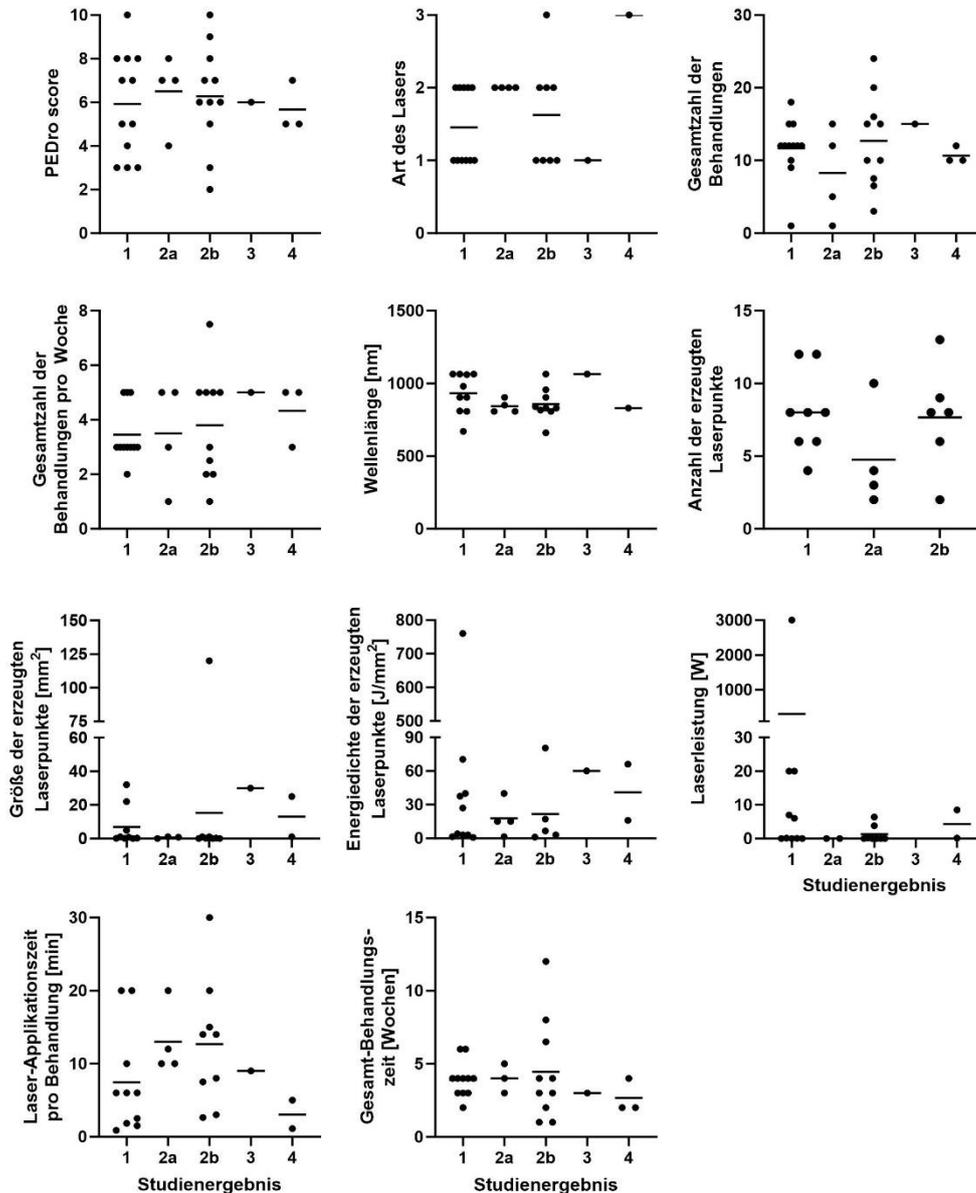


Abbildung 3.11 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.10.2 bis 4.3.10.4 und 4.3.10.7 bis 4.3.10.9 gelisteten Parameter zur Behandlung des unspezifischen, lumbalen Rückenschmerzes mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.11 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zu unspezifischen Nackenschmerzen

4.3.11.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation unspezifische Nackenschmerzen insgesamt acht Studien gelistet. Vier dieser acht Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, und vier Studien in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*).

4.3.11.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $7,4 \pm 2,2$ (Median = 7, Minimum = 4, Maximum = 10) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.41).

4.3.11.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $12,9 \pm 4,1$ (Median = 13, Minimum = 6, Maximum = 20) (Daten von 8 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $3,1 \pm 1,6$ (Median = 2; Minimum = 2; Maximum = 5) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.41).

4.3.11.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 3 / 5 / 0 der 8 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet (Tabelle 4.41).

Die mittlere Wellenlänge betrug 907 ± 102 nm (Median = 867 nm; Minimum = 830 nm; Maximum = 1064 nm) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.41).

4.3.11.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $4,6 \pm 2,1$ Wochen statt (Median = 5 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 7 Wochen) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.42).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $9,4 \pm 8,3$ Wochen (Median = 6 Wochen; Minimum = 3 Wochen; Maximum = 28 Wochen) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.42).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $2,3 \pm 2,1$ (Median = 1,5; Minimum = 1; Maximum = 7) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.42).

4.3.11.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $27,4 \pm 11,1$ (Median = 25,5, Minimum = 10, Maximum = 45) (Daten von 8 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $27,3 \pm 10,9$ (Median = 25,5; Minimum = 10; Maximum = 45) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.43).

4.3.11.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkten

Lediglich in 4 der 8 Studien wurde die Anzahl der erzeugten Laserpunkte angegeben. Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $6,3 \pm 2,4$ (Median = 7; Minimum = 3; Maximum = 8) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.43).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $0,3 \pm 0,3 \text{ cm}^2$ (Median = $0,20 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,02 \text{ cm}^2$; Maximum = 1 cm^2) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.43).

4.3.11.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $12,9 \pm 20,8 \text{ J/cm}^2$ (Median = 5 J/cm^2 ; Minimum = $1,2 \text{ J/cm}^2$; Maximum = 50 J/cm^2) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.43).

Die mittlere Laserleistung betrug $378.200 \pm 1.059.000 \text{ mW}$ (Median = 550 mW ; Minimum = 25 mW ; Maximum = $3.000.000 \text{ mW}$) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.43).

4.3.11.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $9,6 \pm 8,3$ Minuten (Median = 12 Minuten; Minimum = 0,83 Minuten; Maximum = 19 Minuten) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.43).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $4,8 \pm 2,0$ Wochen (Median = 5 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 7 Wochen) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.43).

4.3.11.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.11.2 bis 4.3.11.4 und 4.3.11.7 bis 4.3.11.9. gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.11.2 bis 4.3.11.4 und 4.3.11.7 bis 4.3.11.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.12).

4.3.11.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Lediglich 2 der 8 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.44). Dementsprechend wurde auf eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung des unspezifischen Nackenschmerzes mit Lasertherapie verzichtet.

Tabelle 4.41 | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung des **unspezifischen Nackenschmerzes** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	10	Konstantinovic et al. (2010b)	15	5	p	905	18	1	Ja
1	10	Chow et al. (2006)	14	2	k	830	23	1	Ja
1	9	Chow et al. (2004)	14	2	k	830	23	1	Ja
1	7	Soriano et al. (1996)	10	5	p	904	*	1	Ja
2b	7	Alayat et al. (2017)	12	2	p	830	96	14	Ja
2b	7	Saayman et al. (2011)	6	2	k	830	88	82; 83	Nein
2b	5	Yilmaz et al. (2020)	20	5	p	1064	3	50	Nein
2b	4	Alayat et al. (2016)	12	2	p	1064	2	14	Ja

Tabelle 4.42 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **unspezifischen Nackenschmerzes** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Studie	W2	W3	W4	W6	W7	W8	W12	W16	W20	W28
Konstantinovic et al. (2010b)		X								
Chow et al. (2006)					X		O			
Chow et al. (2004)					X		O			
Soriano et al. (1996)	X		O			O	O	O	O	O
Alayat et al. (2017)				X						
Saayman et al. (2011)	X	O	O							
Yilmaz et al. (2020)			X							
Alayat et al. (2016)				X						

Tabelle 4.43 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **unspezifischen Nackenschmerzes** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie.

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Konstantinovic et al. (2010b)	30	30	6	1 cm ²	2 J/cm ²	25 mW	12 Min	3
Chow et al. (2006)	45	45		0,45 cm ²	*	300 mW		7
Chow et al. (2004)	10	10		0,45 cm ²	*	300 mW		7
Soriano et al. (1996)	40	39	*	0,0015 cm ²	*	40 mW	*	2
Alayat et al. (2017)	25	25	8	0,196 cm ²	50 J/cm ²	800 mW	19,04 Min	6
Saayman et al. (2011)	20	20	3	0,125 cm ²	6,565 J/cm ²	16500mW	0,83 Min	3
Yilmaz et al. (2020)	23	23	*	0,196 cm ²	5 J/cm ²	8000 mW	1,02 Min	4
Alayat et al. (2016)	26	26	8	0,2 cm ²	1,15 J/cm ²	3000 W	15 Min	6

Tabelle 4.44 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **unspezifischen Nackenschmerzes** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Konstantinovic et al. (2010b)	Ja	
Chow et al. (2006)	Nein	Keine SD
Chow et al. (2004)	Nein	Keine SD
Soriano et al. (1996)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Alayat et al. (2017a)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Saayman et al. (2011)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Yilmaz et al. (2020)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Alayat et al. (2016)	Ja	

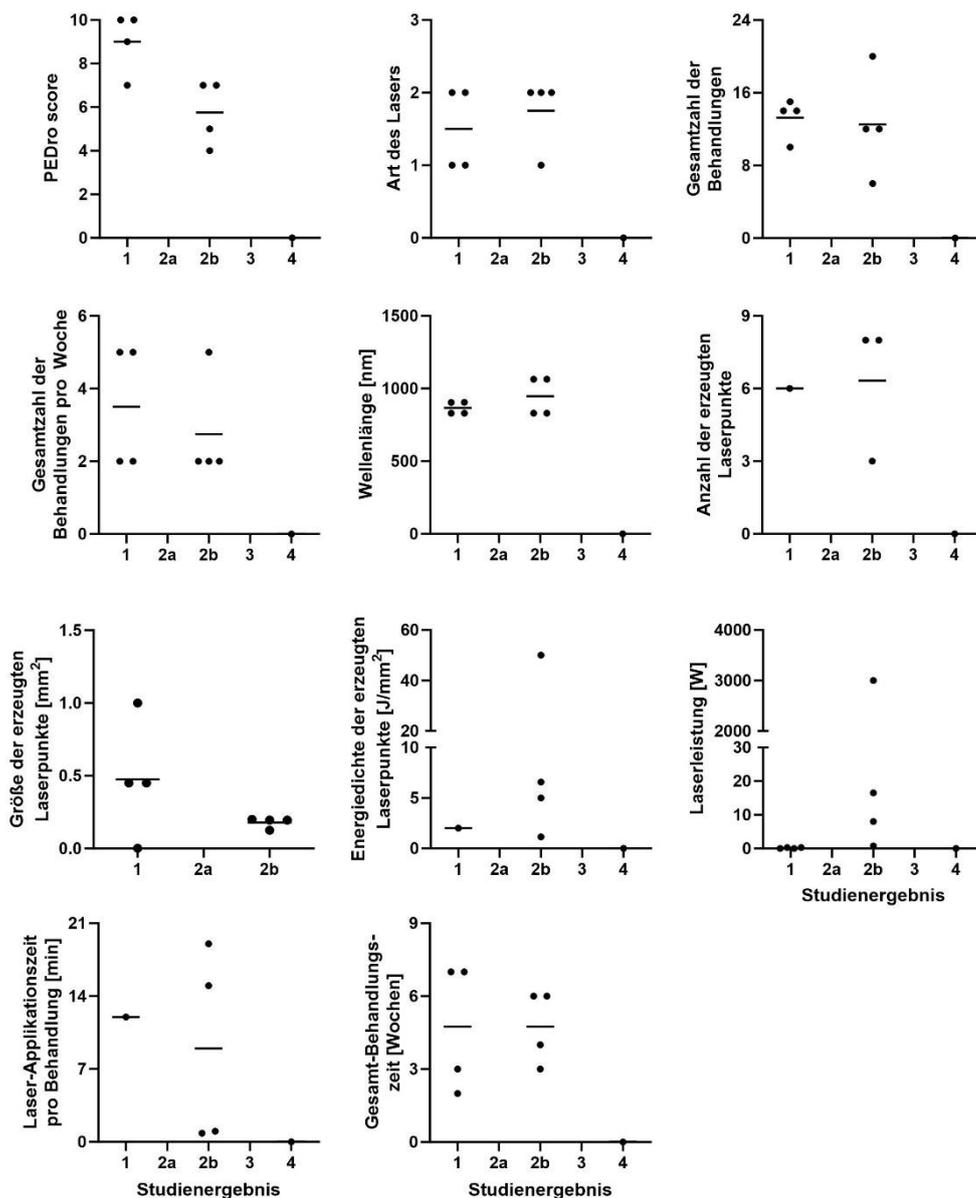


Abbildung 3.12 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.11.2 bis 4.3.11.4 und 4.3.11.7 bis 4.3.11.9 gelisteten Parameter zur Behandlung des unspezifischen Nackenschmerzes mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.12 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zum unspezifischen Spannungskopfschmerz

4.3.12.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation unspezifischer Spannungskopfschmerz insgesamt zwei Studien gelistet. Eine dieser beiden Studien konnte in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, und eine Studie in Kategorie 3 (*gute Ergebnisse weder mit der Lasertherapie noch mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*).

4.3.12.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $6,0 \pm 0,0$ (Median = 6, Minimum = 6, Maximum = 6) (Daten von 2 Studien) (Tabelle 4.45).

4.3.12.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $8,0 \pm 2,8$ (Median = 8, Minimum = 6, Maximum = 10) (Daten von 2 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $2,0 \pm 1,4$ (Median = 2; Minimum = 1; Maximum = 3) (Daten von 2 Studien; in einer Studie erfolgte lediglich eine Behandlung) (Tabelle 4.45).

4.3.12.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 1 / 1 / 0 der 2 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet (Tabelle 4.45).

Die mittlere Wellenlänge betrug 867 ± 52 nm (Median = 867 nm; Minimum = 830 nm; Maximum = 904 nm) (Daten von 2 Studien) (Tabelle 4.45).

4.3.12.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $8,0 \pm 5,7$ Wochen statt (Median = 8 Wochen; Minimum = 4 Wochen; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 2 Studien) (Tabelle 4.46).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei 12 ± 0 Wochen (Median = 12 Wochen; Minimum = 12 Wochen; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 2 Studien) (Tabelle 4.46).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $2,0 \pm 1,4$ (Median = 2; Minimum = 1; Maximum = 3) (Daten von 2 Studien) (Tabelle 4.46).

4.3.12.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $18,5 \pm 9,2$ (Median = 18,5, Minimum = 12, Maximum = 25) (Daten von 2 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug ebenfalls $18,5 \pm 9,2$ (Median = 18,5; Minimum = 12; Maximum = 25) (Daten von 2 Studien) (Tabelle 4.47).

4.3.12.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkten

Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $6,5 \pm 2,1$ (Median = 6,5; Minimum = 5; Maximum = 8) (Daten von 2 Studien) (Tabelle 4.47).

Die Größe der erzeugten Laserpunkte war nur in einer der beiden Studien angegeben (1 cm^2) (Tabelle 4.47).

4.3.12.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die Laser-Energiedichte war nur in einer der beiden Studien angegeben (13 J/cm^2) (Tabelle 4.47).

Die Laserleistung war in keiner der beiden Studien angegeben (Tabelle 4.47).

4.3.12.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $4,4 \pm 1,2$ Minuten (Median = 4,4 Minuten; Minimum = 3,6 Minuten; Maximum = 5,3 Minuten) (Daten von 2 Studien) (Tabelle 4.47).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $4,5 \pm 2,1$ Wochen (Median = 4,5 Wochen; Minimum = 3 Wochen; Maximum = 6 Wochen) (Daten von 2 Studien) (Tabelle 4.47).

4.3.12.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.12.2 bis 4.3.12.4 und 4.3.12.7 bis 4.3.12.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.12.2 bis 4.3.12.4 und 4.3.12.7 bis 4.3.12.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.13).

4.3.12.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Keine der beiden Studien eignete sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.48). Dementsprechend wurde auf eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung des unspezifischen Spannungskopfschmerzes mit Lasertherapie verzichtet.

Tabelle 4.45 | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung des **unspezifischen Spannungskopfschmerzes** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	6	Ebneshahidi et al. (2005)	10	3	k	830	1	1	Ja
3	6	Lavies (1998)	6	1	p	904	68	1	Nein

Tabelle 4.46 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **unspezifischen Spannungskopfschmerzes** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Studie	W1	W1,5	W2	W2,5	W4	W8	W12
Ebneshahidi et al. (2005)					X	O	O
Lavies (1998)							X

Tabelle 4.47 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **unspezifischen Spannungskopfschmerzes** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie; ¹⁾ = Crossover- Studie.

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Ebneshahidi et al. (2005)	25	25	5	1 cm ²	13 J/cm ²	*	3,55 Min	3
Lavies (1998) ¹⁾	12	12	8	*	*	*	5,28 Min	6

Tabelle 4.48 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **unspezifischen Spannungskopfschmerzes** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Ebneshahidi et al. (2005)	nein	Keine SD
Lavies (1998)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet

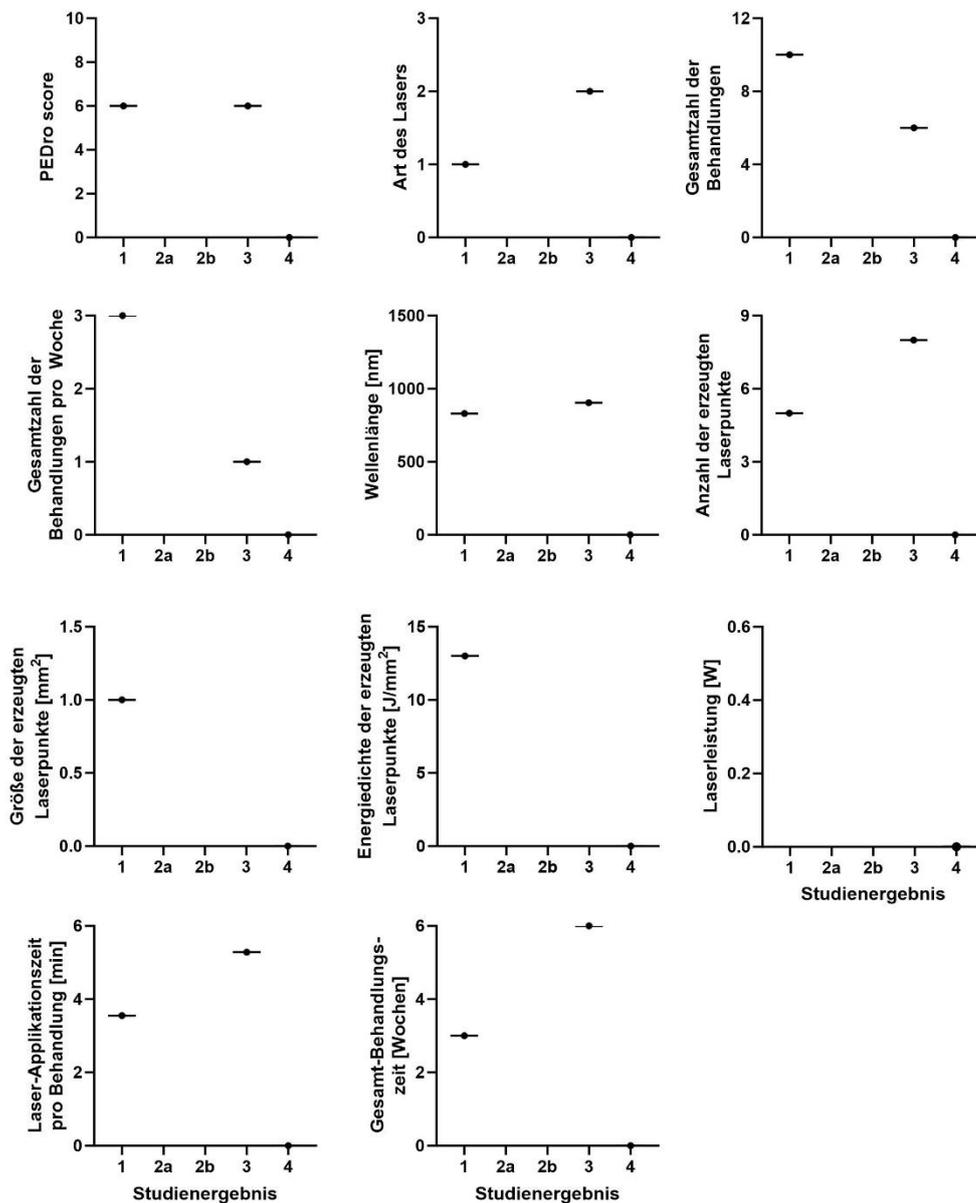


Abbildung 3.13 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.12.2 bis 4.3.12.4 und 4.3.12.7 bis 4.3.12.9 gelisteten Parameter zur Behandlung des unspezifischen Spannungskopfschmerzes mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.13 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zum Myofaszialen Schmerzsyndrom

4.3.13.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation Myofasziales Schmerzsyndrom insgesamt 29 Studien gelistet. Siebzehn dieser 29 Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, zwei Studien in Kategorie 2a (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Scheinbehandlung*), sieben Studien in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*) und drei Studien in Kategorie 3 (*gute Ergebnisse weder mit der Lasertherapie noch mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*).

4.3.13.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $5,5 \pm 1,7$ (Median = 6, Minimum = 2, Maximum = 8) (Daten von 29 Studien) (Tabelle 4.49).

4.3.13.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $9,0 \pm 3,4$ (Median = 10, Minimum = 1, Maximum = 15) (Daten von 29 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $3,5 \pm 1,6$ (Median = 3; Minimum = 1; Maximum = 7) (Daten von 27 Studien; in zwei Studien wurde die Anzahl von Behandlungen pro Woche nicht angegeben) (Tabelle 4.49).

4.3.13.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 6 / 13 / 3 der 29 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in 7 der 29 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.49).

Die mittlere Wellenlänge betrug 824 ± 118 nm (Median = 830 nm; Minimum = 632,8 nm; Maximum = 1064 nm) (Daten von 26 Studien) (Tabelle 4.49).

4.3.13.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $3,2 \pm 2,5$ Wochen statt (Median = 3 Wochen; Minimum = 1 Minute; Maximum = 12 Wochen) (Daten von 27 Studien; in zwei Studien wurden die Zeitpunkte nach Behandlungsbeginn nicht angegeben) (Tabelle 4.50).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $9,1 \pm 6,3$ Wochen (Median = 8 Wochen; Minimum = 5 Minuten; Maximum = 24 Wochen) (Daten von 27 Studien; in zwei Studien wurden die Zeitpunkte nach Behandlungsbeginn nicht angegeben) (Tabelle 4.50).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $2,6 \pm 2,2$ (Median = 2; Minimum = 1; Maximum = 11) (Daten von 29 Studien) (Tabelle 4.50).

4.3.13.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $24,5 \pm 17,2$ (Median = 22, Minimum = 4, Maximum = 92) (Daten von 29 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $24,2 \pm 16,2$ (Median = 22; Minimum = 3; Maximum = 84) (Daten von 29 Studien) (Tabelle 4.51).

4.3.13.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkten

Lediglich in 14 der 29 Studien wurde die Anzahl der erzeugten Laserpunkte angegeben. Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $7,0 \pm 7,7$ (Median = 4,75; Minimum = 1; Maximum = 31) (Daten von 14 Studien) (Tabelle 4.51).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $0,7 \pm 1,0 \text{ cm}^2$ (Median = $0,44 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,003 \text{ cm}^2$; Maximum = $4,0 \text{ cm}^2$) (Daten von 14 Studien) (Tabelle 4.51).

4.3.13.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $66,6 \pm 240,7 \text{ J/cm}^2$ (Median = $3,8 \text{ J/cm}^2$; Minimum = $0,07 \text{ J/cm}^2$; Maximum = 1029 J/cm^2) (Daten von 18 Studien) (Tabelle 4.51).

Die mittlere Laserleistung betrug $293.600 \pm 900.000 \text{ mW}$ (Median = 300 mW ; Minimum = 5 mW ; Maximum = $3.000.000 \text{ mW}$) (Daten von 21 Studien) (Tabelle 4.51).

4.3.13.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $15,5 \pm 23,4$ Minuten (Median = $8,5$ Minuten; Minimum = $0,2$ Minuten; Maximum = 93 Minuten) (Daten von 18 Studien) (Tabelle 4.51).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $2,9 \pm 1,2$ Wochen (Median = 3 Wochen; Minimum = 1 Tag; Maximum = 5 Wochen) (Daten von 27 Studien) (Tabelle 4.51).

4.3.13.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.13.2 bis 4.3.13.4 und 4.3.13.7 bis 4.3.13.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.13.2 bis 4.3.13.4 und 4.3.13.7 bis 4.3.13.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.14).

4.3.13.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Zehn der 29 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.52). Dementsprechend wurde eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung des Myofaszialen Schmerzsyndroms mit Lasertherapie durchgeführt.

Tabelle 4.49 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung des **Myofaszialen Schmerzsyndroms** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

(Tabelle 4.49)

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	8	Dundar et al. (2015a)	15	5	p	1064	2	14	Ja
1	7	Alayat et al. (2020)	12	3	p	1064	2	88	Ja
1	7	Gur et al. (2004)	10	5	p	904	8	1	Ja
1	7	Snyder-Mackler et al. (1989)	3	*	k	632,8	21	1	Ja
1	7	Ceccherelli et al. (1989)	12	3	p	904	50	1	Ja
1	6	Rayegani et al. (2011)	10	5	k; p	892,5	27	11, 1	Ja
1	6	İbuldu et al. (2004)	12	3	*	632,8	51	39; 14	Ja
1	6	Hakgüder et al. (2003)	10	5	k	780	1	40	Nein
1	5	Momenzadeh et al. (2016)	12	3	k	721,4	86	1; 79	Nein
1	5	Sumen et al. (2015)	10	5	p	670	52	41; 40	Nein
1	5	Shirani et al. (2009)	6	2	k; p	775	53	1	Ja
1	5	Logdberg-Anderssont et al. (1997)	6	1,5	p	904	*	1	Ja
1	4	Kannan (2012)	5	5	p	904	*	47	Nein
1	3	Ceylan et al. (2004)	10	7	p	904	54	42	Ja
1	3	Mansourian et al. (2019)	10	2	k	810	*	58; 77	Nein
1	3	Katsoulis et al. (2010)	6	2	*	690	55	43; 1	Ja
1	3	Olavi et al. (1989)	1	1	p	904	56	1	Nein
2a	8	Dundar et al. (2007)	15	5	p	830	13	14	Ja
2a	7	Altan et al. (2005)	10	5	*	904	4	14	Ja
2b	8	Öz et al. (2010)	10	2	k	820	10	44	Nein
2b	7	Manca et al. (2014)	10	5	p	904	49	1; 21; 37	Ja
2b	6	Carrasco et al. (2009)	8	2	k	780	57	1	ja
2b	5	Kiralp et al. (2006)	12	3	p	*	4	45	Nein
2b	5	Laakso et al. (1997)	6	3	p	745	58	1; 46	Ja
2b	3	Taheri et al. (2016)	10	5	*	*	92	86	Nein
2b	2	Jagdhari et al. (2017)	10	3	*	632,8	*	12; 26	Nein
3	7	Thorsen et al. (1992)	6	3	k; p	830	60	1	Ja
3	6	Lee und Han (2011)	3	1	*	830	59	1	Nein
3	5	Waylonis et al. (1988)	10	*	*	*	21	48; 49	Nein

Tabelle 4.50 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **Myofaszialen Schmerzsyndroms** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Anmerkung: * = keine entsprechende Angabe in der Studie; ¹⁾ = erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn unmittelbar nach der Therapie; genaue Zeitpunkte nicht angegeben; ²⁾ = der Zeitpunkt der letzten Untersuchung nach Behandlungsbeginn wurde im Text dieser Studie als Tag der kompletten Schmerzfreiheit angegeben, im entsprechenden Flussdiagramm dieser Studie aber drei Wochen nach Beginn der Behandlung; ³⁾ = die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn erfolgte sechs Wochen nach der ersten Behandlung; die weiteren Untersuchungen sechs Wochen, 60 Tage und 120 Tage nach der zweiten Behandlung. Aus der Beschreibung der Studien wird jedoch nicht deutlich, wie viele Behandlungen pro Woche erfolgten.

Tabelle 4.51 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **Myofasziellen Schmerzsyndroms** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie; ¹⁾ = Cross-Over- Studie.

(Tabelle 4.51)

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Dundar et al. (2015a)	38	38	*	0,031 cm ²	*	3000000 mW	15 Min	3
Alayat et al. (2020)	25	25	8	0,2 cm ²	0,66 J/cm ²	3000000 mW	0,916 Min	4
Gur et al. (2004)	30	30	10	1 cm ²	2 J/cm ²	11 mW	30 Min	2
Snyder- Mackler et al. (1989)	13	11	1	1 cm ²	*	*	0,33 Min	*
Ceccherelli et al. (1989)	13	14	9	*	*	25000 mW	*	4
Rayegani et al. (2011)	20	19,5	*	*	39,7 J/cm ²	*	2 Min/P	2
Ilbuldu et al. (2004)	20	20	6	*	*	*	*	4
Hakgüder et al. (2003)	31	31	1	0,5 cm ²	5 J/cm ²	5 mW	3,2 Min	2
Momenzadeh et al. (2016)	10	10	*	0,38 cm ²	20,35 J/cm ²	31 mW	5 Min/ P	4
Sumen et al. (2015)	16	15,5	*	*	4 J/cm ²	5 mW	10 Min	2
Shirani et al. (2009)	8	8	*	*	3,6 J/cm ²	4,9 W	8 Min	3
Logdberg-Andersson et al. (1997)	92	84	*	*	7,5 J/cm ²	4900 mW	*	3-4
Kannan (2012)	15	15	*	0,78 cm ²	0,074 J/cm ²	*	0,5 Min	1
Ceylan et al. (2004)	23	23	4,5	1 cm ²	1,44 J/cm ²	*	13,5 Min	1,5
Mansourian et al. (2019)	36	36	*	*	2 J/cm ²	200 mW	0,16 Min	5
Katsoulis et al. (2010)	4	3; 4	4	*	*	40 mW	15 Min	3
Olavi et al. (1989)	18	18	31	0,005 cm ²	*	72000 mW	93 Min	0,28
Dundar et al. (2007)	32	32	3	0,785 cm ²	*	450 mW	6 Min	3
Altan et al. (2005)	23	25	*	*	*	61670 mW	2 Min	2
Öz et al. (2010)	22	22	*	*	3 J/cm ²	300 mW	0,16 Min/P	5
Manca et al. (2014)	11	12,25	*	4 cm ²	*	300 mW	10 Min	2
Carrasco et al. (2009)	30	30	1	*	63,33 J/cm ²	600 mW	*	4
Kiralp et al. (2006)	23	20	*	*	*	*	2,75 Min/P	4
Laakso et al. (1997)	15	13	3	0,032 cm ²	3 J/cm ²	17,5 mW	*	2
Taheri et al. (2016)	20	26	*	*	6 J/cm ²	100 mW	3 Min/P	2
Jagdhari et al. (2017)	23	23	*	*	4 J/cm ²	*	9 Min	4
Thorsen et al. (1992)	25	22	5	0,0025 cm ²	3,6 J/cm ²	30 mW	5 Min	2
Lee und Han (2011)	12	12	*	0,07cm ²	1028,67 J/cm ²	450 mW	2,67 Min	3
Waylonis et al. (1988) ¹⁾	62	62	12	*	*	*	3 Min	*

Tabelle 4.52 (auf der nächsten Seite) | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung des **Myofaszialen Schmerzsyndroms** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

(Tabelle 4.52)

Studie	M	Begründung
Dundar et al. (2015a)	Ja	
Alayat et al (2020)	Ja	
Gur et al. (2004)	Ja	
Snyder- Mackler et al. (1989)	Nein	Keine SD
Ceccherelli et al. (1989)	Ja	
Rayegani et al. (2011)	Nein	Unklar, ob die angegebenen Streumaße Standardabweichungen oder Standardfehler der Mittelwerte sind
Ilbuldu et al. (2004)	Ja	
Hakgüder et al. (2003)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Momenzadeh et al. (2016)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Sumen et al. (2015)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Shirani et al. (2009)	Nein	Keine SD
Logdb.-Anders. et al. (1997)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Kannan (2012)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Ceylan et al. (2004)	Ja	
Mansourian et al. (2019)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Katsoulis et al. (2010)	Ja	
Olavi et al. (1989)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Dundar et al. (2007)	Ja	
Altan et al. (2005)	Ja	
Öz et al. (2010)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Manca et al. (2014)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Carrasco et al. (2009)	Ja	
Kiralp et al. (2006)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Laakso et al. (1997)	Nein	Keine SD
Taheri et al. 2016)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Jagdhari et al. 2017	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle
Thorsen et al. (1992)	Nein	Keine SD
Lee und Han (2011)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Waylonis et al. (1988)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet

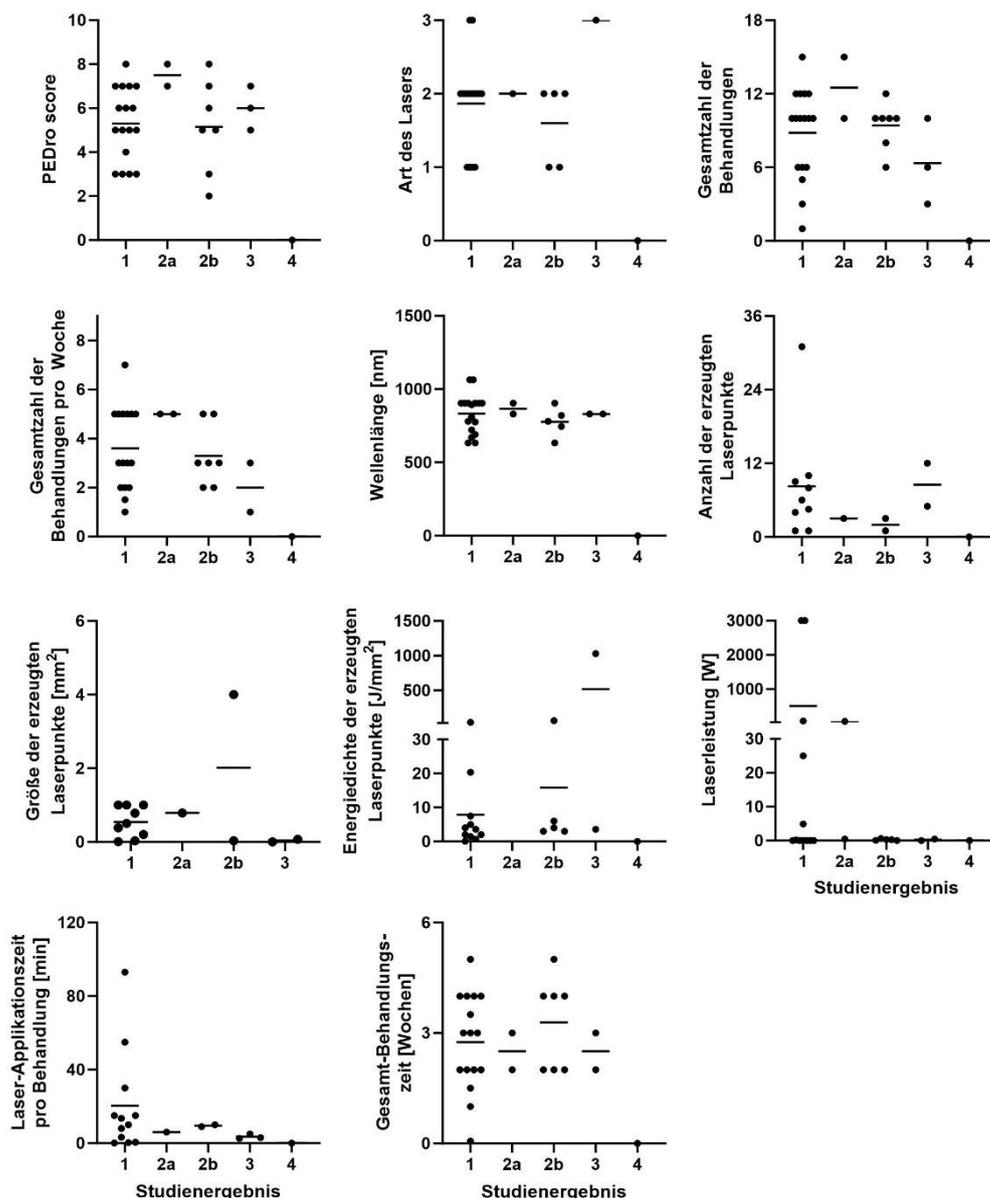


Abbildung 3.14 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.13.2 bis 4.3.13.4 und 4.3.13.7 bis 4.3.13.9 gelisteten Parameter zur Behandlung des Myofaszialen Schmerzsyndroms mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.14 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zur Rheumatoiden Arthritis

4.3.14.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation Rheumatoide Arthritis insgesamt elf Studien gelistet. Vier dieser elf Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, eine Studie in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*) und sechs Studien in Kategorie 3 (*gute Ergebnisse weder mit der Lasertherapie noch mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*).

4.3.14.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $6,9 \pm 1,7$ (Median = 7, Minimum = 4, Maximum = 10) (Daten von 11 Studien) (Tabelle 4.53).

4.3.14.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $13,3 \pm 5,9$ (Median = 12, Minimum = 8, Maximum = 30) (Daten von 11 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $2,8 \pm 1,0$ (Median = 3; Minimum = 1; Maximum = 5) (Daten von 11 Studien) (Tabelle 4.53).

4.3.14.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 3 / 5 / 0 der 11 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in 3 der 11 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.53).

Die mittlere Wellenlänge betrug 829 ± 139 nm (Median = 820 nm; Minimum = 632,5 nm; Maximum = 1064 nm) (Daten von 11 Studien) (Tabelle 4.53).

4.3.14.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $3,1 \pm 2,2$ Wochen statt (Median = 2 Wochen; Minimum = 1 Woche; Maximum = 8 Wochen) (Daten von 11 Studien) (Tabelle 4.54).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $11,3 \pm 7,5$ Wochen (Median = 10 Wochen; Minimum = 4 Wochen; Maximum = 25 Wochen) (Daten von 11 Studien) (Tabelle 4.54).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $3,9 \pm 3,4$ (Median = 2; Minimum = 1; Maximum = 11) (Daten von 11 Studien) (Tabelle 4.54).

4.3.14.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $24,4 \pm 10,8$ (Median = 25, Minimum = 10, Maximum = 41) (Daten von 11 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $22,5 \pm 11,2$ (Median = 20; Minimum = 9; Maximum = 41) (Daten von 11 Studien) (Tabelle 4.55).

4.3.14.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkten

Lediglich in 4 der 11 Studien wurde die Anzahl der erzeugten Laserpunkte angegeben. Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $7,3 \pm 8,8$ (Median = 4; Minimum = 1; Maximum = 20) (Daten von 4 Studien) (Tabelle 4.55).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $3,4 \pm 8,5 \text{ cm}^2$ (Median = $0,04 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,007 \text{ cm}^2$; Maximum = 28 cm^2) (Daten von 11 Studien) (Tabelle 4.55).

4.3.14.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $11,2 \pm 9,2 \text{ J/cm}^2$ (Median = $9,1 \text{ J/cm}^2$; Minimum = 3 J/cm^2 ; Maximum = $31,5 \text{ J/cm}^2$) (Daten von 8 Studien) (Tabelle 4.55).

Die mittlere Laserleistung betrug $1080 \pm 3310 \text{ mW}$ (Median = 40 mW ; Minimum = 1 mW ; Maximum = 10.500 mW) (Daten von 10 Studien) (Tabelle 4.55).

4.3.14.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $4,2 \pm 3,2$ Minuten (Median = $3,5$ Minuten; Minimum = 1 Minute; Maximum = 10 Minuten) (Daten von 6 Studien) (Tabelle 4.55).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $5,5 \pm 3,4$ Wochen (Median = 4 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 13 Wochen) (Daten von 11 Studien) (Tabelle 4.55).

4.3.14.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.14.2 bis 4.3.14.4 und 4.3.14.7 bis 4.3.14.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5) von den in den Abschnitten 4.3.14.2 bis 4.3.14.4 und 4.3.14.7 bis 4.3.14.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.15).

4.3.14.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Fünf der 11 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.56). Dementsprechend wurde eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung der Rheumatoiden Arthritis mit Lasertherapie durchgeführt.

Tabelle 4.53 | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung der **Rheumatoiden Arthritis** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

(Tabelle 4.53)

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	7	Palmgren et al. (1989)	12	3	k	820	9	1	Ja
1	6	Walker et al. (1987)	30	3	p	632,5	61	1	Ja
1	5	el-Shamy et al. (2018)	12	3	p	1064	2	14	Ja
1	4	Goldman et al. (1980)	13	1	p	1060	62	1	Nein
2b	6	Ekim et al. (2007)	10	5	*	780	1	1	Ja
3	10	Meireles et al. (2010)	16	2	*	785	63	1	Ja
3	9	Johannsen et al. (1994)	12	3	k	830	64	1	Ja
3	8	Hall et al. (1994)	12	3	p	885	9	1	Ja
3	7	Goats et al. (1996)	8	2	*	805	9	1	Ja
3	7	Heussler et al. (1993)	12	3	p	820	*	1	Ja
3	7	Bliddal et al. (1987)	9	3	k	633	65	1	Ja

Tabelle 4.54 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Rheumatoiden Arthritis** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Anmerkung: 1) = zusätzliche Untersuchungen 14 Wochen und 22 Wochen nach Behandlungsbeginn.

Studie	W1	W1,5	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W12	W13	W24	W25
Palmgren et al. (1989)			X		O										
Walker et al. (1987)	X		O	O	O	O	O	O	O	O	O				
el-Shamy et al. (2018)					X							O			
Goldman et al. (1980)*	X		O	O	O	O	O	O	O	O	O				O
Ekim et al. (2007)		X											O		
Meireles et al. (2010)									X						
Johannsen et al. (1994)					X										
Hall et al. (1994)					X				O			O			
Goats et al. (1996)						X							O		O
Heussler et al. (1993)	X		O	O	O										
Bliddal et al. (1987)			X	O	O				O						

Tabelle 4.55 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Rheumatoiden Arthritis** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie; ¹⁾ = an einer Hand erfolgte Lasertherapie, an der anderen Hand eine Scheinbehandlung.

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Palmgren et al. (1989)	19	16	*	0,125 cm ²	3,58 J/cm ²	15 mW	1 Min	4
Walker et al. (1987)	38	34	6	0,125 cm ²	*	1 mW	1,98 Min	10
el-Shamy et al. (2018)	15	15	*	0,2 cm ²	10 J/cm ²	10500 mW	*	4
Goldman et al. (1980) ¹⁾	30	30	*	8,04 cm ²	15 J/cm ²	*	*	13
Ekim et al. (2007)	10	9	2	0,007 cm ²	142J/ cm ²	50 mW	10 Min	2
Meireles et al. (2010)	41	41	20	0,06 cm ²	3 J/cm ²	70 mW	*	8
Johannsen et al. (1994)	10	12	*	0,07 cm ²	*	30 mW	*	4
Hall et al. (1994)	20	20	*	0,1 cm ²	31,5 J/cm ²	50 mW	3 Min	4
Goats et al. (1996)	25	10	1	28 cm ²	8,1 J/cm ²	20 mW	4 Min	4
Heussler et al. (1993)	25	25	*	0,126 cm ²	12 J/cm ²	50 mW	*	4
Bliddal et al. (1987)	35	35	*	0,5 cm ²	6 J/cm ²	10 mW	5 Min	3

Tabelle 4.56 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Rheumatoiden Arthritis** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Palmgren et al. (1989)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Walker et al. (1987)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
el-Shamy et al. (2018)	ja	
Goldman et al. (1980)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Ekim et al. (2007)	ja	
Meireles et al. (2010)	ja	
Johannsen et al. (1994)	nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Hall et al. (1994)	ja	
Goats et al. (1996)	ja	
Heussler et al. (1993)	nein	Keine SD
Bliddal et al. (1987)	nein	Keine SD

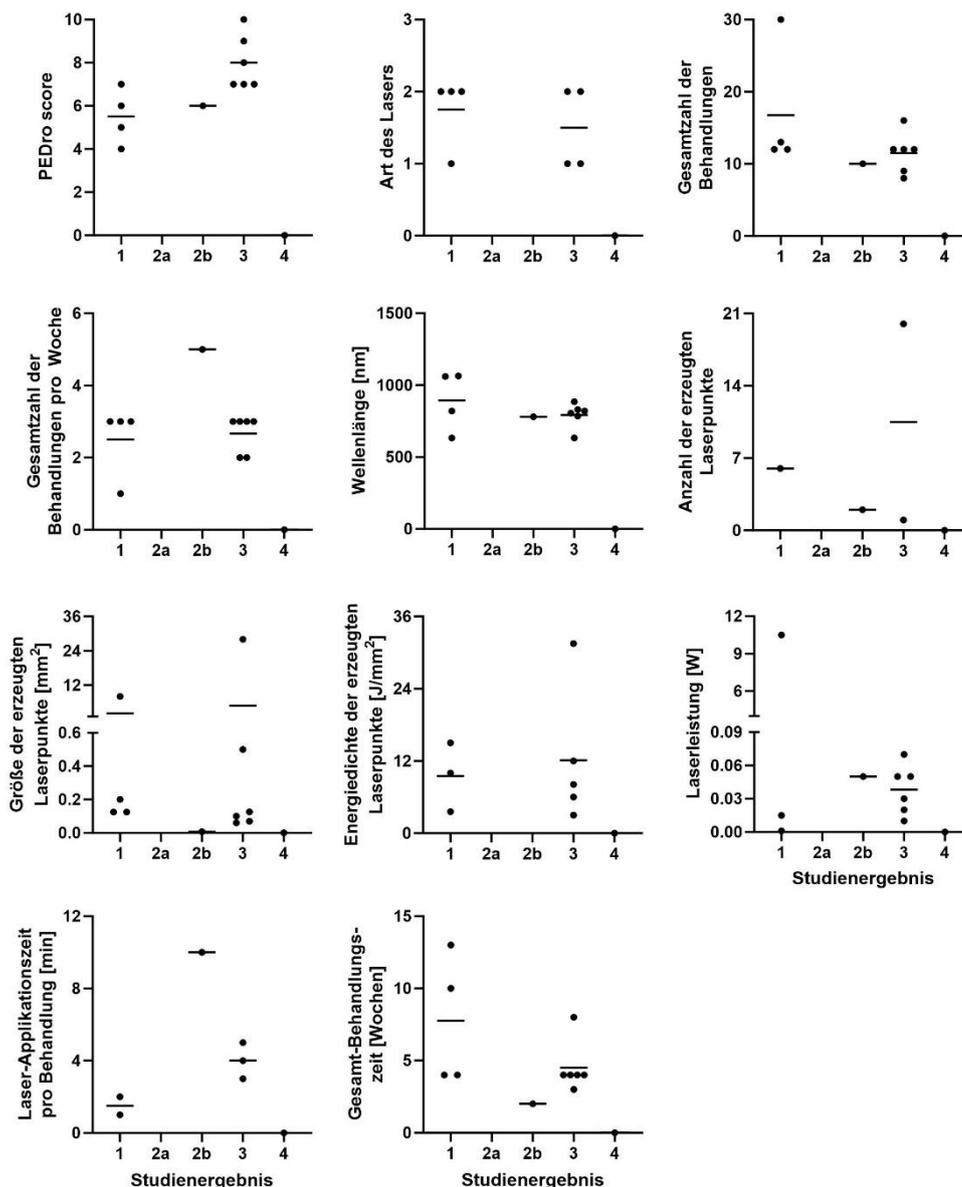


Abbildung 3.15 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.14.2 bis 4.3.14.4 und 4.3.14.7 bis 4.3.14.9 gelisteten Parameter zur Behandlung der Rheumatoiden Arthritis mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.15 Ergebnisse der qualitativen Analyse der ausgewählten Studien zur Fibromyalgie

4.3.15.1 Übersicht

In der PEDro-Datenbank waren zum Stichtag 23. März 2021 zur Indikation Fibromyalgie insgesamt sieben Studien gelistet. Drei dieser sieben Studien konnten in die in Abschnitt 3.5. definierte Kategorie 1 (*besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*) einsortiert werden, zwei Studien in Kategorie 2a (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Scheinbehandlung*) und zwei Studie in Kategorie 2b (*gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*).

4.3.15.2 PEDro-score

Der mittlere PEDro-score betrug $5,9 \pm 1,3$ (Median = 6, Minimum = 4, Maximum = 7) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.57).

4.3.15.3 Anzahl der Behandlungen

Die mittlere Gesamtzahl der Behandlungen betrug $12,7 \pm 5,4$ (Median = 10, Minimum = 8, Maximum = 24) (Daten von 7 Studien); die mittlere Anzahl von Behandlungen pro Woche betrug $3,6 \pm 1,4$ (Median = 3; Minimum = 2; Maximum = 5) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.57).

4.3.15.4 Anwendungsmodus und Wellenlänge

In 3 / 2 / 0 der 7 Studien wurde ein kontinuierlicher Laser / ein gepulster Laser / sowohl ein kontinuierlicher Laser als auch ein gepulster Laser verwendet; in 2 der 7 Studien wurden keine entsprechenden Angaben gemacht (Tabelle 4.57).

Die mittlere Wellenlänge betrug 827 ± 78 nm (Median = 830 nm; Minimum = 670 nm; Maximum = 904 nm) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.57).

4.3.15.5 Untersuchungen nach Behandlungsbeginn

Die erste Untersuchung nach Behandlungsbeginn fand nach $3,9 \pm 2,2$ Wochen statt (Median = 4 Wochen; Minimum = 1,5 Wochen; Maximum = 8 Wochen) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.58).

Der mittlere Zeitpunkt derjenigen Untersuchung nach Behandlungsbeginn, der für eine Metaanalyse am besten geeignet schien, lag bei $7,1 \pm 7,7$ Wochen (Median = 4 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 24 Wochen) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.58).

Die mittlere Anzahl von Untersuchungen nach Behandlungsbeginn betrug $1,1 \pm 0,4$ (Median = 1; Minimum = 1; Maximum = 2) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.58).

4.3.15.6 Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laser- und der Kontrollgruppe

Die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Lasergruppe betrug $14,6 \pm 4,4$ (Median = 15, Minimum = 10, Maximum = 20) (Daten von 7 Studien); die mittlere Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe betrug $14,3 \pm 4,0$ (Median = 15; Minimum = 10; Maximum = 20) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.59).

4.3.15.7 Anzahl und Größe der erzeugten Laserpunkten

Die mittlere Anzahl der erzeugten Laserpunkte betrug $15,6 \pm 11,1$ (Median = 16,25; Minimum = 2; Maximum = 34) (Daten von 6 Studien) (Tabelle 4.59).

Die mittlere Größe der erzeugten Laserpunkte betrug $0,2 \pm 0,4 \text{ cm}^2$ (Median = $0,03 \text{ cm}^2$; Minimum = $0,01 \text{ cm}^2$; Maximum = $1,0 \text{ cm}^2$) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.59).

4.3.15.8 Verwendete Laser-Energiedichte und Laserleistung

Die mittlere Laser-Energiedichte betrug $32,3 \pm 61,9 \text{ J/cm}^2$ (Median = 4 J/cm^2 ; Minimum = 2 J/cm^2 ; Maximum = $142,9 \text{ J/cm}^2$) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.59).

Die mittlere Laserleistung betrug $1500 \pm 3800 \text{ mW}$ (Median = 30 mW ; Minimum = 10 mW ; Maximum = 10.000 mW) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.59).

4.3.15.9 Laser-Applikationszeit pro Behandlung und Gesamt-Behandlungszeit

Die mittlere Laser-Applikationszeit pro Behandlung betrug $9,4 \pm 3,5$ Minuten (Median = $8,4$ Minuten; Minimum = 6 Minuten; Maximum = $14,5$ Minuten) (Daten von 5 Studien) (Tabelle 4.59).

Die mittlere Gesamt-Behandlungszeit betrug $3,1 \pm 1,1$ Wochen (Median = 4 Wochen; Minimum = 2 Wochen; Maximum = 5 Wochen) (Daten von 7 Studien) (Tabelle 4.59).

4.3.15.10 Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.15.2 bis 4.3.15.4 und 4.3.15.7 bis 4.3.15.9 gelisteten Parameter

Die grafische Analyse ergab keinen Hinweis auf direkte Abhängigkeiten des Studienergebnisses (vgl. Abschnitt 3.5.) von den in den Abschnitten 4.3.15.2 bis 4.3.15.4 und 4.3.15.7 bis 4.3.15.9 gelisteten Parameter (Abbildung 3.16).

4.3.15.11 Eignung der Studien für eine Metaanalyse

Lediglich 2 der 7 Studien eigneten sich für eine Metaanalyse (Tabelle 4.60). Dementsprechend wurde auf eine Metaanalyse zur Effektivität der Behandlung der Fibromyalgie mit Lasertherapie verzichtet.

Tabelle 4.57 | Details der in der PEDro-Datenbank zum Stichtag 23. März 2021 gelisteten Studien zur Behandlung der **Fibromyalgie** mit Lasertherapie (erste von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- das Ergebnis der Studie (**E**) (**1** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; **2a** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **2b** = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **3** = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; **4** = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie),
- die kumulierte PEDro-Bewertung ("PEDro-score") (**P**),
- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Gesamtzahl der Behandlungen (**B**),
- die Anzahl von Behandlungen pro Woche (**B/W**),
- die Art der verwendeten Lasertherapie (**A**) (**k** = kontinuierlich applizierte Laserenergie; **p** = in Pulsen applizierte Laserenergie),
- die verwendete Wellenlänge in Nanometern (**WL**),
- das verwendete Lasertherapie-Gerät (**G**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.61 genannten Geräte),
- die Art der Kontrolltherapie (**K**) (die in dieser Spalte genannten Zahlen beziehen sich auf die in Tabelle 4.62 genannten Kontrolltherapien), sowie
- die Einschätzung, ob die Ergebnisse der Studie aufgrund ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind (**M**).

Studien mit dem höchsten PEDro-score sind zuerst angegeben; Studien mit dem niedrigsten PEDro-score zuletzt. Bei gleichem PEDro-score ist die jüngste Studie zuerst angegeben und die älteste zuletzt.

Anmerkung: * = keine entsprechenden Angaben in der Studie.

E	P	Studie	B	B/W	A	WL [nm]	G	K	M
1	7	Panton et al. (2013)	8	2	k	895	13	1	Nein
1	7	Armagan et al. (2006)	10	5	k	830	1	1	Nein
1	4	Ruaro et al. (2014)	12	3	*	670	17	1	Ja
2a	6	Germano Maciel et al. (2018)	24	3	k	808	25	14	Ja
2a	6	Vayvay et al. (2016)	15	5	p	850	94	87; 1	Ja
2b	7	Gür et al. (2002)	10	5	p	904	8	1	Nein
2b	4	Matsutani et al. (2007)	10	2	*	830	17	12	Nein

Tabelle 4.58 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Fibromyalgie** mit Lasertherapie (zweite von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- den Zeitpunkt der Untersuchung nach Behandlungsbeginn (**X**) mit der Angabe des Zeitintervalls in Wochen (**W**) (W2 bedeutet zwei Wochen nach Behandlungsbeginn; W3 bedeutet drei Wochen nach Behandlungsbeginn, usw), sowie
- die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn (**O**).

Studie	W1,5	W2	W3	W4	W5	W8	W24
Panton et al. (2013)				X			
Armagan et al. (2006)	X						O
Ruaro et al. (2014)				X			
Germano Maciel et al. (2018)						X	
Vayvay et al. (2016)			X				
Gür et al. (2002)		X					
Matsutani et al. (2007)					X		

Tabelle 4.59 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Fibromyalgie** mit Lasertherapie (dritte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Laserbehandlungsgruppe (**NL**),
- die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der/n Kontrollgruppe/n (**NK**),
- die Anzahl der erzeugten Laserpunkte (**P**),
- die Größe der erzeugten Laserpunkte (**G**),
- die abgegebene Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes (**ED**),
- die angegebene Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes (**L**) in Watt (**W**),
- die Zeit der Applikation des Lasers (**AZ**) in Sekunden (**S**) und Minuten (**Min**) pro Behandlung (**B**) oder pro Behandlungspunkt (**P**),
- sowie die Gesamt-Behandlungszeit (**BZ**) in Wochen (**W**).

Anmerkung: *, keine entsprechenden Angaben in der Studie;

Studie	NL	NK	P	G	ED	L	AZ	BZ
Panton et al. (2013)	20	18	7		10,63 J/cm ²	10000 mW	7 Min	4
Armagan et al. (2006)	16	16	14,5	0,007	285,71 J/cm ²	50 mW	14,5 Min	2
Ruaro et al. (2014)	10	10	18	0,035	4 J/cm ²	20 mW	8,4 Min	4
Germano Maciel et al. (2018)	11	11	34	0,028	142,85 J/cm ²	10 mW	11,33 Min	4
Vayvay et al. (2016)	15	15	*	0,007	2 J/cm ²	40 mW	*	3
Gür et al. (2002)	20	20	2	1	2 J/cm ²	10,5 mW	6 Min	2
Matsutani et al. (2007)	10	10	18		*	30 mW	*	5

Tabelle 4.60 | Details der in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Behandlung der **Fibromyalgie** mit Lasertherapie (vierte von vier Tabellen).

Die Tabelle zeigt für jede Studie getrennt

- den Namen der Erstautorin / des Erstautors und das Jahr der Publikation (**Studie**),
- ob das Studiendesign die Kriterien einer Metaanalyse erfüllt (**M**), und
- im Fall der Nicht-Erfüllung der Kriterien einer Metaanalyse die entsprechende Begründung.

Studie	M	Begründung
Panton et al. (2013)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Armagan et al. (2006)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Ruaro et al. (2014)	Ja	
Germano Maciel et al. 2018	Ja	
Vayvay et al. (2016)	Nein	Keine SD
Gür et al. (2002)	Nein	Kein reiner Schmerzscore (z.B. VAS) zur Beurteilung des Therapieerfolges verwendet
Matsutani et al. (2007)	Nein	Keine Schein- bzw. Plazebobehandlung als Kontrolle

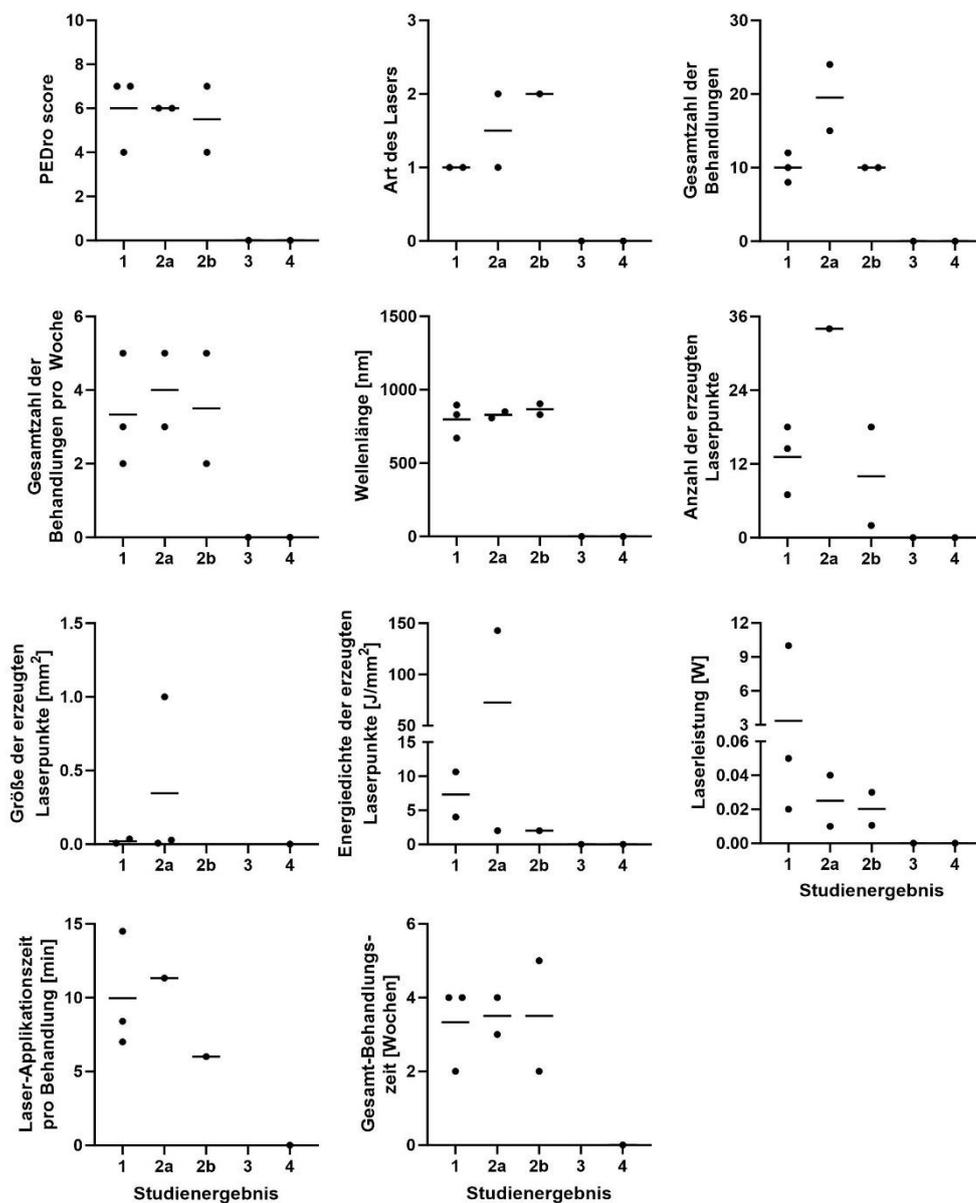


Abbildung 3.16 | Abhängigkeit des Studienergebnisses von den in den Abschnitten 4.3.15.2 bis 4.3.15.4 und 4.3.15.7 bis 4.3.15.9 gelisteten Parameter zur Behandlung der Fibromyalgie mit Lasertherapie. Gezeigt sind individuelle Werte (Punkte) und der jeweilige Median (Striche).

Die Studienergebnisse wurden in Abschnitt 3.5. wie folgt definiert: 1 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Lasertherapie als mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode; 2a = sowohl mit Lasertherapie als auch mit Schein- oder Nichtbehandlung statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 2b = sowohl mit Lasertherapie als auch mit einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 3 = weder mit Lasertherapie noch mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode statistisch signifikant bessere klinische Befunde nach der Therapie als vor Therapiebeginn; 4 = statistisch signifikant bessere Behandlungsergebnisse mit Scheinbehandlung, Nichtbehandlung oder einer alternativen Behandlungsmethode als mit Lasertherapie (gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie)

Die Art des Lasers wurde wie folgt kodiert: 1 = kontinuierlicher Laser; 2 = gepulster Laser; 3 = sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Laser.

4.3.16 Übersicht über die verwendeten Lasertherapiegeräte

In Tabelle 4.61 sind alle Lasertherapiegeräte aufgelistet, die in den in den Abschnitten 4.3.1 – 4.3.15 gelisteten Studien verwendet wurden. Insgesamt kamen in den 203 gelisteten Studien mindestens 97 verschiedene Lasertherapiegeräte zum Einsatz (in 33 Studien wurden keine Angaben zum verwendeten Lasertherapiegerät gemacht).

Nur zehn Lasertherapiegeräte wurden in je drei oder mehr Studien eingesetzt (insgesamt 66 Studien):

- Endolaser 476 (Enraf Nonius, Rotterdam, Niederlande): 15 Studien
- HIRO 3 (ASA, Vicenza, Italien): 9 Studien
- BTL 6000 (BTL, Prag, Tschechien): 8 Studien
- Roland Series IR 27 (Elettronica Pagani, Mailand, Italien) : 8 Studien
- GaAs (Irradia AB, Stockholm, Schweden): 7 Studien
- GaAlAs laser device (Chattanooga Group, Chattanooga, TN, USA): 6 Studien
- Thor DD Laser Therapy Unit (Thor Photomedicine, Amersham, UK): 5 Studien
- Frank Line IR 30 (Fysiomed, Edegem, Belgien): 4 Studien
- Biotherapy 3 (Omega Universal Technologies, London, UK): 3 Studien
- CTL 1106MX (CTL, Warschau, Polen): 3 Studien

Im Gegensatz dazu wurden 18 Lasertherapiegeräte nur in je zwei Studien eingesetzt, und 69 Lasertherapiegeräte nur in je einer einzigen Studie.

Tabelle 4.61 | Lasertherapiegeräte, die in den in den Tabellen 3.1, 3.5, 3.9, 3.13, 3.17, 3.21, 3.25, 3.29, 3.33, 3.37, 3.41, 3.45, 3.49, 3.53 und 3.57 gelisteten Studien verwendet wurden.

Abkürzungen: Nr. = in Spalte G in den oben genannten Tabellen gelistete Nummern; n = Anzahl der Studien, in denen das entsprechende Lasertherapiegerät verwendet wurde.

Nr.	n	Gerät	Studien
1	15	Endolaser 476 (Enraf Nonius, Rotterdam, Niederlande)	Hakgüder et al. (2003) Tascioglu et al. (2003) Bakhtiary et al. (2004) Tascioglu et al. (2004) Ebnesahidi et al. (2005) Armagan et al. (2006) Ekim et al. (2007) Unlu et al. (2008) Atya und Mansour (2011) Eslamian et al. (2012) Otadi et al. (2012) Saeed et al. (2012) Tascioglu et al. (2012) Al Rashoud et al. (2014) Abdelbasset et al. (2020b)
2	9	HIRO 3 (ASA, Vicenca, Italien)	Kheshie et al. (2014) Dundar et al. (2015a) Dundar et al. (2015b) Alayat et al. (2014) Alayat et al. (2016) Pekyavas et al. (2016) el-Shamy et al. (2018) Elsodany et al. (2018) Alayat et al. (2020)
3	8	BTL 6000 (BTL, Prag, Tschechien)	Kheshie et al. (2014) Metim Ökmen et al. (2017) Kolu et al. (2018) Ordahan et al. (2018) Yilmaz et al. (2020) Abdelbasset et al. (2020a) Akaltun et al. (2021) Naruseviciute et al. (2020)
4	8	Roland Series IR 27 (Elettronica Pagani, Mailand, Italien)	Altan et al. (2005) Bingöl et al. (2005) Kiralp et al. (2006) Yurtkuran et al. (2007) Bal et al. (2009) Dincer et al. (2009) Yeldan et al. (2009) Baktir et al. (2019)
5	7	GaAs (Irradia AB, Stockholm, Schweden)	Haker und Lundeberg (1990) Haker und Lundeberg (1991a) Haker und Lundeberg (1991b) Bjordal et al. (2006) Kiritsi et al. (2010) Alfredo et al. (2012) Youssef et al. (2016)

Tabelle 4.61 (Fortsetzung)

Nr.	n	Gerät	Studien
6	6	GaAlAs laser device (Chattanooga Group, Chattanooga, TN, USA)	Ay et al. (2010) Ammar (2014) Yavuz et al. (2014) Kibar et al. (2017) Koldaş Doğan et al. (2017) Ordahan et al. (2018)
7	5	Thor DD Laser Therapy Unit (Thor Photomedicine, Amersham, UK)	Tumilty et al. (2008) Tumilty et al. (2012) de Oliveira Melo et al. (2015) de Oliveira Melo et al. (2016) de Oliveira Melo et al. (2019)
8	4	Frank Line IR 30 (Fysiomed, Edegem, Belgien)	Gur et al. (2002) Gur et al. (2003a) Gur et al. (2003b) Gur et al. (2004)
9	3	Biotherapy 3 (Omega Universal Technologies, London, UK)	Palmgren et al. (1989) Hall et al. (1994) Goats et al. (1996)
10	2	CTL 1106MX (CTL, Warschau, Polen)	Öz et al. (2010) Skorupska et al. (2012) Taradaj et al. (2019)
11	2	Biotherapy 2000 (Omega Universal Technologies, London, UK)	Stergioulas (2008) Stergioulas et al. (2008)
12	2	Painless Light PL-830 (Advanced Chips & Products Corp., Hillside, NJ, USA)	Chang et al. (2008) Jiang et al. (2011)
13	2	Maestro CCM (Medicom, Prag, Tschechien)	Dundar et al. (2007) Evcik et al. (2007)
14	2	LCT-1000 (Lightforce, New Castle, DE, USA)	Panton et al. (2013) Roberts et al. (2013)
15	2	Combi Laser C501 (Schreuder Medical, Amersfoort, Niederlande)	Vasseljen (1992) Vasseljen et al. (1992)
16	2	M 1000 (Level-Laser Co., Moglano, Italien)	Stergioulas (2007) Celik et al. (2019)
17	2	GaAlAs, Laser- pulse (Ibramed, São Paulo, Brasilien)	Matsutani et al. (2007) Ruaro et al. (2014)
18	2	904 nm Laser Device (Enraf Nonius, Rotterdam, Niederlande)	Konstantinovic et al. (2010a) Konstantinovic et al. (2010b)
19	2	HIRO 1.0 (ASA, Vicenza, Italien)	Santamato et al. (2009) Fiore et al. (2011)
20	2	Ga-Al-As laser, (Acupak, Melbourne, Australien)	Glazov et al. (2009) Hinman et al. (2014)
21	2	Dynatron 1120 (Dynatronics, Eagan, MN, USA)	Waylonis et al. (1988) Snyder-Mackler et al. (1989)
22	2	DioLase-Gerät (DioLase, Mountain View, CA, USA)	Chow et al. (2004) Chow et al. (2006)
23	2	Sys Stim 540 (Mettler Electronics Corp. Anaheim, CA, USA)	Montes-Molina et al. (2009) Montes-Molina et al. (2012)
24	2	BTL 5000 combined ESWT (BTL, Prag, Tschechien)	Ulusoy et al. (2017) Armagan Alpturker et al. (2020)
25	2	Photon Lase III (DMC Equipamentos, São Carlos, Brasilien)	Germano Maciel et al. (2018) de Matos Brunelli Braghin et al. (2019)

Tabelle 4.61 (Fortsetzung)

Nr.	n	Gerät	Studien
26	1	Prototype (Physics Institute of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, Brasilien; zusammen mit MMO Ltda., São Carlos, Brasilien)	Paolillo et al. (2015) Paolillo et al. (2018)
27	1	MLS Laser of M1 type (ASA, Vicenca, Italien)	Rayegani et al. (2011) Rayegani et al. (2013)
28	1	LA400 (United Integrated Services, New Taipei City, Taiwan)	Lin et al. (2012) Lin et al. (2017)
29	2	Cosmogamma Cyborg (AC International, Cento, Italien)	Boyratz et al. (2015)
30	2	Laser probes (Omega Universal Technologies Ltd, London, UK)	Saunders (1995)
31	2	Las- Expert (Physiomed, Schnaittach, Deutschland)	Naruseviciute und Kubilius (2020)
32	1	BTL 4000 (BTL, Tschechien, Prag)	Yinilmez Sanmak et al. (2018)
33	1	Ga-Al-As (RJ-Laser, Waldkirch, Deutschland)	Fusakul et al. (2014)
34	1	M300 (Level Laser, Gardigiano di Scorze, Italien)	Pratelli et al. (2015)
35	1	Combined 830-1064 nm laser (keine weiteren Angaben)	Casale et al. (2013)
36	1	Physiolaser Olympic (RJ-Laser, Waldkirch, Deutschland)	Shooshtari et al. (2008)
37	1	Ibramed Laser Pen (Ibramed, São Paulo, Brasilien)	de Pinho Teixeira Alves und de Araújo (2015)
38	1	Physioter D-50 (ZEM MARP Electronic, Krakow, Polen)	Dakowicz et al. (2011)
39	1	Uni-laser (Asah Medico, Hvidovre, Dänemark)	Yagci et al. (2009)
40	1	HPL1.6 (Elettronica Pagani, Mailand, Italien)	Sawan et al. (2013)
41	1	Phyaction 796 (Uniphy, Eindhoven, Niederlande)	Lam et al. (2007)
42	1	Endolaser 422 (Enraf Nonius, Rotterdam, Niederlande)	Emanet et al. (2010)
43	1	3ML Omega Biotherapy (Omega Universal Technologies, London, UK)	Papadopoulos et al. (1996)
44	1	Unilaser 2000 (Asah Medico, Hvidovre, Dänemark))	Krashenninikoff et al. (1994)
45	1	Eriel laser (keine weiteren Angaben)	Brosseau et al. (2005b)
46	1	GaAlAs Leonardo Bio (DMT, Lissone, Italien)	Vallone et al. (2014)
47	1	DAVE GS 83 (keine weiteren Angaben)	Kreczi und Klingler (1986)
48	1	Omniprobe Laser Stimulation Unit (Physio Technology, Inc., Topeka, KS, USA)	Klein und Eek (1990)
49	1	J&S Medical-Cyberlight (J&S, Rome, Italien)	Manca et al. (2014)
50	1	Nuova Vitienne R infrared laser (keine weiteren Angaben)	Ceccherelli et al. (1989)
51	1	Power Nextlaser TOP 250 (keine weiteren Angaben)	Ilbuldu et al. (2004)
52	1	LP-5F1 (Ito, Tokyo, Japan)	Sumen et al. (2015)
53	1	Azor-2K (Azor, Moskau, Russland)	Shirani et al. (2009)
54	1	Gymna 200 Infrared Laser (Gymna, Belzen, Belgien)	Ceylan et al. (2004)
55	1	LASERneedle (Ronbar AG, Basel, Schweiz)	Katsoulis et al. (2010)
56	1	Felas IR 72 (Felas Lasers, Scharbeutz, Deutschland)	Olavi et al. (1989)

Tabelle 4.61 (Fortsetzung)

Nr.	n	Gerät	Studien
57	1	GaAlAs Twin Laser (MMO Ltda., São Carlos, Brasilien)	Carrasco et al. (2008)
58	1	Intellect 800 (Chattanooga Group, Chattanooga, TN, USA))	Laakso et al. (1997)
59	1	CTLS-8 (Eins Medical, Busan, Korea)	Lee und Han (2011)
60	1	Endolaser 465 (Enraf Nonius, Rotterdam, Niederlande)	Thorsen et al. (1992)
61	1	HeNe laser Model 1120, Dynatron Research Corporation, Salt Lake City, UT, USA)	Walker et al. (1987)
62	1	American Optical 641 SB high radiance Nd glass laser (keine weiteren Angaben)	Goldman et al. (1980)
63	1	AlGaAs (BIOSET brand, Indústria de Tecnologia Eletrônica Ltda, Rio Claro, Brasilien)	Meireles et al. (2010)
64	1	GaAsAl (P-Laser Int., Veksø, Dänemark)	Johannsen et al. (1994)
65	1	Type C biotronic He-Ne laser (keine weiteren Angaben)	Bliddal et al. (1987)
66	1	Ga As laser, Laserpet 100 (Petas Co., Türkei)	Calis et al. (2011)
67	1	ILUX Yag (Mectronic Medicale SRL, Grassobbio, Italien)	Badıl Gülođlu (2021)
68	1	Alfalaser (keine weiteren Angaben)	Lavies (1998)
69	1	Mustang-024, Russia (keine weiteren Angaben)	Abrisham et al. (2011)
70	1	CBM Master III (CB Medico, Kopenhagen, Dänemark)	Vecchio et al. (1993)
71	1	Selbstgebautes Lasergerät	Shen et al. (2009)
72	1	OPTIKOP KLS (Lasereuropa, Budapest, Ungarn)	Hegedus et al. (2009)
73	1	AlGaInP ((Ibramed, São Paulo, Brasilien)	Barbosa et al. (2016)
74	1	K-Laser Mod 1200 (Eltech, K-Laser, Srl, Treviso, Italien)	Cantero-Tellez et al. (2020)
75	1	SALUS-Heallaser (Remed, Seongnam, Kyonggi-do, Korea)	Choi et al. (2017)
76	1	Pain Away/ Pain Cure (Multi Radianc Medical, Solon, OH, USA)	De Paula Gomes et al. (2018)
77	1	Laser Scanner (Elettronica Pagani, Mailand, Italien)	Ezzati et al. (2019)
78	1	ASGA (Ibramed, São Paulo, Brasilien)	Rubira et al. (2019)
79	1	Handylaser Trion (RJ- Laser, Waldkirch, Deutschland)	Helianthi et al. (2016)
80	1	Raycome Class 3B (Shenzhen Raycome Health Technology, Shenzhen, China)	Ip (2015)
81	1	Laserpen (RJ-Laser, Waldkirch, Deutschland)	Juan et al. (2019)
82	1	GaAlAs (Canadian Optic and Laser Center (COL Center)) (keine weiteren Angaben)	Kholoosy et al. (2020)
83	1	HEALTRON (United Technology, Inc., Israel) (keine weiteren Angaben)	Kim et al. (2016)
84	1	Medicolaser 637 (Technoline, Belgrad, Serbien)	Lazovic et al. (2014)
85	1	TI-816-2 (Transverse Inc., Taipeh, Taiwan)	Liao et al. (2020)
86	1	KX-IR- 2A (Guilin Kangxing Medical Instruments Co Ltd, Guangxi, China)	Momenzadeh et al. (2016)
87	1	E20780 (Fysiomed, Edegem, Belgien)	Nazari et al. (2019)
88	1	Uni Laser 201 (Asah Medico, Hvidovre, Dänemark)	Saayman et al. (2011)
89	1	Mid 1500 (Irradia, Spånga, Schweden)	Sharma et al. (2020)

Tabelle 4.61 (Fortsetzung)

Nr.	n	Gerät	Studien
90	1	Solco- LF 100 (Solco Biomedical Co., Ltd., Pyeongtaek, Korea)	Shin et al. (2015)
91	1	Erchonia Model EVRL (Erchonia, Fountain Inn, SC, USA)	Silverman et al. (2019)
92	1	Indolaser device (keine weiteren Angaben)	Taheri et al. (2016)
93	1	FisioLaser Scan HP4 (Chinesport, Udine, Italien)	Tantawy et al. (2019)
94	1	Chattanooga Ga-AS (keine weiteren Angaben)	Vayvay et al. (2016)
95	1	Lightforce EX (Lightforce, New Castle, DE, USA)	Tumilty et al. (2016)
96	1	MPHI Laser Device (ASA, Vicenca, Italien)	Alayat et al. (2017)
97	1	CHELT Therapy (Mectronic MedicaLe, Bergamo, Italien)	Notarnicola et al. (2014)

4.3.17 Übersicht über die verwendeten Kontrolltherapien

In Tabelle 4.62 sind alle Kontrolltherapien zusammengefasst, die in den oben gelisteten Studien (Abschnitte 4.3.1 – 4.3.15) verwendet wurden. Insgesamt kamen in den 204 gelisteten Studien über 90 verschiedene Kontrolltherapien zur Verwendung.

Tabelle 4.62 | Kontrolltherapien, die in den in den Tabellen 3.1, 3.5, 3.9, 3.13, 3.17, 3.21, 3.25, 3.29, 3.33, 3.37, 3.41, 3.45, 3.49, 3.53 und 3.57 gelisteten Studien verwendet wurden.

Abkürzungen: Nr. = in Spalte K in den oben genannten Tabellen gelistete Nummern.

Nr.	Therapie
1	Extrakorporale Stoßwellentherapie + physiotherapeutische Übungen
2	Extrakorporale Stoßwellentherapie + exzentrische Therapie + Dehnungsübungen
3	Laserscheinbehandlung + exzentrische Übungen
4	Laserscheinbehandlung + Handgelenksschiene
5	Fasziale Manipulation
6	Transkutane elektrische Nervenstimulation + Rehabilitation
7	Ultraschall + Schiene
8	Schiene
9	Gepulste Magnetfeldtherapie
10	Niedrigenergielasertherapie mit 0,6 J
11	Ultraschall
12	Übungen
13	Orthese
14	Laserscheinbehandlung + physiotherapeutische Übungen
15	Laserscheinbehandlung + plyometrische Übungen
16	Ultraschall + Wärmepackung
17	Orthesen
18	Ultraschall + Massage tieferer Gewebe
19	Lasertherapie über Triggerpunkten
20	Lokale Lasertherapie + Lasertherapie über Triggerpunkten
21	Lokale Ultraschalltherapie
22	Anderer Laser
23	Ibuprofen Iontophorese
24	Nimesulid 200mg/Tag
25	Laserscheinbehandlung + Nimesulid 200mg/Tag
26	Lasertherapie + Übungen
27	Lasertherapie mit unterschiedlicher Energie
28	Laserscheinbehandlung + Wärmepackung (akut)
29	Lasertherapie + Wärmepackung (chronisch)
30	Laserscheinbehandlung + Wärmepackung (chronisch)
31	Traktion
32	Lasertherapie + Hochenergie-Lasertherapie
33	Laserscheinbehandlung + Schröpfen
34	Ultraschall + physiotherapeutische Übungen
35	Medikamentöse Therapie + physiotherapeutische Übungen
36	Sacroiliakale Unterstützung + physiotherapeutische Übungen
37	Schein-Ultraschallbehandlung
38	Lasertherapie mit höherer Energie
39	Dry needling + physiotherapeutische Übungen
40	Dehnungsübungen

Tabelle 4.62 (Fortsetzung)

Nr.	Therapie
41	Intramuskuläre elektrische Stimulationstherapie + Dehnungsübungen
42	Laserscheinbehandlung + Diät + medikamentöse Therapie
43	Lasertherapie (genaue Behandlung für die Patientinnen und Patienten unbekannt)
44	Okklusionsschientherapie
45	Lokalanästhesie + physiotherapeutische Übungen
46	Lasertherapie mit anderer Wellenlänge
47	Ischämische Kompression
48	Laserscheinbehandlung
49	Lasertherapie + Laserscheinbehandlung
50	Ultraschall + transkutane elektrische Nervenstimulation + physiotherapeutische Übungen
51	Injektion von Kortikosteroid
52	Ultraschall + Wärme + physiotherapeutische Übungen
53	Wärme + physiotherapeutische Übungen
54	Laserscheinbehandlung + Kälte + physiotherapeutische Übungen
55	Extrakorporale Stoßwellentherapie
56	Laserscheinbehandlung + Physiotherapie
57	Einmalige Lasertherapie
58	Medikamentöse Behandlung
59	Keine Therapie
60	Monochromatische Infrarot-Phototherapie + physiotherapeutische Übungen
61	Lasertherapie mit anderer Energie + physiotherapeutische Übungen
62	Lasertherapie mit anderer Energie
63	Elektrotherapie
64	Lasertherapie + Elektrotherapie
65	Phonophorese
66	Iontophorese
67	Orthese+ Karpaltunnelsyndrom-Übungsbuch
68	"Soft tissue therapy" (nicht im Detail erläutert)
69	Extrakorporale Stoßwellentherapie + Dehnungsübungen
70	Konservative physikalische Therapie
71	Extrakorporale Stoßwellentherapie + physiotherapeutische Übungen + Orthese
73	Physiotherapeutische Übungen + Orthese
73	Anderes Lasertherapiegerät
74	Laserscheinbehandlung + Injektion von Kochsalzlösung (als Plazebobehandlung)
75	Wärme + Transkutane elektrische Nervenstimulation + physiotherapeutische Übungen
76	Laserscheinbehandlung + Chinesisches Schröpfen ("Chinese cupping")
77	Transkutane elektrische Nervenstimulation + medikamentöse Therapie
78	Wärme + Transkutane elektrische Nervenstimulation + Balneotherapie + physiotherapeutische Übungen + Ultraschall
79	Intravenöse Lasertherapie
80	Kinesiotape + physiotherapeutische Übungen

Tabelle 4.62 (Fortsetzung)

Nr	Therapie
81	Kinesiotape + physiotherapeutische Übungen + Manuelle Therapie
82	Chiropraktische Gelenkmanipulation
83	Chiropraktische Gelenkmanipulation + Lasertherapie
84	Bandage
85	Lasertherapie + Handgelenksmanipulation
86	Extrakorporale Stoßwellentherapie + physiotherapeutische Übungen
87	Kinesiotape
88	Laserscheinbehandlung + Druckentlastungstechnik
89	Neuromuskuläre elektrische Stimulation
90	Laserscheinbehandlung + neuromuskuläre elektrische Stimulation
91	Lasertherapie + Ultraschall + physiotherapeutische Übungen
92	Lasertherapie mit geringerer Energie; Laserscheinbehandlung

4.4 Ergebnisse der Metaanalyse

Die Tabellen 4.64 – 4.71 fassen die Rohdaten sowie die Ergebnisse der Metaanalyse zusammen; in Tabelle 4.63 sind die in den Tabellen 4.64 – 4.71 verwendeten Abkürzungen erläutert. Die Abbildungen 3.17 und 3.18 zeigen die Ergebnisse der Metaanalyse grafisch.

Für alle untersuchten Indikationen zeigte die Metaanalyse eine statistisch signifikant bessere Wirkung der Lasertherapie als eine Schein- bzw. Nichtbehandlung.

Tabelle 4.63 | Abkürzungen von Variablen und Parametern, die in den Tabellen 4.64 – 4.71 verwendet werden.

Variable / Parameter	Bedeutung
V1	Mittelwert des VAS Schmerzscores der Patientinnen und Patienten in der Behandlungsgruppe (Lasertherapie) vor der Behandlung
V2	Standardabweichung des VAS Schmerzscores der Patientinnen und Patienten in der Behandlungsgruppe vor der Behandlung
V3	Mittelwert des VAS Schmerzscores der Patientinnen und Patienten in der Behandlungsgruppe nach der Behandlung
V4	Standardabweichung des VAS Schmerzscores der Patientinnen und Patienten in der Behandlungsgruppe nach der Behandlung
V5	Anzahl der Patientinnen und Patienten in der Behandlungsgruppe
V6	Mittelwert des VAS Schmerzscores der Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe vor der Behandlung
V7	Standardabweichung des VAS Schmerzscores der Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe vor der Behandlung
V8	Mittelwert des VAS Schmerzscores der Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe nach der Behandlung
V9	Standardabweichung des VAS Schmerzscores der Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe nach der Behandlung
V10	Anzahl der Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe
P1	Standardunterschied der Mittelwerte
P2	Standardfehler des Standardunterschieds der Mittelwerte
P3	Varianz des Standardunterschieds der Mittelwerte
P4	Untere Grenze des 95% Konfidenzintervalls des Standardunterschieds der Mittelwerte
P5	Obere Grenze des 95% Konfidenzintervalls des Standardunterschieds der Mittelwerte
P6	Z-Wert
P7	P-Wert des Z-Wertes

Tabelle 4.64 Ergebnisse der Metaanalyse der ausgewählten Studien zur Kniegelenksarthrose (vgl. Tabelle 4.12).

Die Variablen V1 – V10 sowie die Parameter P1 – P7 sind in Tabelle 4.63 erläutert.

Studie	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Gur et al. (2003a)	2,7	2,61	0,71	0,65	30	2,54	1,59	1,58	0,97	30
Tascioglu et at. (2004)	3,908	1,486	3,868	1,486	20	3,792	1,1	3,894	1,505	20
Yurtkuran et al. (2007)	6,47	1,61	5,58	2,36	27	6,06	2,17	4,81	3,49	25
Montes-Molina et al. (2009)	5,85	2,44	3,87	3,04	76	5,34	2,59	3,46	2,82	76
Alfredo et al. (2012)	5,32	3,55	2,4	2,23	20	3,54	3,06	1,97	2,21	20
al Rashoud et al. (2014)	6,4	1,52	3,4	1,52	26	5,9	1,43	5,2	1,43	23
Kheshie et al. (2014)	7,8	0,62	2,15	0,75	20	7,87	0,351	3,93	0,703	15
Alfredo et al. (2018)	5,32	3,55	2,4	2,23	20	3,54	3,06	1,97	2,21	20
Liao et al. (2020)	3	1,93	0,33	0,62	16	3,33	1,68	2,67	1,29	17
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7			
Gur et al. (2003)	1,248	0,282	0,08	0,694	1,801	4,421	<0,001			
Tascioglu et at. (2004)	0,095	0,316	0,1	-0,525	0,715	0,3	0,764			
Yurtkuran et al. (2007)	0,122	0,278	0,077	-0,423	0,666	0,438	0,661			
Montes-Molina et al. (2007)	0,034	0,162	0,026	-0,284	0,352	0,21	0,833			
Alfredo et al. (2012)	0,608	0,323	0,105	-0,026	1,242	1,88	0,06			
al Rashoud et al. (2014)	1,556	0,327	0,107	0,916	2,196	4,764	<0,001			
Kheshie et al. (2014)	2,341	0,442	0,195	1,476	3,206	5,302	<0,001			
Alfredo et al. (2018)	1,966	0,424	0,18	1,135	2,798	4,636	<0,001			
Liao et al. (2020)	1,966	0,424	0,18	1,135	2,798	4,636	<0,001			
Mittlere Effektgröße	0,904	0,266	0,071	0,383	1,424	3,403	0,001			
Prädiktionsintervall	0,904			-0,929	2,737					
Q-Wert	57,424									
P-Wert des Q-Werts	<0,001									
I ² Statistik	86%									
Tau ² (Varianz der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	0,53									
Tau (Standardabweichung der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	0,728									

Tabelle 4.65 Ergebnisse der Metaanalyse der ausgewählten Studien zum Karpaltunnelsyndrom (vgl. Tabelle 4.20).

Die Variablen V1 – V10 sowie die Parameter P1 – P7 sind in Tabelle 4.63 erläutert.

Studie	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Shooshtari et al. (2008)	7,8	0,42	4,98	0,12	40	8,01	0,36	7,62	0,4	40
Tascioglu et al. (2012)	6,35	1,18	4,05	2,06	20	5,4	1,57	4,55	1,39	20
Rayegani et al. (2013)	4,29	2,9	2,6	1,7	18	3,7	2,5	1,4	2,1	15
Fusalkul et al. (2014)	6,26	0,27	3,45	0,38	63	4,83	0,33	2,48	0,36	63
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7			
Shooshtari et al. (2008)	8,229	9,577	6,881	0,688	0,473	11,962	0			
Tascioglu et al. (2012)	0,825	1,471	0,18	0,329	0,109	2,505	0,012			
Rayegani et al. (2013)	0,323	1,012	-0,367	0,352	0,124	0,917	0,359			
Fusalkul et al. (2014)	1,243	1,624	0,861	0,195	0,038	6,386	0			
Mittlere Effektgröße	2,535	4,533	0,536	1,02	1,04	2,486	0,013			
Prädiktionsintervall	2,535			12,175	-7,105					
Q-Wert	111,32									
P-Wert des Q-Werts	<0,001									
I ² Statistik	97%									
Tau ² (Varianz der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	3,98									
Tau (Standardabweichung der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	1,995									

Tabelle 4.66 Ergebnisse der Metaanalyse der ausgewählten Studien zum Tennisellenbogen (vgl. Tabelle 4.24).

Die Variablen V1 – V10 sowie die Parameter P1 – P7 sind in Tabelle 4.63 erläutert.

Studie	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Basford et al. (2000)	4,77	4,5	3,43	2,8	23	4,21	3,38	2,51	2,1	24
Stergioulas (2007)	6,95	9,81	1,61	3,3	25	6,1	8,43	2,93	3,11	25
Lam et al. (2007)	5,14	1,88	1,48	1,36	21	5,61	2,03	4,28	2,11	18
Emanet et al. (2010)	2,45	1,39	0,29	0,47	25	2,5	1,02	0,57	0,79	25
Dundar et al. (2015a)	4,3	1,3	3,1	1,2	31	4,4	1,2	4	2,3	31
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7			
Basford et al. (2000)	0,146	0,292	0,085	-0,427	0,719	0,499	0,617			
Stergioulas (2007)	0,677	0,291	0,085	0,107	1,247	2,327	0,02			
Lam et al. (2007)	1,335	0,355	0,126	0,639	2,031	3,761	0			
Emanet et al. (2010)	0,354	0,285	0,081	-0,205	0,913	1,241	0,214			
Dundar et al. (2015b)	0,436	0,257	0,066	-0,068	0,94	1,697	0,09			
Mittlere Effektgröße	0,554	0,181	0,033	0,199	0,91	3,056	0,002			
Prädiktionsintervall	0,554			-0,506	1,614					
Q-Wert	7,642									
P-Wert des Q-Werts	0,106									
I ² Statistik	48%									
Tau ² (Varianz der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	0,078									
Tau (Standardabweichung der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	0,279									

Tabelle 4.67 Ergebnisse der Metaanalyse der ausgewählten Studien zum subakromialen Impingement (vgl. Tabelle 4.28).

Die Variablen V1 – V10 sowie die Parameter P1 – P7 sind in Tabelle 4.63 erläutert.

Studie	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Yeldan et al. (2009)	3,08	2,56	1,61	1,96	34	3,96	2,69	1,92	1,89	26
Kelle et al. (2014)	2,5	1,83	1,15	1,38	45	2,14	1,23	1,63	0,95	45
Kibar et al. (2017)	2,36	2,2	0,56	0,93	36	2,84	2,39	3,62	1,93	37
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7			
Yeldan et al.	0,295	0,262	0,069	-0,218	0,809	1,128	0,26			
Kelle et al.	0,709	0,217	0,047	0,283	1,135	3,262	0,001			
Kibar et al.	1,696	0,273	0,074	1,161	2,231	6,213	0			
Mittlere Effektgröße	0,894	0,389	0,151	0,132	1,655	2,3	0,021			
Prädiktionsintervall	0,894			-8,451	10,238					
Q-Wert	14,504									
P-Wert des Q-Werts	0,001									
I ² Statistik	86%									
Tau ² (Varianz der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	0,39									
Tau (Standardabweichung der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	0,624									

Tabelle 4.68 Ergebnisse der Metaanalyse der ausgewählten Studien zum unspezifischen Schulterschmerz (vgl. Tabelle 4.36).

Die Variablen V1 – V10 sowie die Parameter P1 – P7 sind in Tabelle 4.63 erläutert.

Studie	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Eslamian et al. (2012)	7,24	1,83	3,16	2,21	25	7,68	1,34	5	2,67	25
Stergioulas et al. (2008)	7,09	0,851	2,392	0,611	31	6,703	0,812	3,66	0,709	32
Abrisham et al. (2011)	6,6	1,1	2,1	0,5	40	5,9	1,2	3	1	40
Elsoldany et al. (2018)	7,9	0,8	1,87	0,6	30	7,7	1	4,9	0,7	30
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7			
Eslamian et al. (2012)	0,571	0,289	0,083	0,006	1,137	1,98	0,048			
Stergioulas et al. (2008b)	2,498	0,336	0,113	1,839	3,157	7,43	0			
Abrisham et al. (2011)	2,024	0,275	0,076	1,485	2,563	7,361	0			
Elsoldany et al. (2018)	4,955	0,521	0,271	3,934	5,975	9,513	0			
Mittlere Effektgröße	2,461	0,743	0,552	1,005	3,918	3,312	0,001			
Prädiktionsintervall	2,461			-4,515	9,438					
Q-Wert	58,838									
P-Wert des Q-Werts	<0,001									
I ² Statistik	95%									
Tau ² (Varianz der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	2,077									
Tau (Standardabweichung der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	1,441									

Tabelle 4.69 Ergebnisse der Metaanalyse der ausgewählten Studien zum unspezifischen, lumbalen Rückenschmerz (vgl. Tabelle 4.40).

Die Variablen V1 – V10 sowie die Parameter P1 – P7 sind in Tabelle 4.63 erläutert.

Studie	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Kreczi und Klingler (1986)	3,71	1,48	3,5	1,56	21	3,68	1,42	3,9	1,6	21
Klein und Eek (1990)	3	1,2	1,7	1,4	10	3,3	1,1	2,1	1,2	10
Djavid et al. (2007)	6,2	1,6	2,4	1,4	21	6,3	2	4,3	1,6	20
Ay et al. (2010) akut	6,7	2,15	2,7	1,49	20	6,15	2,29	6,6	2,25	20
Ay et al. (2010) chronisch	6	2,29	2,65	1,42	20	6,6	2,25	2,65	1,46	20
Lin et al. (2012)	5	1,96	3,11	1,54	28	5,46	1,96	3,2	1,84	29
Alayat et al. (2014)	8,36	0,95	2,64	1,25	28	8,21	1,1	3,71	1,3	24
Shin et al. (2015)	4,46	1,18	3,35	1,61	28	4,78	1,09	3,5	1,27	26
Lin et al. (2017)	6,75	1,46	4,2	1,88	28	6,84	1,41	5,8	1,41	29
Abdelbasset et al. (2020b)	6,7	1,6	3,7	1,1	18	6,9	1,5	6,1	1,3	17
Kholoosy et al. (2020)	6,2	1,1	1,1	1,4	20	5,5	0,8	5,5	1,3	20
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7			
Kreczi und Klingler (1986)	0,272	0,31	0,096	-0,336	0,88	0,878	0,38			
Klein und Eek (1990)	0,077	0,447	0,2	-0,8	0,954	0,171	0,864			
Djavid et al. (2007)	1,199	0,339	0,115	0,534	1,865	3,534	0			
Ay et al. (2010) akut	2,332	0,41	0,168	1,529	3,135	5,69	0			
Ay et al. (2010) chronisch	0,417	0,32	0,102	-0,21	1,043	1,303	0,192			
Lin et al. (2012)	0,218	0,266	0,071	-0,303	0,739	0,819	0,413			
Alayat et al. (2014)	0,958	0,294	0,086	0,383	1,534	3,263	0,001			
Shin et al. (2015)	0,117	0,273	0,074	-0,418	0,651	0,428	0,669			
Lin et al. (2017)	0,911	0,278	0,077	0,365	1,457	3,273	0,001			
Abdelbasset et al. (2020b)	1,832	0,403	0,162	1,042	2,621	4,546	0			
Kholoosy et al. (2020)	3,775	0,527	0,278	2,742	4,809	7,158	0			
Mittlere Effektgröße	1,043	0,271	0,073	0,512	1,574	3,85	0			
Prädiktionsintervall	1,043			-0,923	3,009					
Q-value	72,157									
p-value of Q-value	<0,001									
I-squared statistic	86%									
Tau-squared (variance of the true effect sizes) [d units]	0,682									
Tau (standard deviation of the true effect sizes) [d units]	0,826									

Tabelle 4.70 Ergebnisse der Metaanalyse der ausgewählten Studien zum Myofaszialen Schmerzsyndrom (vgl. Tabelle 4.52).

Die Variablen V1 – V10 sowie die Parameter P1 – P7 sind in Tabelle 4.63 erläutert.

Studie	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Ceccherelli et al. (1989)	4,669	2,624	0,846	1,076	13	2,921	1,261	3,557	1,828	14
Gur et al. (2004)	7,39	2,28	2,45	2,92	30	6,87	1,96	6,29	3,52	30
Ceylan et al. (2004)	6,25	2,26	3,45	2,35	19	6,64	2,46	5,5	2,59	23
Ilbuldu et al. (2004)	5,5	1,96	2,05	1,43	20	5,7	1,81	3,65	2,03	20
Altan et al. (2005)	6,85	0,35	3,17	0,58	23	6,24	0,32	3,8	0,51	25
Dundar et al. (2007)	4,1	1,9	3,2	2,5	32	4,2	2,2	3,2	2,3	32
Carrasco et al. (2009) (105 J/cm ²)	8,4	1,02	7,14	2,68	10	7,3	1,31	6,75	2,45	10
Carrasco et al (2009) (60 J/cm ²)	7,67	1,13	5,67	2,99	10	7,86	1,26	5,4	3,06	10
Carrasco et al. (2009) (25 J/cm ²)	7,72	1,4	6,91	2,24	10	7,15	1,19	4,63	2,1	10
Katsoulis et al. (2010)	6,067	3,288	4,467	2,248	3	6,825	2,223	2,2	1,835	4
Dundar et al. (2015b)	5,9	1,4	2,6	1,2	38	5,7	1,5	4,1	1,4	38
Alayat et al. (2020)	8,03	0,72	1,43	0,773	25	7,9	0,71	3,6	0,674	25
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7			
Ceccherelli et al. (1989)	2,944	0,556	0,309	1,855	4,034	5,298	<0,001			
Gur et al. (2004)	1,348	0,286	0,082	0,788	1,909	4,713	<0,001			
Ceylan et al. (2004)	0,668	0,318	0,101	0,044	1,292	2,098	0,036			
Ilbuldu et al. (2004)	0,797	0,329	0,108	0,153	1,441	2,427	0,015			
Altan et al. (2005)	2,277	0,371	0,137	1,55	3,004	6,141	<0,001			
Dundar et al. (2007)	0,042	0,25	0,063	-0,448	0,532	0,167	0,868			
Carrasco et al. (2009) (105 J/cm ²)	0,277	0,449	0,202	-0,604	1,157	0,615	0,538			
Carrasco et al (2009) (60 J/cm ²)	0,152	0,448	0,201	-0,726	1,03	0,34	0,734			
Carrasco et al. (2009) (25 J/cm ²)	0,788	0,464	0,216	-0,122	1,697	1,697	0,09			
Katsoulis et al. (2010)	1,505	0,863	0,745	-0,187	3,196	1,743	0,081			
Dundar et al. (2015a)	1,304	0,253	0,064	0,809	1,799	5,161	<0,001			
Alayat et al. (2020)	3,172	0,425	0,181	2,339	4,004	7,463	<0,001			
Mittlere Effektgröße	1,237	0,28	0,078	0,689	1,785	4,422	<0,001			
Prädiktionsintervall	1,237	-0,806	3,279							
Q-value	75,35									
p-value of Q-value	<0,001									
I-quared statistic	85%									
Tau-squared (variance of the true effect sizes) [d units]	0,762									
Tau (standard deviation of the true effect sizes) [d units]	0,873									

Tabelle 4.71 Ergebnisse der Metaanalyse der ausgewählten Studien zur Rheumatoiden Arthritis (vgl. Tabelle 4.56).

Die Variablen V1 – V10 sowie die Parameter P1 – P7 sind in Tabelle 4.63 erläutert.

Studie	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Hall et al. (1994)	3,9	2,236	2,8	2,884	20	2,9	1,789	2	1,803	20
Goats et al. (1996)	5,52	2,85	5,34	3,58	25	4,83	1,89	5,91	2,73	10
Ekim et al. (2007)	5,6	1,4	3,3	0,9	10	5,5	1,5	4,3	0,6	9
Meireles et al. (2010) rechte Hand	3,63	1,44	2,68	1,44	41	3,79	1,4	3,13	1,64	41
Meireles et al. (2010) linke Hand	3,43	1,2	2,88	1,49	41	3,74	1,57	3,05	1,65	41
el-Shami et al. (2018) rechtes Knie	5,07	0,46	2,8	0,56	15	5,13	0,35	4,47	0,52	15
el-Shami et al. (2018) linkes Knie	5	0,53	2,73	0,59	15	5,067	0,26	4,53	0,52	15
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7			
Hall et al. (1994)	0,083	0,316	0,1	-0,537	0,703	0,263	0,793			
Goats et al. (1996)	0,374	0,377	0,142	-0,365	1,113	0,992	0,321			
Ekim et al. (2007)	1,422	0,514	0,264	0,414	2,43	2,766	0,006			
Meireles et al. (2010) rechte Hand	0,188	0,221	0,049	-0,246	0,622	0,849	0,396			
Meireles et al. (2010) linke Hand	0,089	0,221	0,049	-0,344	0,522	0,403	0,687			
El-Shami et al. (2018) rechtes Knie	2,979	0,53	0,281	1,94	4,019	5,618	<0,001			
El-Shami et al. (2018) linkes Knie	3,116	0,543	0,295	2,051	4,181	5,736	<0,001			
Mittlere Effektgröße	1,074	0,393	0,154	0,304	1,844	2,733	0,006			
Prädiktionsintervall	1,074			-1,593	3,741					
Q-Wert	55,53									
P-Wert des Q-Werts	<0,001									
I ² Statistik	89%									
Tau ² (Varianz der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	0,922									
Tau (Standardabweichung der wahren Effektgrößen) [d Einheiten]	0,96									

Abbildung 3.17 | Forest-Plots der Ergebnisse der Metaanalysen zur Behandlung der Indikationen Kniegelenksarthrose, Karpaltunnelsyndrom, Tennisellenbogen und Subakromiales Impingement Lasertherapie. Einzelergebnisse sind durch schwarze Striche dargestellt; Gruppenergebnisse sind durch betonte, schwarze Striche dargestellt. Vertikale Striche repräsentieren jeweils die Standarddifferenz der Mittelwerte, und horizontale Striche jeweils das Intervall zwischen dem unteren und dem oberen Limit.

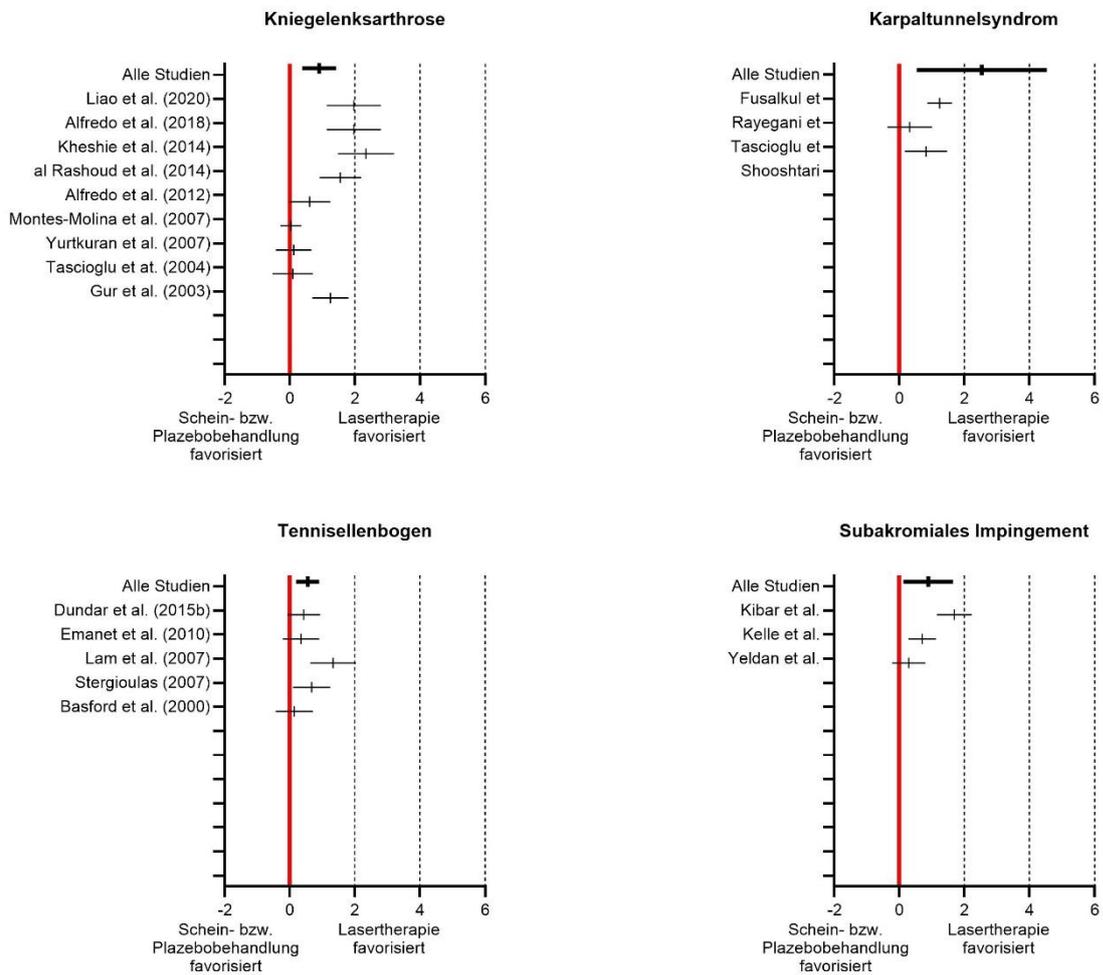
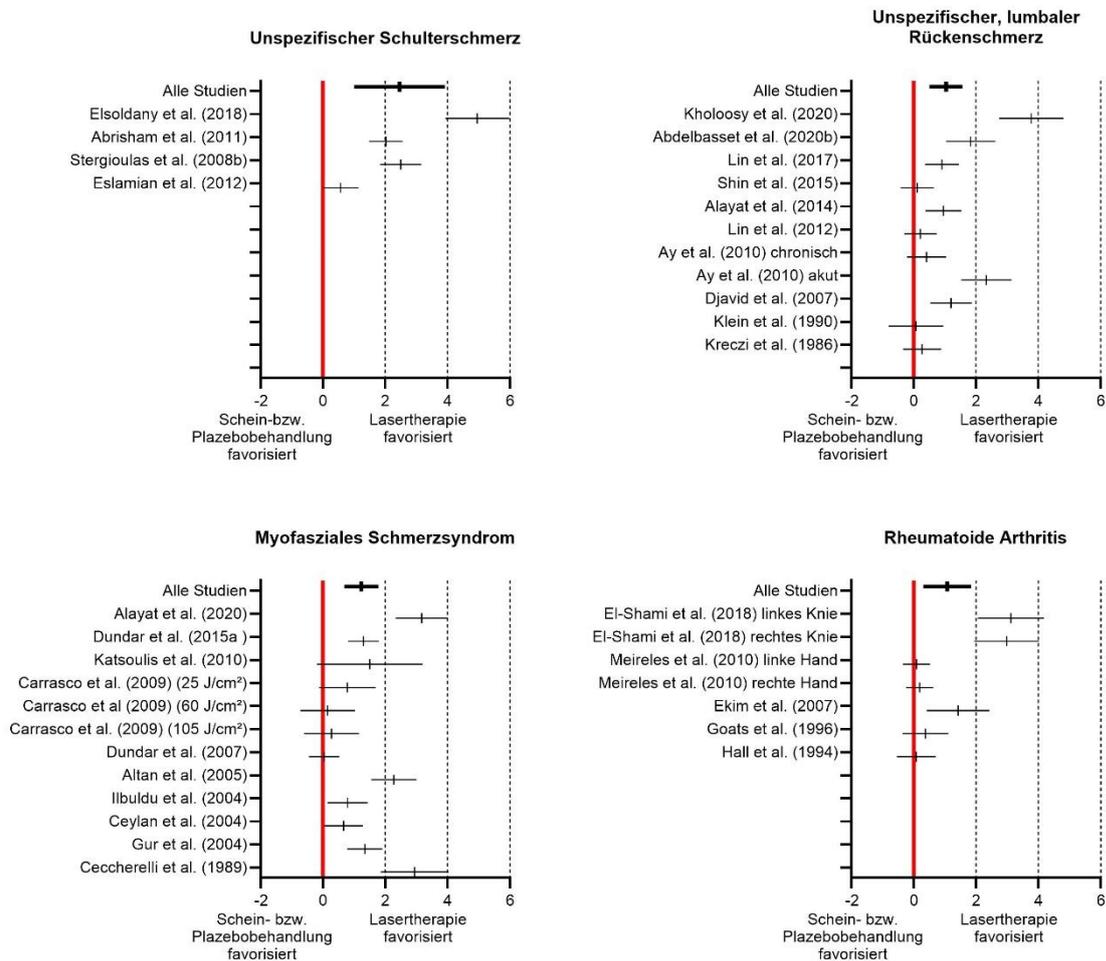


Abbildung 3.18 | Forest-Plots der Ergebnisse der Metaanalysen zur Behandlung der Indikationen unspezifischer Schulterschmerz, unspezifischer, lumbaler Rückenschmerz, myofasiales Schmerzsyndrom und rheumatoide Arthritis mit Lasertherapie. Einzelergebnisse sind durch schwarze Striche dargestellt; Gruppenergebnisse sind durch betonte, schwarze Striche dargestellt. Vertikale Striche repräsentieren jeweils die Standarddifferenz der Mittelwerte, und horizontale Striche jeweils das Intervall zwischen dem unteren und dem oberen Limit.



5. Diskussion

Die vorliegende Arbeit behandelt die Fragestellung des Effekts von Lasertherapie auf die Schmerzwahrnehmung bei orthopädischen Krankheitsbildern. Um dieser Fragestellung nachzugehen, wurden mittels eines systematischen Reviews insgesamt 203 klinische Studien mit insgesamt 11.072 Patientinnen und Patienten untersucht, die sich mit dem Effekt von Lasertherapie auf verschiedene orthopädische Krankheitsbilder beschäftigten. Darüber hinaus wurden diejenigen Studien, bei denen dies möglich war, zusätzlich einer indikationsspezifischen Metaanalyse in Bezug auf die Wirksamkeit von Lasertherapie unterzogen. In den in die vorliegende Arbeit eingeschlossenen klinischen Studien wurden insgesamt 15 verschiedene Krankheitsbilder untersucht:

- (1) Plantarfasziopathie,
- (2) Tendinopathie der Achillessehne,
- (3) Kniegelenksarthrose,
- (4) Osteoarthritis der Hand,
- (5) Karpaltunnelsyndrom,
- (6) Tennisellenbogen,
- (7) Subakromiales Impingement,
- (8) Tendinopathie der Supraspinatussehne,
- (9) Unspezifischer lumbaler Rückenschmerz,
- (10) Unspezifischer Schulterschmerz,
- (11) Unspezifischer Nackenschmerz,
- (12) Spannungskopfschmerz,
- (13) Myofasziales Schmerzsyndrom,
- (14) Rheumatoide Arthritis, und
- (15) Fibromyalgie.

Über alle untersuchten Krankheitsbilder hinweg betrachtet konnte gezeigt werden, dass die Lasertherapie bei den meisten Krankheitsbildern einen schmerzreduzierenden Effekt hatte und zu einer Verbesserung des mittleren VAS (Visual Analog Scale) Schmerz-Scores führte. Eine direkte Abhängigkeit der untersuchten Parameter auf die Ergebnisse der Studien ließ sich aber bei keinem der untersuchten Krankheitsbilder nachweisen. Somit musste die eingangs formulierte Hypothese (*„Basierend auf einem systematischen Review und einer Metaanalyse aller in der PEDro Datenbank zur Lasertherapie bei Erkrankungen des Bewegungsapparates gelisteten Studien kann eine konkrete Leitlinie für die Lasertherapie bei diesen Erkrankungen abgeleitet werden.“*) verworfen werden.

Bei dem systematischen Review wurden insgesamt 19 unterschiedliche Parameter berücksichtigt:

- (1) das Ergebnis der Studie,
- (2) die kumulierte PEDro-Bewertung (d.h. der PEDro-Score),

- (3) die Gesamtzahl der Behandlungen,
- (4) die Anzahl der Behandlungen pro Woche,
- (5) die Art der verwendeten Lasertherapie,
- (6) die verwendete Wellenlänge,
- (7) das verwendete Lasertherapiegerät,
- (8) die Art der Kontrolltherapie,
- (9) die Einschätzung, ob die Studienergebnisse aufgrund Ihres Studiendesigns für die Berücksichtigung in einer Metaanalyse geeignet sind,
- (10) der Zeitpunkt der Hauptuntersuchung nach Behandlungsbeginn,
- (11) die Zeitpunkte aller weiteren Untersuchungen nach Behandlungsbeginn,
- (12) die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Gruppe mit Laserbehandlung,
- (13) die Anzahl von Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe,
- (14) die Anzahl der erzeugten Laserpunkte,
- (15) die Größe der erzeugten Laserpunkte,
- (16) die Energiedichte des verwendeten Lasertherapiegerätes,
- (17) die Leistung des verwendeten Lasertherapiegerätes,
- (18) die Zeit der Applikation des Lasers pro Behandlung, sowie
- (19) die Gesamtbehandlungszeit.

Alle untersuchten Parameter wurden graphisch aufbereitet und zusammen mit den dazugehörigen Medianwerten anhand eines Diagramms dargestellt (Abbildungen 3.2 – 3.16). Dabei fiel auf, dass bei allen untersuchten Krankheitsbildern keine der untersuchten Parameter alleine einen unmittelbaren Effekt auf die Schmerzreduktion hatte. Darüber hinaus zeigte sich bei den verschiedenen Krankheitsbildern ein sehr heterogenes Bild. Somit war es nicht möglich, die Wirkung der Lasertherapie bei den untersuchten orthopädischen Krankheitsbildern auf eine oder wenige Parameter (z.B. die verwendete Wellenlänge oder die applizierte Energie) zurückzuführen.

Von den 15 untersuchten Krankheitsbildern eigneten sich lediglich 8 für eine indikationsspezifische Metaanalyse:

- (1) Kniegelenksarthrose,
- (2) Karpaltunnelsyndrom,
- (3) Tennisellenbogen,
- (4) Subakromiales Impingement,
- (5) unspezifischer lumbaler Rückenschmerz,
- (6) unspezifischer Schulterschmerz,
- (7) Myofasiales Schmerzsyndrom, und
- (8) Rheumatoide Arthritis.

Diese indikationsspezifischen Metaanalysen zeigten, dass die Lasertherapie bei allen untersuchten

Krankheitsbildern einer Schein- bzw. Plazebobehandlung in Bezug auf die Verbesserung der Schmerzsituation der Patientinnen und Patienten statistisch signifikant ($p < 0,05$) überlegen war.

Schmerzen sind einer der häufigsten Gründe, warum Menschen mit chronischen Erkrankungen des Bewegungsapparates eine Ärztin / einen Arzt aufsuchen. Schmidt und Kohlmann (2007) zeigten in einer Arbeit zur Epidemiologie von Rückenschmerzen, dass 80-90% der in Deutschland lebenden Menschen im Laufe ihres Lebens mindestens einmal von Rückenschmerzen betroffen sind. Neben pharmakologischen Therapieansätzen wird eine moderne, multimodale Schmerztherapie durch verschiedene andere therapeutische Maßnahmen ergänzt.

Während akute Schmerzen auf einen aktuellen organischen Defekt hinweisen und zur Schonung der betroffenen Region anregen sollen, entstehen chronische Schmerzen bei unzureichender analgetischer Therapie im Rahmen einer neuronalen Veränderung und können nach heutigem Wissensstand als eigenständiges Krankheitsbild angesehen werden (von Wachter, 2014). Als unterstützende Maßnahmen eignen sich neben Physio- und Psychotherapie auch andere konservative Therapiekonzepte wie die extrakorporale Stoßwellentherapie, Akupunktur und Lasertherapie. Wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden konnte, eignet sich die Lasertherapie gut als konservatives und einfach handhabbares Therapieverfahren, um Symptome nahezu nebenwirkungsfrei (und vergleichsweise kostengünstig) zu behandeln. Die Ergebnisse der in der vorliegenden Arbeit untersuchten klinischen Studien zur Wirksamkeit der Lasertherapie sind jedoch sehr widersprüchlich, was zum Teil darauf zurückzuführen ist, dass die genauen Wirkmechanismen, die bei der Lasertherapie zur Schmerzreduktion im Gewebe führen, derzeit noch weitgehend unbekannt sind. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass die Lasertherapie sowohl einen lokalen als auch einen systemischen Effekt hat. So ging Barabas (1987) davon aus, dass durch die Lasertherapie sowohl eine entzündungshemmende als auch eine schmerzlindernde Wirkung erzielt werden kann. In einer Arbeit von Jarvis et al. (1990), in der die Wirkung von Helium-Neon-Lasern auf A-Delta- bzw. C-Faser-Nozizeptoren untersucht wurde, wurde vermutet, dass durch die Lasertherapie die nozizeptiven Signale der peripheren Nerven gehemmt werden und somit ein analgetischer Effekt hervorgerufen werden kann. Ergänzend dazu gingen Alghadir et al. (2014) in ihren Untersuchungen zur chronischen Kniegelenksarthrose davon aus, dass durch die Lasertherapie die Sauerstoffversorgung des Gewebes erhöht und damit die Gewebeswellung und die dortige Nozizeption reduziert werden. Darüber hinaus gibt es Hinweise in der Literatur, dass die Lasertherapie die individuelle Schmerztoleranzschwelle durch Stimulation der endogenen Opioidfreisetzung erhöhen kann (Hagiwara et al., 2007). Neben der Beeinflussung der Schmerzwahrnehmung werden bei der Lasertherapie auch verschiedene regenerative Eigenschaften vermutet: So beschrieben Matulis et al. (1983) eine laserassoziierte Stimulation der regionalen Mikrozirkulation, und in einer anderen Studie konnte gezeigt werden, dass degenerative Veränderungen an ligamentären Strukturen durch die Anwendung einer Lasertherapie reduziert werden konnten (Bublitz

et al., 2014). Wang et al. (2014) beschrieben sogar die Möglichkeit der Induktion einer Gelenkknorpelregeneration durch Laserlicht.

Die genauen physiologischen Veränderungen und biochemischen Wirkmechanismen der Lasertherapie sind nach heutigem Kenntnisstand noch weitgehend unklar. Hsieh et al. (2015) untersuchten die Effekte von Lasertherapie auf myofasziale Triggerpunkte und konnten anhand von Tierstudien nachweisen, dass durch die Lasertherapie die Konzentrationen der Cyclooxygenase 2 (COX-2), des proinflammatorischen Zytokins TNF- α sowie des β -Endorphins im Blutserum, im Muskelgewebe sowie in den Spinalganglien des Rückenmarks beeinflusst werden konnten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die laserinduzierten Effekte auf das Gewebe sehr komplex sind und weitere Studien zur genauen Wirkungsweise nötig sind.

Neben den lokalen, auf das unmittelbare Anwendungsgebiet beschränkten Effekten wird auch eine systemische Wirkung der Lasertherapie angenommen (Coderre et al., 1993). Schmerzreize werden zu einem großen Teil von peripheren Nerven (Nozizeptoren) registriert und dann zur weiteren Verarbeitung, Analyse und Interpretation an das zentrale Nervensystem weitergeleitet. Insbesondere bei länger anhaltenden Schmerzepisoden oder dauerhaften nozizeptiven Reizen kann es zu einer Intensivierung der Schmerzwahrnehmung kommen, da eine länger anhaltende Reizung zu einer neuronalen Umstrukturierung und damit zu einer Absenkung der individuellen Schmerzschwelle führen kann. Derzeit wird davon ausgegangen, dass Laserlicht auf die Nozizeption peripherer Nerven einwirkt und deren sensorischen Input und damit die Weiterverarbeitung und Interpretation der registrierten Information im zentralen Nervensystem verändert. Dieses Phänomen könnte zu einer Veränderung der Schmerzwahrnehmung und letztlich der Schmerzinterpretation im behandelten Gebiet führen. So gibt es Hinweise, dass die Anwendung einer Lasertherapie bei chronischen Nackenschmerzen sowohl kurzfristig (3 Monate) als auch mittelfristig (6 Monate) zu einer Schmerzreduktion und damit zu einer Verbesserung der Lebensqualität führt (Gross et al., 2013). Ein ähnlicher Effekt konnte in einer Studie von Kiraly et al. (2018) beobachtet werden, in der die Anwendung der Lasertherapie zu einer signifikanten Reduktion des wahrgenommenen Ruhe- und Druckschmerzes, einer Erhöhung der Schmerztoleranzschwelle und einer Zunahme des Bewegungsumfanges des Nackens führte. Geschlechtsunabhängig zeigte sich der analgetische Effekt der Lasertherapie auch in den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit: In allen untersuchten metaanalyse-fähigen Studien führte die Lasertherapie zu einer Verbesserung der Schmerzwahrnehmung der Patientinnen und Patienten.

Des Weiteren beobachteten Stelian et al. (1992) in einer Studie, in der sie die Wirkung der Lasertherapie auf die degenerative Arthrose bei älteren Patientinnen und Patienten untersuchten, eine signifikante Schmerzreduktion, die sie als Effekt der durchgeführten Lasertherapie interpretierten. Dieses Phänomen ließ sich auch in der vorliegenden Arbeit nachweisen, da mehrere metaanalytisch auswertbare Studien einen statistisch signifikanten Unterschied in der Verbesserung der Schmerzwahrnehmung zwischen der Lasergruppe und der Kontrollgruppe zeigten. Im Gegensatz dazu konnte in anderen Studien weder in der Lasergruppe noch in der Kontrollgruppe eine signifikante Verbesserung der Schmerzsituation

erreicht werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte jedoch keine Erklärung für diese Diskrepanz gefunden werden. Im Gegensatz zu dem Ergebnis von Stelian et al. (1992) führten Huang et al. (2015) eine Metaanalyse mit insgesamt 9 Studien und 518 Patientinnen und Patienten durch. Dabei konnten die Autoren keinen therapeutischen Nutzen der Lasertherapie feststellen. Konkret fanden Huang et al. (2015) weder direkt nach der Therapie noch bei Kontrolluntersuchungen 12 Wochen nach Abschluss der Intervention eine signifikante Reduktion des VAS Schmerz-Scores oder eine signifikante Verbesserung der Funktionalität im Vergleich zur Kontrolltherapie. Dieses Ergebnis von Huang et al. (2015) steht aber in eindeutigen Widerspruch zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit und ist möglicherweise auf die Auswahl der in die jeweiligen Metaanalysen eingeschlossenen Studien zurückzuführen.

Als wichtige Parameter, die die Wirksamkeit einer Lasertherapie beeinflussen, sind die Anzahl und Frequenz der durchgeführten Therapiesitzungen sowie die applizierte Energiedichte anzusehen. Fukuda et al. (2015) und Alghadir et al. (2014) postulierten, dass eine Energiedichte von mehr als 3 J pro Laserpunkt den therapeutischen Effekt und damit die Effizienz der durchgeführten Lasertherapie erhöht. Diese Beobachtung deckt sich mit den Empfehlungen der World Association for Laser Therapy (WALT), die für Lasertherapiegeräte mit einer Wellenlänge von 904 nm bei muskuloskelettalen Erkrankungen eine Energiedichte zwischen 1 und 2 J pro Laserpunkt und für Lasertherapiegeräte mit einer Wellenlänge von 780- 860 nm mindestens 4-6 J pro Laserpunkt empfiehlt (<https://waltpbm.org/documentation-links/recommendations/>). Bei der Analyse der Studien in der vorliegenden Arbeit fiel auf, dass lediglich vier Studien, die in den Metaanalysen berücksichtigt werden konnten, den Empfehlungen der WALT entsprachen (Hall et al., 1994; Djavid et al., 2007; Al Rashoud et al., 2014; Kholoosy et al., 2020). Dabei konnte bei drei der vier Studien (Djavid et al., 2007; Al Rashoud et al., 2014; Kholoosy et al., 2020) eine statistisch signifikante Verbesserung des VAS Schmerz-Scores in der Lasergruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe nachgewiesen werden. Bei der Studie von Hall et al. (1994) war dies nicht der Fall – obwohl in der Studie von Hall et al. (1994) eine höhere Energiedichte verwendet wurde als in den drei anderen genannten Studien. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass der therapeutische Effekt der Lasertherapie nicht linear mit steigender Energiedichte zunimmt, sondern dass es für jedes Krankheitsbild ein optimales therapeutisches Fenster gibt, in dem die Lasertherapie eine optimale Wirkung zeigt und dies dementsprechend zukünftig in Therapieempfehlungen berücksichtigt werden sollte. Inwieweit in diesem Zusammenhang die Konstitution der Patientinnen und Patienten (adipös, athletisch etc.) einen Einfluss auf dieses therapeutische Fenster bzw. die Wirkung von Lasertherapie an sich hat, ist zum aktuellen Zeitpunkt noch unklar und sollte Thema zukünftiger Studien sein. Eine eindeutige Aussage, welche Energiedichte für welches Krankheitsbild geeignet ist, kann aufgrund der Ergebnisse der in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Metaanalysen praktisch nicht getroffen werden.

Unabhängig von der Energiedichte empfiehlt die WALT bei Anwendung der Lasertherapie eine tägliche Behandlung über einen Zeitraum von 2 Wochen oder alternativ eine Behandlung jeden zweiten Tag über einen Zeitraum von 3 bis 4 Wochen (in jedem Fall sollten im Rahmen der durchgeführten Therapie insgesamt 6 bis 12 Behandlungen durchgeführt werden). In der vorliegenden Arbeit wurde mit Ausnahme von 3 Studien (Kreczi & Klingler, 1986; Lin et al., 2017; Shin et al., 2015) in allen Studien, die in die indikationsspezifischen Metaanalysen eingeschlossen werden konnten, die von der WALT empfohlene Anzahl an Behandlungen verwendet. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang jedoch, dass in der Studie mit der höchsten Anzahl an Behandlungen (Abdelbasset et al., 2020a) beim Vergleich des VAS Schmerz-Scores zwischen der Lasergruppe und der Kontrollgruppe in der abschließenden Bewertung kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte. Dieser Effekt lässt vermuten, dass auch der therapeutische Effekt der Lasertherapie nicht beliebig über eine Maximierung der Anzahl der Behandlungen erhöht werden kann, sondern dass es für jedes Krankheitsbild eine ideale Anzahl von Therapiesitzungen gibt. Eine Aussage über die optimale Anzahl der Behandlungen für die einzelnen Krankheitsbilder kann jedoch auf Basis der vorliegenden Daten nicht getroffen werden und sollte ebenfalls in zukünftigen Studien zur Lasertherapie thematisiert werden.

Ein weiterer wichtiger Parameter, der neben der Energiedichte und der Anzahl der durchgeführten Behandlungen eine Rolle für das therapeutische Ergebnis von Lasertherapie zu spielen scheint, ist die Wellenlänge des verwendeten Lasers. In einer Übersichtsarbeit zur Behandlung der Kniegelenksarthrose mittels Lasertherapie konnte gezeigt werden, dass eine Laseranwendung mit 4-8 J und 785-860 nm bzw. 1-3 J und 904 nm pro Behandlungspunkt zu einer signifikanten Verbesserung der Schmerzsymptomatik führte (Stausholm et al., 2019). Die Wellenlänge des Lasers ist aus biophysikalischer Sicht ein wichtiger Parameter, da sie die Durchdringungseigenschaften des Gewebes bestimmt. Einige der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Lasertherapiegeräte verwendeten einen Wellenlängenbereich im Spektrum zwischen 700 und 1000 nm. Licht mit einer solchen Wellenlänge bewegt sich im Infrarotbereich und ist daher für das menschliche Auge nicht sichtbar. Diese Wellenlängen haben nachweislich bessere Gewebepenetrationseigenschaften als Licht im sichtbaren Spektrum (Kwon et al., 2009). Ackerman et al. (2007) untersuchten die Wirkung von Laserbestrahlung auf Hautgewebe und konnten in diesem Zusammenhang unter anderem zeigen, dass die Eindringtiefe des verwendeten Lasers bei Wellenlängen zwischen 450 nm und 1030 nm linear zunimmt. Ergänzend dazu konnten Enwemenka et al. (2001) im Tiermodell zeigen, dass bei einer Wellenlänge von 904 nm mehr Energie in die Haut von Kaninchen übertragen wird als bei einer Wellenlänge von 632,8 nm. Die Erkenntnisse dieser Arbeiten decken sich mit den Empfehlungen der WALT, die in ihren Leitlinien für eine Vielzahl von Krankheitsbildern den Einsatz von Lasertherapiegeräten mit Wellenlängen zwischen 780 nm und 860 nm bzw. 904 nm empfiehlt. Mit Ausnahme von zehn Studien (Basford et al., 2000; Ilbuldu et al., 2004; Katsoulis et al., 2010; Montes-Molina et al., 2012; Alayat et al., 2014; Dundar et al., 2015a;b; Shin et al., 2015; El-Shamy et al., 2018; Alayat et al., 2020) wiesen alle Studien, die in den in der vorliegenden

Arbeit durchgeführten Metaanalysen berücksichtigt werden konnten, Wellenlängen in den von der WALT empfohlenen Bereichen auf.

Neuere Studien zeigen jedoch, dass die therapeutisch wirksame Eindringtiefe von Lasertherapie eher überschätzt wird und die Energie bereits nach wenigen Zentimetern deutlich abnimmt. So konnten Joensen et al. (2012) nachweisen, dass der Anteil der eindringenden Lichtenergie bei einer Wellenlänge von 810 nm nur 20% und bei einer Wellenlänge von 904 nm nur 58% beträgt. Diese Angaben sind jedoch als überholt anzusehen, da in jüngsten Studien von Kaub und Schmitz (2022; 2023) mit modernster Messtechnik gezeigt werden konnte, dass Laserlicht mit Wellenlängen von 800 nm, 904 nm und 1064 nm beim Durchgang durch biologisches Gewebe innerhalb der ersten 10 mm 90% seiner Intensität verliert. Diese Daten decken sich auch mit einer früheren Einschätzung von King (1989), der im Rahmen einer Übersichtsarbeit zu dem Ergebnis kam, dass die Eindringtiefe und damit die therapeutische Wirksamkeit von Laserstrahlung auf wenige Millimeter Gewebetiefe begrenzt ist. Diese Erkenntnisse könnten das Phänomen erklären, dass Studien zur Lasertherapie an großen Gelenken oder tief liegenden Strukturen tendenziell einen geringeren therapeutischen Effekt zeigten als Studien, die kleine Gelenke oder oberflächliche Strukturen untersuchten.

Neben den bereits genannten Faktoren scheinen die Dauer und Ausprägung der Symptomatik eine wichtige Rolle zu spielen. In diesem Zusammenhang untersuchte Conti (1997) die Wirksamkeit der Lasertherapie bei Kiefergelenksarthrose und kam zu dem Ergebnis, dass eine Gruppe von Patientinnen und Patienten mit weniger ausgeprägter Symptomatik ein relativ besseres Behandlungsergebnis erzielte als eine Gruppe von Patientinnen und Patienten mit stärker ausgeprägter Symptomatik. In den meisten der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Studien zur Lasertherapie wurde jedoch der Schweregrad der Erkrankung bzw. die Zeitdauer, seit der die Symptomatik bestand, nicht als Vergleichsvariable erhoben. Vor diesem Hintergrund sollte die Analyse der Ergebnisse von Lasertherapiestudien unter Berücksichtigung des jeweiligen Schweregrades in zukünftigen Studien stärker berücksichtigt werden, um die Ergebnisse der Lasertherapie besser interpretieren und ggf. Empfehlungen für die zu verwendenden Behandlungsparameter präzisieren zu können.

Ein weiteres wichtiges Therapiekriterium scheint die Dauer der Symptomfreiheit zu sein, also die Zeitspanne, in der Patientinnen und Patienten nach Erhalt einer Lasertherapie symptomfrei sind. In diesem Zusammenhang stammen wichtige Erkenntnisse zur zeitabhängigen Wirkung von Lasertherapie aus Tiermodellstudien. So stellten Schultz et al. (1985) in einem Tiermodell mit partiellen Knorpelschäden (Meerschweinchen) fest, dass ein Gelenkregenerationsprozess, von dem die Autoren annahmen, dass es sich dabei um eine Reaktivierung des mitotischen Kontrollmechanismus handelte, erst nach der vierten Woche nach Laserbestrahlung einsetzte.

Schon vor ca. 20 Jahren kritisierten Brosseau et al. (2005a) in einer Übersichtsarbeit die ausgeprägte Heterogenität der analysierten Daten in der klinischen Anwendung: unterschiedliche Dosierungen,

unterschiedliche Wellenlängen und insgesamt teilweise völlig verschiedene Arten der Lasertherapie. Ein weiterer Kritikpunkt war, dass es sich bei den behandelten Gelenken fast immer um Handgelenke handelte. Erkenntnisse aus der Anwendung von Lasertherapie an Handgelenken können jedoch nicht ohne weiteres auf andere Behandlungsareale und Therapieprinzipien übertragen werden, da insbesondere die Eindringtiefe variieren kann. Ähnlich wie in der vorliegenden Arbeit konnten auch Brosseau et al. (2005a) keinen Zusammenhang zwischen den untersuchten Parametern und den Ergebnissen der untersuchten Studien herstellen. Darüber hinaus mussten fehlende Parameter teilweise erst berechnet werden, um die Ergebnisse verschiedener Studien vergleichbar zu machen. Das Fehlen relevanter Daten zeigt in diesem Zusammenhang die Wichtigkeit einer Standardisierung der verwendeten Messgrößen (vgl. auch Morin et al., 1996).

Neben den unterschiedlichen Angaben zu den verwendeten Laserparametern zeigt die große Variabilität in der Methodik, wie wichtig eine Standardisierung der Studienprotokolle ist. In der Metaanalyse von Brosseau et al. (2005a) wurden lediglich Parameter wie Schmerz, Morgensteifigkeit und Bewegungsumfang berücksichtigt. Diese Einschränkung stellt jedoch insgesamt eine sehr eingeschränkte und wenig objektivierbare Sichtweise auf die therapeutische Wirksamkeit der Lasertherapie dar. Es sollten daher gut validierbare klinische Parameter identifiziert werden, die hinreichend sensitiv sind, um Veränderungen bei den zu beurteilenden Krankheitsbildern besser erkennen zu können. Aus diesem Grund besteht ein dringender Bedarf an weiteren randomisierten kontrollierten Studien, die zusätzliche Parameter wie unterschiedliche Behandlungsdauern, Nerven- oder Gelenkapplikationen, unterschiedliche Wellenlängen und unterschiedliche Dosierungen abbilden. Auch Calderhead (1991) und Rothstein (1991) betonten in diesem Zusammenhang bereits, dass sowohl die Entwicklung als auch die Anwendung eines theoretischen Rahmens zwingend notwendig sind, um die Lasertherapie besser beurteilen und ihre klinische Wirksamkeit in wissenschaftlichen Arbeiten besser bewerten zu können. Vor dem Hintergrund der vorliegenden Arbeit muss jedoch festgestellt werden, dass diese Forderungen in der bisherigen Literatur weitgehend unberücksichtigt geblieben sind.

Ein weiteres Problem stellt die konkrete Anwendungstechnik von Lasertherapie dar. In einigen Studien wurden klassische Akupunkturpunkte zusätzlich oder ausschließlich mit den verwendeten Lasern bestrahlt. Somit erfolgte eine Vermengung der klassischen Lasertherapie mit der Laserakupunktur. Die Vermischung dieser beiden Therapieformen erschwert jedoch die entsprechende Datenanalyse, da sich beide Therapieformen wesentlich voneinander unterscheiden. Statt die direkte Wirkung des Lichts auf das Gewebe zu nutzen, um eine physiologische Gewebereaktion auszulösen, basiert die Punktauswahl bei der Laserakupunktur auf der Akupunkturlehre. Die Arbeiten zur Laserakupunktur sollten somit zukünftig als eigenständiges Therapieverfahren betrachtet und nicht mit anderen Anwendungsformen von Lasertherapie verglichen werden, auch wenn in Zukunft eine kombinierte Anwendung beider Therapieformen bei entsprechender Datenlage denkbar wäre.

Der letztgenannte Aspekt führt zu einer weiteren Überlegung, nämlich der Anwendung von Lasertherapie entweder als alleiniger Therapieform oder in Kombination mit anderen Therapieformen wie z.B. Elektrotherapie, ESWT, manueller Therapie etc. In diesem Zusammenhang untersuchte z.B. Badıl Gülođlu (2021) die kombinierte Wirkung von Lasertherapie und ESWT bei der Behandlung des subacromialen Impingement und fand positive Effekte auf die Schmerzwahrnehmung und den Bewegungsumfang. Welchen Anteil die Lasertherapie an dem gefundenen Therapieerfolg hatte, konnte in der Studie von Badıl Gülođlu (2021) jedoch nicht ermittelt werden. Dementsprechend erscheint es geboten, in zukünftigen Studien zu Kombinationstherapien unter Beteiligung von Lasertherapie auch jede verwendete Therapieform einzeln zu beurteilen.

Einige Autoren bemängelten außerdem das Fehlen von Langzeitanalysen bei der Untersuchung der Wirkung von Lasertherapie (Kibar et al., 2017; Badıl Gülođlu, 2021). Der Mittelwert der Anzahl der Kontrolluntersuchungen betrug für alle Studien, die in den Metaanalysen in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt wurden, 2,4 Untersuchungen. Die kürzeste Zeit für eine Kontrolluntersuchung betrug dabei 0,03 Wochen, während die längste Phase 25 Wochen dauerte. Insgesamt wurden nur wenige Kontrolluntersuchungen durchgeführt, was darauf hinweist, dass der Zeitraum eher kurz war. Da die Dauer der Behandlungswirksamkeit ein wichtiger Punkt für die Bewertung einer Therapie ist, sollten in zukünftigen klinischen Studien zur Lasertherapie längere Zeitintervalle für Kontrolluntersuchungen berücksichtigt werden.

Klein und Eek (1990) sowie Djavid et al. (2007) untersuchten Kombinationstherapien aus Lasertherapie und Bewegung im Vergleich zu einer Placebotherapie und Bewegung. Die Auswertung dieser Studien ergab bei der Analyse der kurzfristigen Wirkung zunächst keinen statistisch signifikanten Effekt auf die Schmerzreduktion. Tatsächlich war die Laserdosis in beiden Studien zu gering, wenn man die Empfehlungen der WALT zugrunde legt. Erst bei einer mittelfristigen Kontrolluntersuchung, die 12 Wochen nach der Randomisierung durchgeführt wurde, konnte in der Studie von Djavid et al. (2007) eine statistisch signifikante Verbesserung der Schmerzsymptomatik nachgewiesen werden. Dementsprechend ist zu beachten, dass Verzögerungen beim Eintritt der Wirkung von Lasertherapie in Kauf genommen werden müssen. Dabei kann aber im Einzelfall nicht ausgeschlossen werden, dass bei längeren Zeitspannen bis zur Verbesserung der Symptomatik möglicherweise auch andere Faktoren zur Verbesserung der Symptomatik beitragen, was dann natürlich nicht der Wirkung von Lasertherapie zuzuordnen ist.

Abschließend sei an dieser Stelle auf eine Übersichtsarbeit von Cotler et al. (2015) verwiesen, in der ebenfalls die Wirkung von Lasertherapie auf die Schmerzwahrnehmung im Rahmen von muskuloskelettalen Krankheitsbildern untersucht wurde und die insgesamt zu einem ähnlichen Ergebnis wie die vorliegende Arbeit kam. Konkret konnten Cotler et al. (2015) zeigen, dass die Anwendung von Lasertherapie auf chronische orthopädische Krankheitsbilder wie Osteoarthritis, Rheumatoide Arthritis, Adhäsive Kapsulitis der Schulter, Nacken- und Rückenschmerz, Tennisellenbogen,

Karpaltunnelsyndrom, Tendinopathien, Fibromyalgien, Plantarfasziopathie, postoperative Schmerzwahrnehmung im Bereich der Tibia nach Operationen sowie chronisch regionale Schmerzsyndrome eine positive Wirkung hat. Im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit, die sich auf Studien in der PEDro-Datenbank zu chronischen orthopädischen Krankheitsbildern beschränkte, haben sich Cotler et al. (2015) auch mit akuten Krankheitsbildern wie Verstauchungen, postoperativen Schmerzen, Schleudertraumata, muskulärem Rückenschmerz, cervikalen oder lumbalen Radikulopathien sowie Tendinitis beschäftigt und kamen dabei im Bezug auf die Wirksamkeit der Lasertherapie jeweils zu einem positiven Ergebnis.

In keiner der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Studien wurde von schwerwiegenden Nebenwirkungen oder unerwünschten Ereignissen berichtet. Allerdings wird die Anwendung von Lasertherapie bei fortgeschrittener Schwangerschaft oder im Rahmen von Schilddrüsenerkrankungen zum gegenwärtigen Zeitpunkt aufgrund der aktuellen Datenlage nicht empfohlen. Des Weiteren kann die Lasertherapie unter bestimmten Voraussetzungen zu Schädigungen der Augen führen. Daher wird sowohl den Patientinnen und Patienten als auch den Therapeutinnen und Therapeuten das Tragen von speziellen Schutzbrillen empfohlen. In der medizinischen Literatur wird generell nur in einem sehr geringen Ausmaß von möglichen Nebenwirkungen der Lasertherapie gesprochen. Dadurch wird diese Therapieform zu einer sehr sicheren konservativen Therapie.

6. Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Lasertherapie mittlerweile eine etablierte konservative Therapieoption für viele orthopädische Krankheitsbilder darstellt. Die Geräte sind relativ preiswert, mobil, und in den meisten Fällen einfach zu bedienen. Dadurch ist eine Anwendung dieser Technologie auch in Weltregionen möglich, in denen die medizinische Versorgung nicht den Standards der westlichen Industrienationen entspricht. Bei keiner der 203 untersuchten Studien wurde eine relevante Nebenwirkung festgestellt. Im schlechtesten Fall (entspricht der Zuordnung zur Kategorie 4) war die Wirkung der Lasertherapie einer Kontrolltherapie unterlegen. Insgesamt ist die Lasertherapie ein sicheres therapeutisches Instrument, das auch für ungeübte Anwender ohne Hintergrundwissen eine gute Therapieoption darstellt, sofern für das zu behandelnde Krankheitsbild fest definierte Anweisungen existieren.

Geradezu absurd erscheint aber die extreme Heterogenität der 17 untersuchten Parameter in den 203 untersuchten Studien. Ob diese extreme Heterogenität damit zusammenhängt, dass in den 203 untersuchten Studien allein 97 verschiedene Lasertherapiegeräte eingesetzt wurden, kann nicht abschließend beurteilt werden. Die Tatsache, dass in über 30 der untersuchten Studien noch nicht einmal Name und Hersteller des verwendeten Lasertherapiegeräts genannt wurden, was die entsprechenden Studien de facto nicht reproduzierbar macht, deutet jedoch darauf hin, dass es in diesem Bereich erheblichen Nachholbedarf gibt.

Insgesamt wäre es sehr schade, wenn die Lasertherapie für orthopädische Krankheitsbilder vor dem Hintergrund der publizierten Studien insbesondere in der akademischen Welt als "*trial and error*" Methode in Verruf geraten und nicht den Platz in der modernen konservativen Orthopädie finden würde, der ihr basierend auf ihrem sowohl in der Grundlagenforschung als auch in vielen klinischen Studien demonstrierten Potential eigentlich zusteht.

7. Zusammenfassung

- 1) Die Lasertherapie wurde in den letzten 40 Jahren als sichere und effektive konservative Behandlungsmethode für verschiedene Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates etabliert. Davon zeugen u.a. knapp 10.000 Publikationen, die gegenwärtig unter dem Stichwort "low level laser therapy" in PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) gefunden werden. Diese Fülle von Information macht es aber nahezu unmöglich, heutzutage einen umfassenden Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zur Lasertherapie in der evidenzbasierten Medizin zu erhalten. In diesem Zusammenhang bietet sich die vom Institute for Musculoskeletal Health, School of Public Health an der University of Sydney (Sydney, Australien) unterhaltene, frei verfügbare Physiotherapy Evidence Database ("PEDro-Datenbank") (www.pedro.org.au) als attraktive Alternative an (in Deutschland würde diese Datenbank eher "Datenbank evidenzbasierter konservativer Orthopädie" genannt werden). PEDro stellt mit über 60.000 randomisierten, kontrollierten Studien, systematischen Übersichtsarbeiten und klinischen Richtlinien eine einzigartige Informationsquelle für die klinische Praxis dar. Eine systematische Analyse aller in der PEDro-Datenbank gelisteten Studien zur Lasertherapie bei verschiedenen Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates liegt in der Literatur bisher jedoch nicht vor.
- 2) Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, die folgende Hypothese zu testen: Basierend auf einem systematischen Review und einer Metaanalyse aller in der PEDro Datenbank zur Lasertherapie bei Erkrankungen des Bewegungsapparates gelisteten Studien kann eine konkrete Leitlinie für die Lasertherapie bei diesen Erkrankungen abgeleitet werden.
- 3) Zu diesem Zweck wurde die PEDro-Datenbank am Stichtag 23. März 2021 mit dem Suchbegriff "laser" durchsucht. Von den insgesamt 768 gefundenen Studien wurden in einem mehrstufigen Verfahren 200 Übersichtsarbeiten und 365 nicht für das bearbeitete Thema relevante Studien ausgeschlossen. Die verbliebenen 203 Studien wurden indikationsspezifisch (Plantarfasziopathie, Tendinopathie der Achillessehne, Kniegelenksarthrose, Osteoarthritis der Hand, Karpaltunnelsyndrom, Tennisellenbogen, Subakromiales Impingement, Tendinopathie der Supraspinatussehne, Unspezifischer lumbaler Rückenschmerz, Unspezifischer Schulterschmerz, Unspezifischer Nackenschmerz, Spannungskopfschmerz, Myofasiales Schmerzsyndrom, Rheumatoide Arthritis und Fibromyalgie) in 5 Kategorien eingeteilt (Kategorie 1: *besseres Ergebnis mit der Lasertherapie als mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*; Kategorie 2a: *gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Scheinbehandlung*; Kategorie 2b: *gute Ergebnisse sowohl mit der Lasertherapie als auch mit der Kontrolltherapie*; Kategorie 3: *gute Ergebnisse weder mit der Lasertherapie noch mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie*; Kategorie 4: *gute Ergebnisse nur mit der Scheinbehandlung bzw. der Kontrolltherapie, nicht aber mit der Lasertherapie*). Darüber hinaus wurden aus jeder Studie insgesamt 17 verschiedene

Parameter ausgelesen, die grundsätzlich das Studienergebnis hätten beeinflussen können. Schließlich wurde für jede Studie überprüft, ob sie für eine indikationsspezifische Metaanalyse geeignet war und ob die entsprechende Indikation in mindestens drei Studien untersucht worden war (dieses Kriterium war für die Indikationen Kniegelenksarthrose, Karpaltunnelsyndrom, Tennisellenbogen, Subakromiales Impingement, unspezifischer lumbaler Rückenschmerz, unspezifischer Schulterschmerz, Myofaszielles Schmerzsyndrom und Rheumatoide Arthritis erfüllt. Die gesamte Analyse erfolgte nach den sogenannten "PRISMA" Kriterien (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Metaanalyses).

- 4) Der systematische Review repräsentierte >40 Jahre klinische Forschung zur Lasertherapie und ergab, dass die weit überwiegende Mehrheit der untersuchten Studien den Kategorien 1 und 2b zugeordnet werden konnte, mit Lasertherapie also eine signifikante Schmerzreduzierung erzielt wurde. Die indikationsspezifischen Metaanalysen repräsentierten 35 Jahre klinische Forschung zur Lasertherapie und zeigten für alle untersuchten Indikationen eine statistisch signifikant bessere Wirkung der Lasertherapie als eine Schein- bzw. Nichtbehandlung. Eine direkte Abhängigkeit der 17 untersuchten Parameter auf die Ergebnisse der Studien ließ sich aber bei keiner der untersuchten Indikationen nachweisen. Somit musste die eingangs formulierte Hypothese verworfen werden.
- 5) Insgesamt zeichnet sich das Feld der Lasertherapie durch eine absurd anmutende Heterogenität der in der vorliegenden Arbeit untersuchten 17 Parameter aus. Ob diese extreme Heterogenität damit zusammenhängt, dass in den 203 untersuchten Studien allein 97 verschiedene Lasertherapiegeräte eingesetzt wurden, kann nicht abschließend beurteilt werden. Die Tatsache, dass in über 30 der untersuchten Studien noch nicht einmal Name und Hersteller des verwendeten Lasertherapiegeräts genannt wurden (was die entsprechenden Studien de facto nicht reproduzierbar macht) deutet jedoch darauf hin, dass es in diesem Bereich erheblichen Nachholbedarf gibt.
- 6) Insgesamt wäre es sehr schade, wenn die Lasertherapie für orthopädische Krankheitsbilder vor dem Hintergrund der publizierten Studien insbesondere in der akademischen Welt als "trial and error" Methode in Verruf geraten und nicht den Platz in der modernen konservativen Orthopädie finden würde, der ihr basierend auf ihrem sowohl in der Grundlagenforschung als auch in vielen klinischen Studien demonstrierten Potential eigentlich zusteht.

8. Abstract (English):

- 1) Laser therapy has been established over the last 40 years as a safe and effective conservative treatment method for various diseases of the musculoskeletal system. This is evidenced by, among other things, almost 10,000 publications that are currently found under the keyword “low level laser therapy” in PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>). However, this wealth of information makes it almost impossible to obtain a comprehensive overview of the current state of research on laser therapy in evidence-based medicine. In this context, the freely available Physiotherapy Evidence Database (“PEDro database”) (www.pedro.org.au) established and maintained by the Institute for Musculoskeletal Health, School of Public Health at the University of Sydney (Sydney, Australia) is a useful and attractive alternative (in Germany this database would rather be called the “database of evidence-based conservative orthopedics”). With over 60,000 randomized, controlled studies, systematic reviews and clinical guidelines, PEDro represents a unique source of information for clinical practice. A systematic analysis of all studies on laser therapy for various diseases of the musculoskeletal system listed in the PEDro database is currently not available in the literature.
- 2) The aim of the present work was to test the following hypothesis: based on a systematic review and a meta-analysis of all studies listed in the PEDro database on laser therapy for diseases of the musculoskeletal system, a concrete guideline for laser therapy for these diseases can be derived.
- 3) For this purpose, the PEDro database was searched on March 23, 2021 using the search term “laser”. Of the 768 studies found, 200 reviews and 365 studies that were not relevant to the topic were excluded in a multi-stage process. The remaining 203 studies were indication-specific (plantar fasciopathy, Achilles tendinopathy, knee osteoarthritis, osteoarthritis of the hand, carpal tunnel syndrome, tennis elbow, subacromial impingement, tendinopathy of the supraspinatus tendon, non-specific lumbar back pain, non-specific shoulder pain, non-specific neck pain, tension-type headache, myofascial pain syndrome, rheumatoid arthritis and fibromyalgia) divided into 5 categories (Category 1: better results with the laser therapy than with the sham treatment or the control therapy; Category 2a: good results with both the laser therapy and with the sham treatment; Category 2b: good results with both the laser therapy and with the Control therapy; Category 3: good results neither with the laser therapy nor with the sham treatment or the control therapy; Category 4: good results only with the sham treatment or the control therapy, but not with the laser therapy). In addition, a total of 17 different parameters were read from each study, which could fundamentally have influenced the study results. Finally, it was checked for each study whether it was suitable for an indication-specific meta-analysis and whether the corresponding indication had been examined in at least three studies (this criterion was met for the indications knee osteoarthritis, carpal tunnel syndrome, tennis elbow, subacromial impingement, non-specific lumbar back pain, non-specific shoulder pain, myofascial

pain syndrome and rheumatoid arthritis). The entire analysis was carried out according to the so-called “PRISMA” criteria (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Metaanalyses).

- 4) The systematic review represented >40 years of clinical research on laser therapy and showed that the vast majority of the studies examined could be assigned to categories 1 and 2b, meaning that laser therapy achieved a significant reduction in pain. The indication-specific meta-analyses represented 35 years of clinical research on laser therapy and showed a statistically significantly better effect of laser therapy than sham or non-treatment for all indications examined. However, a direct dependence of the 17 parameters examined on the results of the studies could not be proven for any of the indications examined. Therefore, the hypothesis formulated at the beginning had to be rejected.
- 5) In summary, the field of laser therapy is characterized by a seemingly absurd heterogeneity of the 17 parameters examined in the present study. It could not be conclusively assessed whether this extreme heterogeneity is due to the fact that 97 different laser therapy devices were used in the 203 studies examined. However, the fact that in over 30 of the studies examined not even the name and manufacturer of the laser therapy device used was mentioned (which de facto makes the corresponding studies not reproducible) indicates that there is a lot of catching up to do in this area.
- 6) Overall, it would be a great pity if based on the published studies laser therapy for various diseases of the musculoskeletal system were to fall into disrepute as a "trial and error" method, especially in the academic world, and not find the place in modern conservative orthopedics based on their potential demonstrated both in basic research and in many clinical studies.

9. Literaturverzeichnis

- Abdelbasset WK, Nambi G, Alsubaie SF, Abodonya AM, Saleh AK, Ataalla NN, Ibrahim AA, Tantawy SA, Kamel DM, Verma A, Moawd SA. A Randomized comparative study between high-intensity and low-level laser therapy in the treatment of chronic nonspecific low back pain. *Evid Based Complement Alternat Med* 2020a;2020:1350281. doi: 10.1155/2020/1350281.
- Abdelbasset WK, Nambi G, Elsayed SH, Alrawaili SM, Ataalla NN, Abodonya AM, Saleh AK, Moawd SA. Short-term clinical efficacy of the pulsed Nd: YAG laser therapy on chronic nonspecific low back pain: A randomized controlled study. *Medicine* 2020b;99(36):e22098. doi: 10.1097/MD.00000000000022098.
- Abrisham SM, Kermani-Alghoraishi M, Ghahramani R, Jabbari L, Jomeh H, Zare M. Additive effects of low-level laser therapy with exercise on subacromial syndrome: a randomised, double-blind, controlled trial. *Clin Rheumatol* 2011;30(10):1341-1346. doi: 10.1007/s10067-011-1757-7.
- Ackerman BH, Reilly KJ, Guilday RE, Patton ML, Haith LR. Quality assurance assessment of the use of linezolid in the treatment of thermal injury patients at a community teaching hospital. *J Burn Care Res* 2007;28(1):145-151. doi: 10.1097/01.BCR.0000252046.27203.42.
- Agaiby AD, Ghali LR, Wilson R, Dyson M. Laser modulation of angiogenic factor production by T-lymphocytes. *Lasers Surg Med* 2000;26(4):357-363. doi: 10.1002/(sici)1096-9101(2000)26:4<357::aid-lsm3>3.0.co;2-o.
- Akaltun MS, Altindag O, Turan N, Gursoy S, Gur A. Efficacy of high intensity laser therapy in knee osteoarthritis: a double-blind controlled randomized study. *Clin Rheumatol* 2021;40(5):1989-1995. doi: 10.1007/s10067-020-05469-7.
- Alayat MS, Atya AM, Ali MM, Shosha TM. Long-term effect of high-intensity laser therapy in the treatment of patients with chronic low back pain: a randomized blinded placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci* 2014;29(3):1065-1073. doi: 10.1007/s10103-013-1472-5.
- Alayat MS, Mohamed AA, Helal OF, Khaled OA. Efficacy of high-intensity laser therapy in the treatment of chronic neck pain: a randomized double-blind placebo-control trial. *Lasers Med Sci* 2016;31(4):687-694. doi: 10.1007/s10103-016-1910-2.
- Alayat MS, Elsoudany AM, Ali ME. Efficacy of multiwave locked system laser on pain and function in patients with chronic neck pain: a randomized placebo-controlled trial. *Photomed Laser Surg* 2017;35(8):450-455. doi: 10.1089/pho.2017.4292.
- Alayat MS, Battecha KH, Elsodany AM, Ali MI. Pulsed ND:YAG laser combined with progressive pressure release in the treatment of cervical myofascial pain syndrome: a randomized control trial. *J Phys Ther Sci* 2020;32(7):422-427. doi: 10.1589/jpts.32.422.
- Alexandratou E, Yova D, Handris P, Kletsas D, Loukas S. Human fibroblast alterations induced by low power laser irradiation at the single cell level using confocal microscopy. *Photochem Photobiol Sci* 2002;1(8):547-552. doi: 10.1039/b110213n.

- Alfredo PP, Bjordal JM, Dreyer SH, Meneses SR, Zaguetti G, Ovanessian V, Fukuda TY, Junior WS, Lopes Martins RÁ, Casarotto RA, Marques AP. Efficacy of low level laser therapy associated with exercises in knee osteoarthritis: a randomized double-blind study. *Clin Rehabil* 2012;26(6):523-533. doi: 10.1177/0269215511425962.
- Alfredo PP, Bjordal JM, Junior WS, Lopes-Martins RÁB, Stausholm MB, Casarotto RA, Marques AP, Joensen J. Long-term results of a randomized, controlled, double-blind study of low-level laser therapy before exercises in knee osteoarthritis: laser and exercises in knee osteoarthritis. *Clin Rehabil* 2018;32(2):173-178. doi: 10.1177/0269215517723162.
- Alghadir A, Omar MT, Al-Askar AB, Al-Muteri NK. Effect of low-level laser therapy in patients with chronic knee osteoarthritis: a single-blinded randomized clinical study. *Lasers Med Sci* 2014;29(2):749-755. doi: 10.1007/s10103-013-1393-3.
- Al Rashoud AS, Abboud RJ, Wang W, Wigderowitz C. Efficacy of low-level laser therapy applied at acupuncture points in knee osteoarthritis: a randomised double-blind comparative trial. *Physiotherapy* 2014;100(3):242-248. doi: 10.1016/j.physio.2013.09.007.
- Altan L, Bingöl U, Aykaç M, Yurtkuran M. Investigation of the effect of GaAs laser therapy on cervical myofascial pain syndrome. *Rheumatol Int* 2005;25(1):23-27. doi: 10.1007/s00296-003-0396-y.
- Al Timimi Z, Jaafar MS, Jafri MZM. Comparison between low level laser therapy and exercise for treatment of chronic low back pain. *J Physiother Occupat Ther* 2010;4(3):102-104.
- Alves AC, de Carvalho PT, Parente M, Xavier M, Frigo L, Aimbire F, Leal Junior EC, Albertini R. Low-level laser therapy in different stages of rheumatoid arthritis: a histological study. *Lasers Med Sci* 2013;28(2):529-536. doi: 10.1007/s10103-012-1102-7.
- Ammar TA. Monochromatic infrared photo energy versus low level laser therapy in patients with knee osteoarthritis. *J Lasers Med Sci* 2014;5(4):176-182.
- Argoff CE, Viscusi ER. The use of opioid analgesics for chronic pain: minimizing the risk for harm. *Am J Gastroenterol Suppl* 2014;2(1):3-8. doi: 10.1038/ajgsup.2014.3.
- Armagan O, Tascioglu F, Ekim A, Oner C. Long-term efficacy of low level laser therapy in women with fibromyalgia: A placebo-controlled study. *J Back Musculoskelet Rehab* 2006;19(4):135-140. doi: 10.3233/BMR-2006-19405.
- Armagan Alpturker K, Cerrahoglu ABL, Orguc IS. Evaluation effects of laser therapy and extracorporeal shock wave therapy with clinical parameters and magnetic resonance imaging for treatment of plantar fasciitis in patients with spondyloarthritis: a randomized controlled trial. *Int J Rheumatol* 2020;2020:4386361. doi: 10.1155/2020/4386361.
- Assis L, Moretti AI, Abrahão TB, Cury V, Souza HP, Hamblin MR, Parizotto NA. Low-level laser therapy (808 nm) reduces inflammatory response and oxidative stress in rat tibialis anterior muscle after cryolesion. *Lasers Surg Med* 2012;44(9):726-735. doi: 10.1002/lsm.22077.

- Atya AM, Mansour WT. Laser versus nerve and tendon gliding exercise in treating carpal tunnel syndrome. *Life Sci J* 2011;8(2):413-420.
- Ay S, Doğan SK, Evcik D. Is low-level laser therapy effective in acute or chronic low back pain? *Clin Rheumatol* 2010;29(8):905-910. doi: 10.1007/s10067-010-1460-0.
- Badıl Güloğlu S. Comparison of low-level laser treatment and extracorporeal shock wave therapy in subacromial impingement syndrome: a randomized, prospective clinical study. *Lasers Med Sci* 2021;36(4):773-781. doi: 10.1007/s10103-020-03093-0.
- Bakhtiary AH, Rashidy-Pour A. Ultrasound and laser therapy in the treatment of carpal tunnel syndrome. *Aust J Physiother* 2004;50(3):147-151. doi: 10.1016/s0004-9514(14)60152-5.
- Baktir S, Razak Ozdinciler A, Kaya Mutlu E, Bilsel K. The short-term effectiveness of low-level laser, phonophoresis, and iontophoresis in patients with lateral epicondylitis. *J Hand Ther* 2019;32(4):417-425. doi: 10.1016/j.jht.2018.01.002.
- Bal A, Eksioğlu E, Gurcay E, Gulec B, Karaahmet O, Cakci A. Low-level laser therapy in subacromial impingement syndrome. *Photomed Laser Surg* 2009;27(1):31-36. doi: 10.1089/pho.2007.2222.
- Barabas K. Controlled clinical and experimental examinations on rheumatoid arthritis patients and synovial membranes performed with neodym phosphate glass laser irradiation. *Proc 7th Congr Internat Soc for Laser Surg and Med* 1987.
- Barbosa RI, Fonseca Mde C, Rodrigues EK, Tamanini G, Marcolino AM, Mazzer N, Guirro RR, MacDermid J. Efficacy of low-level laser therapy associated to orthoses for patients with carpal tunnel syndrome: A randomized single-blinded controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2016;29(3):459-466. doi: 10.3233/BMR-150640.
- Basford JR, Sheffield CG, Mair SD, Ilstrup DM. Low-energy helium neon laser treatment of thumb osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 1987;68(11):794-797.
- Basford JR, Malanga GA, Krause DA, Harmsen WS. A randomized controlled evaluation of low-intensity laser therapy: plantar fasciitis. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79(3):249-254. doi: 10.1016/s0003-9993(98)90002-8.
- Basford JR, Sheffield CG, Harmsen WS. Laser therapy: a randomized, controlled trial of the effects of low-intensity Nd:YAG laser irradiation on musculoskeletal back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80(6):647-652. doi: 10.1016/s0003-9993(99)90167-3.
- Basford JR, Sheffield CG, Cieslak KR. Laser therapy: a randomized, controlled trial of the effects of low intensity Nd:YAG laser irradiation on lateral epicondylitis. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81(11):1504-1510. doi: 10.1053/apmr.2000.17812.
- Basso FG, Oliveira CF, Kurachi C, Hebling J, Costa CA. Biostimulatory effect of low-level laser therapy on keratinocytes in vitro. *Lasers Med Sci* 2013;28(2):367-374. doi: 10.1007/s10103-012-1057-8.

- Baxter GD, Walsh DM, Allen JM, Lowe AS, Bell AJ. Effects of low intensity infrared laser irradiation upon conduction in the human median nerve in vivo. *Exp Physiol* 1994;79(2):227-234. doi: 10.1113/expphysiol.1994.sp003755.
- Bertocco P, Montesano A, Baccalaro G, Parisio C, Vismara L. Controlled study on the efficacy of two different treatments in obese patients affected by chronic low back pain, assessed by an isokinetic device. *Europa Medicophys* 2002;38(4):187-193.
- Bingöl U, Altan L, Yurtkuran M. Low-power laser treatment for shoulder pain. *Photomed Laser Surg* 2005;23(5):459-464. doi: 10.1089/pho.2005.23.459.
- Bjordal JM, Lopes-Martins RA, Iversen VV. A randomised, placebo controlled trial of low level laser therapy for activated Achilles tendinitis with microdialysis measurement of peritendinous prostaglandin E2 concentrations. *Br J Sports Med* 2006;40(1):76-80; discussion 76-80. doi: 10.1136/bjism.2005.020842.
- Bliddal H, Hellesen C, Ditlevsen P, Asselberghs J, Lyager L. Soft-laser therapy of rheumatoid arthritis. *Scand J Rheumatol* 1987;16(4):225-228. doi: 10.3109/03009748709102921.
- Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein HR. *Introduction to Meta-Analysis*, 2nd edition. John Wiley & Sons, Hoboken, 2021.
- Boyras I, Yildiz A, Koc B, Sarman H. Comparison of high-intensity laser therapy and ultrasound treatment in the patients with lumbar discopathy. *Biomed Res Int* 2015;2015:304328. doi: 10.1155/2015/304328.
- Brosseau L, Robinson V, Wells G, Debie R, Gam A, Harman K, Morin M, Shea B, Tugwell P. Low level laser therapy (Classes I, II and III) for treating rheumatoid arthritis. *Cochrane Database Syst Rev* 2005a;2005(4):CD002049. doi: 10.1002/14651858.CD002049.pub2.
- Brosseau L, Wells G, Marchand S, Gaboury I, Stokes B, Morin M, Casimiro L, Yonge K, Tugwell P. Randomized controlled trial on low level laser therapy (LLLT) in the treatment of osteoarthritis (OA) of the hand. *Lasers Surg Med* 2005b;36(3):210-219. doi: 10.1002/lsm.20137.
- Brown GC. Nitric oxide regulates mitochondrial respiration and cell functions by inhibiting cytochrome oxidase. *FEBS Lett* 1995;369(2-3):136-139. doi: 10.1016/0014-5793(95)00763-y.
- Bublitz C, Medalha C, Oliveira P, Assis L, Milares LP, Fernandes KR, Tim CR, Vasilceac FA, Mattiello SM, Renno AC. Low-level laser therapy prevents degenerative morphological changes in an experimental model of anterior cruciate ligament transection in rats. *Lasers Med Sci* 2014;29(5):1669-1678. doi: 10.1007/s10103-014-1546-z.
- Bülöw PM, Jensen H, Danneskiöld-Samsøe B. Low power Ga-Al-As laser treatment of painful osteoarthritis of the knee. A double-blind placebo-controlled study. *Scand J Rehabil Med* 1994;26(3):155-159.
- Calderhead RG. Watts a joule: On the importance of accurate and correct reporting of laser parameters in low reactive-level laser therapy and photobioactivation research. *Las Ther* 1991;3(4):177-182. doi: 10.5978/ISLSM.91-OR-24.

- Calis HT, Berberoglu N, Calis M. Are ultrasound, laser and exercise superior to each other in the treatment of subacromial impingement syndrome? A randomized clinical trial. *Eur J Phys Rehabil Med* 2011;47(3):375-380.
- Cantero-Téllez R, Villafaña JH, Valdes K, García-Orza S, Bishop MD, Medina-Porqueres I. Effects of high-intensity laser therapy on pain sensitivity and motor performance in patients with thumb carpometacarpal joint osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Pain Med* 2020;21(10):2357-2365. doi: 10.1093/pm/pnz297.
- Carati CJ, Anderson SN, Gannon BJ, Piller NB. Treatment of postmastectomy lymphedema with low-level laser therapy: a double blind, placebo-controlled trial. *Cancer* 2003;98(6):1114-1122. doi: 10.1002/cncr.11641.
- Carrasco TG, Guerisoli LD, Guerisoli DM, Mazzetto MO. Evaluation of low intensity laser therapy in myofascial pain syndrome. *Cranio* 2009;27(4):243-247. doi: 10.1179/crn.2009.035.
- Casale R, Damiani C, Maestri R, Wells CD. Pain and electrophysiological parameters are improved by combined 830-1064 high-intensity laser in symptomatic carpal tunnel syndrome versus transcutaneous electrical nerve stimulation. a randomized controlled study. *Eur J Phys Rehabil Med* 2013;49(2):205-211.
- Ceccherelli F, Altafini L, Lo Castro G, Avila A, Ambrosio F, Giron GP. Diode laser in cervical myofascial pain: a double-blind study versus placebo. *Clin J Pain* 1989;5(4):301-304. doi: 10.1097/00002508-198912000-00005.
- Celik D, Anaforoglu Kulunkoglu B. Photobiomodulation therapy versus extracorporeal shock wave therapy in the treatment of lateral epicondylitis. *Photobiomodul Photomed Laser Surg* 2019;37(5):269-275. doi: 10.1089/photob.2018.4533.
- Ceylan Y, Hizmetli S, Siliğ Y. The effects of infrared laser and medical treatments on pain and serotonin degradation products in patients with myofascial pain syndrome. A controlled trial. *Rheumatol Int* 2004;24(5):260-263. doi: 10.1007/s00296-003-0348-6.
- Chang WD, Wu JH, Jiang JA, Yeh CY, Tsai CT. Carpal tunnel syndrome treated with a diode laser: a controlled treatment of the transverse carpal ligament. *Photomed Laser Surg* 2008;26(6):551-557. doi: 10.1089/pho.2007.2234.
- Chen CH, Tsai JL, Wang YH, Lee CL, Chen JK, Huang MH. Low-level laser irradiation promotes cell proliferation and mRNA expression of type I collagen and decorin in porcine Achilles tendon fibroblasts in vitro. *J Orthop Res* 2009;27(5):646-650. doi: 10.1002/jor.20800.
- Chen AC, Arany PR, Huang YY, Tomkinson EM, Sharma SK, Kharkwal GB, Saleem T, Mooney D, Yull FE, Blackwell TS, Hamblin MR. Low-level laser therapy activates NF-κB via generation of reactive oxygen species in mouse embryonic fibroblasts. *PLoS One* 2011;6(7):e22453. doi: 10.1371/journal.pone.0022453.

- Choi HW, Lee J, Lee S, Choi J, Lee K, Kim BK, Kim GJ. Effects of high intensity laser therapy on pain and function of patients with chronic back pain. *J Phys Ther Sci* 2017;29(6):1079-1081. doi: 10.1589/jpts.29.1079.
- Chow RT, Barnsley L, Heller GZ, Siddal PJ. A pilot study of low-power laser therapy in the management of chronic neck pain. *J Musculoskel Pain* 2004;12(2):71-81. doi: 10.1300/J094v12n02_09.
- Chow RT, Heller GZ, Barnsley L. The effect of 300 mW, 830 nm laser on chronic neck pain: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Pain* 2006;124(1-2):201-210. doi: 10.1016/j.pain.2006.05.018.
- Chow RT, David MA, Armati PJ. 830 nm laser irradiation induces varicosity formation, reduces mitochondrial membrane potential and blocks fast axonal flow in small and medium diameter rat dorsal root ganglion neurons: implications for the analgesic effects of 830 nm laser. *J Peripher Nerv Syst* 2007;12(1):28-39. doi: 10.1111/j.1529-8027.2007.00114.x.
- Chow R, Yan W, Armati P. Electrophysiological effects of single point transcutaneous 650 and 808 nm laser irradiation of rat sciatic nerve: a study of relevance for low-level laser therapy and laser acupuncture. *Photomed Laser Surg* 2012;30(9):530-5. doi: 10.1089/pho.2012.3248.
- Chung H, Dai T, Sharma SK, Huang YY, Carroll JD, Hamblin MR. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng* 2012;40(2):516-533. doi: 10.1007/s10439-011-0454-7.
- Cinar E, Saxena S, Uygur F. Combination therapy versus exercise and orthotic support in the management of pain in plantar fasciitis: a randomized controlled trial. *Foot Ankle Int* 2018;39(4):406-414. doi: 10.1177/1071100717747590.
- Coderre TJ, Katz J, Vaccarino AL, Melzack R. Contribution of central neuroplasticity to pathological pain: review of clinical and experimental evidence. *Pain* 1993;52(3):259-285. doi: 10.1016/0304-3959(93)90161-H.
- Conti PC. Low level laser therapy in the treatment of temporomandibular disorders (TMD): a double-blind pilot study. *Cranio* 1997;15(2):144-149. doi: 10.1080/08869634.1997.11746005.
- Cotler HB, Chow RT, Hamblin MR, Carroll J. The use of low level laser therapy (LLLT) for musculoskeletal pain. *MOJ Orthop Rheumatol* 2015;2(5):00068. doi: 10.15406/mojor.2015.02.00068.
- Dadpay M, Sharifian Z, Bayat M, Bayat M, Dabbagh A. Effects of pulsed infra-red low level-laser irradiation on open skin wound healing of healthy and streptozotocin-induced diabetic rats by biomechanical evaluation. *J Photochem Photobiol B* 2012;111:1-8. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2012.03.001.
- Dakowicz A, Kuryliszyn-Moskal A, Kosztyła-Hojna B, Moskal D, Latosiewicz R. Comparison of the long-term effectiveness of physiotherapy programs with low-level laser therapy and pulsed magnetic field in patients with carpal tunnel syndrome. *Adv Med Sci* 2011;56(2):270-274. doi: 10.2478/v10039-011-0041-z.

- Deeks ED. Fixed-dose ibuprofen/famotidine: a review of its use to reduce the risk of gastric and duodenal ulcers in patients requiring NSAID therapy. *Clin Drug Investig* 2013;33(9):689-697. doi: 10.1007/s40261-013-0113-x.
- de Matos Brunelli Braghin R, Libardi EC, Junqueira C, Rodrigues NC, Nogueira-Barbosa MH, Renno ACM, Carvalho de Abreu DC. The effect of low-level laser therapy and physical exercise on pain, stiffness, function, and spatiotemporal gait variables in subjects with bilateral knee osteoarthritis: a blind randomized clinical trial. *Disabil Rehabil* 2019;41(26):3165-3172. doi: 10.1080/09638288.2018.1493160.
- de Oliveira Melo O, Pompeo KD, Brodt GA, Baroni BM, da Silva Junior DP, Vaz MA. Effects of neuromuscular electrical stimulation and low-level laser therapy on the muscle architecture and functional capacity in elderly patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2015;29(6):570-580. doi: 10.1177/0269215514552082.
- de Oliveira Melo M, Pompeo KD, Baroni BM, Vaz MA. Effects of neuromuscular electrical stimulation and low-level laser therapy on neuromuscular parameters and health status in elderly women with knee osteoarthritis: A randomized trial. *J Rehabil Med* 2016;48(3):293-299. doi: 10.2340/16501977-2062.
- de Oliveira Melo O, Pompeo KD, Brodt GA, Baroni BM, Sonda FC, Vaz MA. Randomised study of the effects of neuromuscular electrical stimulation and low-level laser therapy on muscle activation and pain in patients with knee osteoarthritis. *Int J Ther Rehab* 2019;26(7):89. doi: 10.12968/ijtr.2018.0089.
- de Paula Gomes CAF, Leal-Junior ECP, Dibai-Filho AV, de Oliveira AR, Bley AS, Biasotto-Gonzalez DA, de Tarso Camillo de Carvalho P. Incorporation of photobiomodulation therapy into a therapeutic exercise program for knee osteoarthritis: A placebo-controlled, randomized, clinical trial. *Lasers Surg Med* 2018;50(8):819-828. doi: 10.1002/lsm.22939.
- de Pinho Teixeira Alves P, de Araújo GC. Low-level laser therapy after carpal tunnel release. *Rev Bras Ortop* 2015;46(6):697-701. doi: 10.1016/S2255-4971(15)30327-X.
- Djavid GE, Mehrdad R, Ghasemi M, Hasan-Zadeh H, Sotoodeh-Manesh A, Pouryaghoub G. In chronic low back pain, low level laser therapy combined with exercise is more beneficial than exercise alone in the long term: a randomised trial. *Aust J Physiother* 2007;53(3):155-160. doi: 10.1016/s0004-9514(07)70022-3.
- Dincer U, Cakar E, Kiralp MZ, Kilac H, Dursun H. The effectiveness of conservative treatments of carpal tunnel syndrome: splinting, ultrasound, and low-level laser therapies. *Photomed Laser Surg* 2009;27(1):119-125. doi: 10.1089/pho.2008.2211.
- Dundar U, Evcik D, Samli F, Pusak H, Kavuncu V. The effect of gallium arsenide aluminum laser therapy in the management of cervical myofascial pain syndrome: a double blind, placebo-controlled study. *Clin Rheumatol* 2007;26(6):930-934. doi: 10.1007/s10067-006-0438-4.

- Dundar U, Turkmen U, Toktas H, Solak O, Ulasli AM. Effect of high-intensity laser therapy in the management of myofascial pain syndrome of the trapezius: a double-blind, placebo-controlled study. *Lasers Med Sci* 2015a;30(1):325-332. doi: 10.1007/s10103-014-1671-8.
- Dundar U, Turkmen U, Toktas H, Ulasli AM, Solak O. Effectiveness of high-intensity laser therapy and splinting in lateral epicondylitis; a prospective, randomized, controlled study. *Lasers Med Sci* 2015b;30(3):1097-1107. doi: 10.1007/s10103-015-1716-7.
- Ebneshahidi NS, Heshmatipour M, Moghaddami A, Eghtesadi-Araghi P. The effects of laser acupuncture on chronic tension headache--a randomised controlled trial. *Acupunct Med* 2005;23(1):13-18. doi: 10.1136/aim.23.1.13.
- Ehrreich SJ, Furchgott RF. Relaxation of mammalian smooth muscles by visible and ultraviolet radiation. *Nature* 1968;218(5142):682-684. doi: 10.1038/218682a0.
- Ekim A, Armagan O, Tascioglu F, Oner C, Colak M. Effect of low level laser therapy in rheumatoid arthritis patients with carpal tunnel syndrome. *Swiss Med Wkly* 2007;137(23-24):347-352. doi: 10.4414/smw.2007.11581.
- El-Shamy SM, Alayat MSM, Abdelgalil AA, Alshehri MA. Long-term effect of pulsed Nd:YAG laser in the treatment of children with juvenile rheumatoid arthritis: a randomized controlled trial. *Photomed Laser Surg* 2018;36(8):445-451. doi: 10.1089/pho.2018.4444.
- Elsodany AM, Alayat MSM, Ali MME, Khaprani HM. Long-term effect of pulsed Nd:YAG laser in the treatment of patients with rotator cuff tendinopathy: a randomized controlled trial. *Photomed Laser Surg* 2018;36(9):506-513. doi: 10.1089/pho.2018.4476.
- Emanet SK, Altan LI, Yurtkuran M. Investigation of the effect of GaAs laser therapy on lateral epicondylitis. *Photomed Laser Surg* 2010;28(3):397-403. doi: 10.1089/pho.2009.2555.
- England S, Farrell AJ, Coppock JS, Struthers G, Bacon PA. Low power laser therapy of shoulder tendonitis. *Scand J Rheumatol* 1989;18(6):427-431. doi: 10.3109/03009748909102106.
- Enwemeka CS. Attenuation and penetration of visible 632.8 nm and invisible infra-red 904 nm light in soft tissues. *Las Ther* 2001;19:95-101.
- Eslamian F, Shakouri SK, Ghojzadeh M, Nobari OE, Eftekharsadat B. Effects of low-level laser therapy in combination with physiotherapy in the management of rotator cuff tendinitis. *Lasers Med Sci* 2012;27(5):951-958. doi: 10.1007/s10103-011-1001-3.
- Evcik D, Kavuncu V, Cakir T, Subasi V, Yaman M. Laser therapy in the treatment of carpal tunnel syndrome: a randomized controlled trial. *Photomed Laser Surg* 2007;25(1):34-39. doi: 10.1089/pho.2006.2032.
- Ezzati K, Laakso EL, Saberi A, Yousefzadeh Chabok S, Nasiri E, Bakhshayesh Eghbali B. A comparative study of the dose-dependent effects of low level and high intensity photobiomodulation (laser) therapy on pain and electrophysiological parameters in patients with carpal tunnel syndrome. *Eur J Phys Rehabil Med* 2020;56(6):733-740. doi: 10.23736/S1973-9087.19.05835-0.

- Falaki F, Nejat AH, Dalirsani Z. The effect of low-level laser therapy on trigeminal neuralgia: a review of literature. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2014;8(1):1-5. doi: 10.5681/joddd.2014.001.
- Finsen NR. Nobel Lectures, Physiology or Medicine 1901–1921. Elsevier Publishing Company; Amsterdam, Netherlands: 1967.
- Fiore F, Panza F, Cassatella G, Russo A, Frisardi V, Solfrizzi V, Ranieri M, Di Teo L, Santamato A. Short-term effects of high-intensity laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of low back pain: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehab Med* 2011;47(3):367-373.
- Frigo L, Fávero GM, Lima HJ, Maria DA, Bjordal JM, Joensen J, Iversen VV, Marcos RL, Parizzoto NA, Lopes-Martins RA. Low-level laser irradiation (InGaAlP-660 nm) increases fibroblast cell proliferation and reduces cell death in a dose-dependent manner. *Photomed Laser Surg* 2010;28 Suppl 1:S151-156. doi: 10.1089/pho.2008.2475.
- Fukuda VO, Fukuda TY, Guimarães M, Shiwa S, de Lima Bdel C, Martins RÁ, Casarotto RA, Alfredo PP, Bjordal JM, Fucs PM. Short-term efficacy of low-level laser therapy in patients with knee osteoarthritis: a randomized placebo-controlled, double-blind clinical trial. *Rev Bras Ortop* 2015;46(5):526-533. doi: 10.1016/S2255-4971(15)30407-9.
- Fusakul Y, Aranyavalai T, Saensri P, Thiengwittayaporn S. Low-level laser therapy with a wrist splint to treat carpal tunnel syndrome: a double-blinded randomized controlled trial. *Lasers Med Sci* 2014;29(3):1279-1287. doi: 10.1007/s10103-014-1527-2.
- Germano Maciel D, Trajano da Silva M, Rodrigues JA, Viana Neto JB, de França IM, Melo ABM, Barros da Silva TYP, de Brito Vieira WH. Low-level laser therapy combined to functional exercise on treatment of fibromyalgia: a double-blind randomized clinical trial. *Lasers Med Sci* 2018;33(9):1949-1959. doi: 10.1007/s10103-018-2561-2.
- Glazov G, Schattner P, Lopez D, Shandley K. Laser acupuncture for chronic non-specific low back pain: a controlled clinical trial. *Acupunct Med* 2009;27(3):94-100. doi: 10.1136/aim.2009.000521.
- Glazov G, Yelland M, Emery J. Low-dose laser acupuncture for non-specific chronic low back pain: a double-blind randomised controlled trial. *Acupunct Med* 2014;32(2):116-23. doi: 10.1136/acupmed-2013-010456.
- Goats GC, Flett E, Hunter JA, Stirling A. Low intensity laser and phototherapy for rheumatoid arthritis. *Physiother* 1996;82(5):311-320. doi: 10.1016/S0031-9406(05)66866-6.
- Goldman JA, Chiapella J, Casey H, Bass N, Graham J, McClatchey W, Dronavalli RV, Brown R, Bennett WJ, Miller SB, Wilson CH, Pearson B, Haun C, Persinski L, Huey H, Muckerheide M. Laser therapy of rheumatoid arthritis. *Lasers Surg Med* 1980;1(1):93-101. doi: 10.1002/lsm.1900010110.
- Gross AR, Dziengo S, Boers O, Goldsmith CH, Graham N, Lilge L, Burnie S, White R. Low level laser therapy (LLLT) for neck pain: a systematic review and meta-regression. *Open Orthop J* 2013;7:396-419. doi: 10.2174/1874325001307010396.

- Grossman N, Schneid N, Reuveni H, Halevy S, Lubart R. 780 nm low power diode laser irradiation stimulates proliferation of keratinocyte cultures: involvement of reactive oxygen species. *Lasers Surg Med* 1998;22(4):212-218. doi: 10.1002/(sici)1096-9101(1998)22:4<212::aid-lsm5>3.0.co;2-s.
- Guo H, Luo Q, Zhang J, Lin H, Xia L, He C. Comparing different physical factors on serum TNF- α levels, chondrocyte apoptosis, caspase-3 and caspase-8 expression in osteoarthritis of the knee in rabbits. *Joint Bone Spine* 2011;78(6):604-610. doi: 10.1016/j.jbspin.2011.01.009.
- Gupta A, Keshri GK, Yadav A, Gola S, Chauhan S, Salhan AK, Bala Singh S. Superpulsed (Ga-As, 904 nm) low-level laser therapy (LLLT) attenuates inflammatory response and enhances healing of burn wounds. *J Biophotonics* 2015;8(6):489-501. doi: 10.1002/jbio.201400058.
- Gür A, Karakoç M, Nas K, Cevik R, Saraç J, Demir E. Efficacy of low power laser therapy in fibromyalgia: a single-blind, placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci* 2002;17(1):57-61. doi: 10.1007/s10103-002-8267-4.
- Gur A, Cosut A, Sarac AJ, Cevik R, Nas K, Uyar A. Efficacy of different therapy regimes of low-power laser in painful osteoarthritis of the knee: a double-blind and randomized-controlled trial. *Lasers Surg Med* 2003a;33(5):330-338. doi: 10.1002/lsm.10236.
- Gur A, Karakoc M, Cevik R, Nas K, Sarac AJ, Karakoc M. Efficacy of low power laser therapy and exercise on pain and functions in chronic low back pain. *Lasers Surg Med* 2003b;32(3):233-238. doi: 10.1002/lsm.10134.
- Gur A, Sarac AJ, Cevik R, Altindag O, Sarac S. Efficacy of 904 nm gallium arsenide low level laser therapy in the management of chronic myofascial pain in the neck: a double-blind and randomized-controlled trial. *Lasers Surg Med* 2004;35(3):229-235. doi: 10.1002/lsm.20082.
- Hagiwara S, Iwasaka H, Okuda K, Noguchi T. GaAlAs (830 nm) low-level laser enhances peripheral endogenous opioid analgesia in rats. *Lasers Surg Med* 2007;39(10):797-802. doi: 10.1002/lsm.20583.
- Haker E, Lundeberg T. Laser treatment applied to acupuncture points in lateral humeral epicondylalgia. A double-blind study. *Pain* 1990;43(2):243-247. doi: 10.1016/0304-3959(90)91078-W.
- Haker E, Lundeberg T. Is low-energy laser treatment effective in lateral epicondylalgia? *J Pain Symptom Manage* 1991a;6(4):241-246. doi: 10.1016/0885-3924(91)90014-u.
- Haker EH, Lundeberg TC. Lateral epicondylalgia: report of noneffective midlaser treatment. *Arch Phys Med Rehabil* 1991b;72(12):984-988.
- Hakgüder A, Birtane M, Gürcan S, Kokino S, Turan FN. Efficacy of low level laser therapy in myofascial pain syndrome: an algometric and thermographic evaluation. *Lasers Surg Med* 2003;33(5):339-343. doi: 10.1002/lsm.10241.

- Hall J, Clarke AK, Elvins DM, Ring EF. Low level laser therapy is ineffective in the management of rheumatoid arthritic finger joints. *Br J Rheumatol* 1994;33(2):142-147. doi: 10.1093/rheumatology/33.2.142.
- Hamblin MR, Demidova TN. Mechanisms of low level light therapy - an introduction. In: Hamblin MR, et al., editors. *Mechanisms for Low-Light Therapy I*. Vol. 61001. The International Society for Optical Engineering; Bellingham, Washington, USA; 2006; pp. 1–12.
- Hamblin MR, Waynant RW, Anders J. Mechanisms for low-light therapy V. *Proceedings of SPIE* 2010; 1605-7422, v. 7552.
- Hegedus B, Viharos L, Gervain M, Gálfi M. The effect of low-level laser in knee osteoarthritis: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Photomed Laser Surg* 2009;27(4):577-584. doi: 10.1089/pho.2008.2297.
- Helianthi DR, Simadibrata C, Srilestari A, Wahyudi ER, Hidayat R. Pain reduction after laser acupuncture treatment in geriatric patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Acta Med Indones* 2016;48(2):114-121.
- Heussler JK, Hinchey G, Margiotta E, Quinn R, Butler P, Martin J, Sturgess AD. A double blind randomised trial of low power laser treatment in rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis* 1993;52(10):703-706. doi: 10.1136/ard.52.10.703.
- Hinman RS, McCrory P, Pirotta M, Relf I, Forbes A, Crossley KM, Williamson E, Kyriakides M, Novy K, Metcalf BR, Harris A, Reddy P, Conaghan PG, Bennell KL. Acupuncture for chronic knee pain: a randomized clinical trial. *JAMA* 2014;312(13):1313-1322. doi: 10.1001/jama.2014.12660.
- Hsieh YL, Hong CZ, Chou LW, Yang SA, Yang CC. Fluence-dependent effects of low-level laser therapy in myofascial trigger spots on modulation of biochemicals associated with pain in a rabbit model. *Lasers Med Sci* 2015;30(1):209-216. doi: 10.1007/s10103-014-1654-9.
- Huang YY, Chen AC, Carroll JD, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy. *Dose Response* 2009;7(4):358-383. doi: 10.2203/dose-response.09-027.Hamblin.
- Huang YY, Sharma SK, Carroll J, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy - an update. *Dose Response* 2011;9(4):602-618. doi: 10.2203/dose-response.11-009.Hamblin.
- Huang YY, Nagata K, Tedford CE, McCarthy T, Hamblin MR. Low-level laser therapy (LLLT) reduces oxidative stress in primary cortical neurons in vitro. *J Biophotonics* 2013;6(10):829-838. doi: 10.1002/jbio.201200157.
- Huang YY, Nagata K, Tedford CE, Hamblin MR. Low-level laser therapy (810 nm) protects primary cortical neurons against excitotoxicity in vitro. *J Biophotonics* 2014;7(8):656-664. doi: 10.1002/jbio.201300125.
- Huang Z, Chen J, Ma J, Shen B, Pei F, Kraus VB. Effectiveness of low-level laser therapy in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage* 2015;23(9):1437-1444. doi: 10.1016/j.joca.2015.04.005.

- Ilbildu E, Cakmak A, Disci R, Aydin R. Comparison of laser, dry needling, and placebo laser treatments in myofascial pain syndrome. *Photomed Laser Surg* 2004;22(4):306-311. doi: 10.1089/pho.2004.22.306.
- Ip D. Does addition of low-level laser therapy (LLLT) in conservative care of knee arthritis successfully postpone the need for joint replacement? *Lasers Med Sci* 2015;30(9):2335-2339. doi: 10.1007/s10103-015-1814-6.
- Ip D, Fu NY. Can combined use of low-level lasers and hyaluronic acid injections prolong the longevity of degenerative knee joints? *Clin Interv Aging* 2015;10:1255-1258. doi: 10.2147/CIA.S86907.
- Irvine J, Chong SL, Amirjani N, Chan KM. Double-blind randomized controlled trial of low-level laser therapy in carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 2004;30(2):182-187. doi: 10.1002/mus.20095.
- Jagdhari BS, Mukta M, Saket AG, Golhar AV. Therapeutic evaluation of cervical dysfunction in patients with myofascial pain dysfunction syndrome: a prospective study. *J Contemp Dent Pract* 2017;18(7):601-606. doi: 10.5005/jp-journals-10024-2092.
- Jarvis D, MacIver BM, Tanelian DL. Electrophysiologic recording and thermodynamic modeling demonstrate that helium-neon laser irradiation does not affect peripheral A-delta- or C-fiber nociceptors. *Pain* 1990;43(2):235-242. doi: 10.1016/0304-3959(90)91077-V.
- Jiang JA, Chang WD, Wu JH, Lai PT, Lin HY. Low-level laser treatment relieves pain and neurological symptoms in patients with carpal tunnel syndrome. *J Phys Ther Sci* 2011;23(4):661-665. doi: 10.1589/jpts.23.661
- Joensen J, Ovsthus K, Reed RK, Hummelsund S, Iversen VV, Lopes-Martins RÁ, Bjordal JM. Skin penetration time-profiles for continuous 810 nm and superpulsed 904 nm lasers in a rat model. *Photomed Laser Surg* 2012;30(12):688-694. doi: 10.1089/pho.2012.3306.
- Johannsen F, Hauschild B, Remvig L, Johnsen V, Petersen M, Bieler T. Low energy laser therapy in rheumatoid arthritis. *Scand J Rheumatol* 1994;23(3):145-157. doi: 10.3109/03009749409103048.
- Jones TF, Feler CA, Simmons BP, Melton K, Craig AS, Moore WL, Smith MD, Schaffner W. Neurologic complications including paralysis after a medication error involving implanted intrathecal catheters. *Am J Med* 2002;112(1):31-36. doi: 10.1016/s0002-9343(01)01032-4.
- Juan CW, Chang MH, Lin TH, Hwang KL, Fu TC, Shih PH, Chang CM, Yang CP. Laser acupuncture for carpal tunnel syndrome: a single-blinded controlled study. *J Altern Complement Med* 2019;25(10):1035-1043. doi: 10.1089/acm.2019.0169.
- Kannan P. Management of myofascial pain of upper trapezius: a three group comparison study. *Glob J Health Sci* 2012;4(5):46-52. doi: 10.5539/gjhs.v4n5p46.
- Katsoulis J, Ausfeld-Hafter B, Windecker-Gétaz I, Katsoulis K, Blagojevic N, Mericske-Stern R. Laser acupuncture for myofascial pain of the masticatory muscles. A controlled pilot study. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2010;120(3):213-225.

- Kaub L, Schmitz C. More than ninety percent of the light energy emitted by near-infrared laser therapy devices used to treat musculoskeletal disorders is absorbed within the first ten millimeters of biological tissue. *Biomedicines* 2022;10(12):3204. doi: 10.3390/biomedicines10123204.
- Kaub L, Schmitz C. Comparison of the penetration depth of 905 nm and 1064 nm laser light in surface layers of biological tissue ex vivo. *Biomedicines* 2023;11(5):1355. doi: 10.3390/biomedicines11051355.
- Kelle B, Kozanoglu E. Low-level laser and local corticosteroid injection in the treatment of subacromial impingement syndrome: a controlled clinical trial. *Clin Rehabil* 2014;28(8):762-771. doi: 10.1177/0269215514520772.
- Kheshie AR, Alayat MS, Ali MM. High-intensity versus low-level laser therapy in the treatment of patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Lasers Med Sci* 2014;29(4):1371-1376. doi: 10.1007/s10103-014-1529-0.
- Kholoosy L, Elyaspour D, Akhgari MR, Razzaghi Z, Khodamardi Z, Bayat M. Evaluation of the therapeutic effect of low level laser in controlling low back pain: a randomized controlled trial. *J Lasers Med Sci* 2020;11(2):120-125. doi: 10.34172/jlms.2020.21.
- Kibar S, Konak HE, Evcik D, Ay S. Laser acupuncture treatment improves pain and functional status in patients with subacromial impingement syndrome: a randomized, double-blind, sham-controlled study. *Pain Med* 2017;18(5):980-987. doi: 10.1093/pm/pnw197.
- Kim GJ, Choi J, Lee S, Jeon C, Lee K. The effects of high intensity laser therapy on pain and function in patients with knee osteoarthritis. *J Phys Ther Sci* 2016;28(11):3197-3199. doi: 10.1589/jpts.28.3197.
- King PR. Low level laser therapy: A review. *Las Med Sci* 1989;4(3):141-150. doi:10.1007/BF02032427.
- Kiralp MZ, Ari H, Karabekir I, Dursun H. Comparison of low intensity laser therapy and trigger point injection in the management of myofascial pain syndrome. *Pain Clin* 2006;18(1):63-66. doi: 10.1163/156856906775249794.
- Király M, Bender T, Hodosi K. Comparative study of shockwave therapy and low-level laser therapy effects in patients with myofascial pain syndrome of the trapezius. *Rheumatol Int* 2018;38(11):2045-2052. doi: 10.1007/s00296-018-4134-x.
- Kiritisi O, Tsitias K, Malliaropoulos N, Mikroulis G. Ultrasonographic evaluation of plantar fasciitis after low-level laser therapy: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci* 2010;25(2):275-281. doi: 10.1007/s10103-009-0737-5.
- Klein RG, Eek BC. Low-energy laser treatment and exercise for chronic low back pain: double-blind controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 1990;71(1):34-37.
- Koldaş Doğan Ş, Ay S, Evcik D. The effects of two different low level laser therapies in the treatment of patients with chronic low back pain: A double-blinded randomized clinical trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2017;30(2):235-240. doi: 10.3233/BMR-160739.

- Kolu E, Buyukavci R, Akturk S, Eren F, Ersoy Y. Comparison of high-intensity laser therapy and combination of transcutaneous nerve stimulation and ultrasound treatment in patients with chronic lumbar radiculopathy: A randomized single-blind study. *Pak J Med Sci* 2018;34(3):530-534. doi: 10.12669/pjms.343.14345.
- Konstantinovic LM, Kanjuh ZM, Milovanovic AN, Cutovic MR, Djurovic AG, Savic VG, Dragin AS, Milovanovic ND. Acute low back pain with radiculopathy: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Photomed Laser Surg* 2010a;28(4):553-560. doi: 10.1089/pho.2009.2576.
- Konstantinovic LM, Cutovic MR, Milovanovic AN, Jovic SJ, Dragin AS, Letic MDj, Miler VM. Low-level laser therapy for acute neck pain with radiculopathy: a double-blind placebo-controlled randomized study. *Pain Med* 2010b;11(8):1169-1178. doi: 10.1111/j.1526-4637.2010.00907.x.
- Krashennikoff M, Ellitsgaard N, Rogvi-Hansen B, Zeuthen A, Harder K, Larsen R, Gaardbo H. No effect of low power laser in lateral epicondylitis. *Scand J Rheumatol* 1994;23(5):260-263. doi: 10.3109/03009749409103726.
- Kreczi T, Klingler D. A comparison of laser acupuncture versus placebo in radicular and pseudoradicular pain syndromes as recorded by subjective responses of patients. *Acupunct Electrother Res* 1986;11(3-4):207-216. doi: 10.3727/036012986816359094.
- Kwon K, Son T, Lee KJ, Jung B. Enhancement of light propagation depth in skin: cross-validation of mathematical modeling methods. *Lasers Med Sci* 2009;24(4):605-615. doi: 10.1007/s10103-008-0625-4.
- Laakso L, Richardson C, Cramond T. Pain scores and side effects of low level laser therapy in the treatment of myofascial trigger points. *Las Ther* 1997;9(2):67-72.
- Lam LK, Cheing GL. Effects of 904-nm low-level laser therapy in the management of lateral epicondylitis: a randomized controlled trial. *Photomed Laser Surg* 2007;25(2):65-71. doi: 10.1089/pho.2006.2047.
- Lane N. Cell biology: power games. *Nature* 2006;443(7114):901-903. doi: 10.1038/443901a.
- Lavi R, Shainberg A, Friedmann H, Shneyvays V, Rickover O, Eichler M, Kaplan D, Lubart R. Low energy visible light induces reactive oxygen species generation and stimulates an increase of intracellular calcium concentration in cardiac cells. *J Biol Chem* 2003;278(42):40917-40922. doi: 10.1074/jbc.M303034200.
- Lavies NG. Laser acupuncture for migraine and muscle tension headache: a double-blind controlled trial. *Acupunct Med* 1998;16(2):73-76. doi: 10.1136/aim.16.2.73.
- Lazovic M, Ilic-Stojanovic O, Kocic M, Zivkovic V, Hrkovic M, Radosavljevic N. Placebo-controlled investigation of low-level laser therapy to treat carpal tunnel syndrome. *Photomed Laser Surg* 2014;32(6):336-344. doi: 10.1089/pho.2013.3563.
- Lee JH, Han JT. The dose-dependent effect of an 830-nm, 450-mW lowlevel laser therapy on the myofascial trigger point of the upper trapezius muscle: a randomized, double-blinded, clinical trial. *J Phys Ther Sci* 2011;23(6):933-935. doi: 10.1589/jpts.23.933.

- Liao FY, Lin CL, Lo SF, Chang CC, Liao WY, Chou LW. Efficacy of acupoints dual-frequency low-level laser therapy on knee osteoarthritis. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2020 Sep 24;2020:6979105. doi: 10.1155/2020/6979105.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, Clarke M, Devereaux PJ, Kleijnen J, Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and metaanalyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ* 2009;339:b2700. doi: 10.1136/bmj.b2700.
- Lin ML, Wu HC, Hsieh YH, Su CT, Shih YS, Lin CW, Wu JH. Evaluation of the effect of laser acupuncture and cupping with ryodoraku and visual analog scale on low back pain. *Evid Based Complement Alternat Med* 2012;2012:521612. doi: 10.1155/2012/521612.
- Lin ML, Wu JH, Lin CW, Su CT, Wu HC, Shih YS, Chiu IT, Chen CY, Chang WD. Clinical effects of laser acupuncture plus chinese cupping on the pain and plasma cortisol levels in patients with chronic nonspecific lower back pain: a randomized controlled trial. *Evid Based Complement Alternat Med* 2017;2017:3140403. doi: 10.1155/2017/3140403.
- Logdberg-Andersson M, Mutzell S, Hazel A. Low level laser therapy (LLLT) of tendinitis and myofascial pains -- a randomized double-blind, controlled study. *Las Ther* 1997;9(2):79-86.
- Lubart R, Wollman Y, Friedmann H, Rochkind S, Laulich I. Effects of visible and near-infrared lasers on cell cultures. *J Photochem Photobiol B* 1992;12(3):305-310. doi: 10.1016/1011-1344(92)85032-p.
- Lubart R, Eichler M, Lavi R, Friedman H, Shainberg A. Low-energy laser irradiation promotes cellular redox activity. *Photomed Laser Surg* 2005;23(1):3-9. doi: 10.1089/pho.2005.23.3.
- Lundeberg T, Haker E, Thomas M. Effect of laser versus placebo in tennis elbow. *Scand J Rehabil Med* 1987;19(3):135-138.
- Maiman TH. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature* 1960;187:493-494.
- Manca A, Limonta E, Pilurzi G, Ginatempo F, De Natale ER, Mercante B, Tolu E, Deriu F. Ultrasound and laser as stand-alone therapies for myofascial trigger points: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Physiother Res Int*.2014;19(3):166-175. doi: 10.1002/pri.1580.
- Mansourian A, Pourshahidi S, Sadrzadeh-Afshar MS, Ebrahimi H. A comparative study of low-level laser therapy and transcutaneous electrical nerve stimulation as an adjunct to pharmaceutical therapy for myofascial pain dysfunction syndrome: a randomized clinical trial. *Front Dent* 2019;16(4):256-264. doi: 10.18502/ffd.v16i4.2084.
- Martin W. Robert F. Furchgott, Nobel laureate (1916-2009)--a personal reflection. *Br J Pharmacol* 2009;158(3):633-637. doi: 10.1111/j.1476-5381.2009.00418.x.
- Martins DO, Santos FM, Britto LR, Lemos JB, Chacur M. Neurochemical effects of photobiostimulation in the trigeminal ganglion after inferior alveolar nerve injury. *J Biol Regul Homeost Agents* 2017;31(1):147-152.

- Matsutani LA, Marques AP, Ferreira EA, Assumpção A, Lage LV, Casarotto RA, Pereira CA. Effectiveness of muscle stretching exercises with and without laser therapy at tender points for patients with fibromyalgia. *Clin Exp Rheumatol* 2007;25(3):410-415.
- Matulis AA, Vasilenkaĩtis VV, Raĩstenskĩi IL, Cheremnykh-Alekseenko EN, Gaĩgalene BA. Lazernaia terapiia i lazeropunctura pri revmatoidnom artrite, deformiruiushchem osteoartroze i psoriaticheskoĩ artropatii [Laser therapy and laser puncture in rheumatoid arthritis, osteoarthritis deformans and psoriatic arthropathy]. *Ter Arkh* 1983;55(7):92-97. Russian.
- Meireles SM, Jones A, Jennings F, Suda AL, Parizotto NA, Natour J. Assessment of the effectiveness of low-level laser therapy on the hands of patients with rheumatoid arthritis: a randomized double-blind controlled trial. *Clin Rheumatol* 2010;29(5):501-509. doi: 10.1007/s10067-009-1347-0.
- Merskey H, Bagduk N (eds). *Classification of Chronic Pain; 2nd edition (revised). Part III: Pain terms, a current list with definitions and notes on usage.* International Association for the Study of Pain. IASP Press; Seattle; 1994 (revised 2012).
- Mester E, Ludány G, Sellyei M, Szende B, Gyenes G, Total GJ. Untersuchungen über die hemmende bzw. fördernde Wirkung der Laserstrahlen [Studies on the inhibiting and activating effects of laser beams]. *Langenbecks Arch Chir* 1968a;322:1022-1027. German. doi: 10.1007/BF02453990.
- Mester E, Ludány G, Sellyei M, Szende B, Gyenes G, Total GJ. The stimulating effect of low power laser rays on biological systems. *Laser Rev* 1968b;1: 3.
- Metin Ökmen B, Ökmen K, Özkuk K, Uysal B, Sezer R, Koyuncu E. Comparison of the efficacy of high intensity laser and ultrasound therapies in chronic shoulder pain; randomized controlled single blind study. *J PMR Sci* 2017;20(2):57-65.
- Momenzadeh S, Akhyani V, Razaghi Z, Ebadifar A, Abbasi M. Evaluation of the effects of intravenous and percutaneous low level laser therapy in the management of shoulder myofascial pain syndrome. *J Lasers Med Sci* 2016;7(1):16-20. doi: 10.15171/jlms.2016.04.
- Montes-Molina R, Madroñero-Agreda MA, Romojaro-Rodríguez AB, Gallego-Mendez V, Prados-Cabiedas C, Marques-Lucas C, Pérez-Ferreiro M, Martínez-Ruiz F. Efficacy of interferential low-level laser therapy using two independent sources in the treatment of knee pain. *Photomed Laser Surg* 2009;27(3):467-471. doi: 10.1089/pho.2008.2315.
- Montes-Molina R, Prieto-Baquero A, Martínez-Rodríguez ME, Romojaro-Rodríguez AB, Gallego-Méndez V, Martínez-Ruiz F. Interferential laser therapy in the treatment of shoulder pain and disability from musculoskeletal pathologies: a randomised comparative study. *Physiotherapy* 2012;98(2):143-150. doi: 10.1016/j.physio.2011.02.007.
- Monticone M, Barbarino A, Testi C, Arzano S, Moschi A, Negrini S. Symptomatic efficacy of stabilizing treatment versus laser therapy for sub-acute low back pain with positive tests for sacroiliac dysfunction: a randomised clinical controlled trial with 1 year follow-up. *Eura Medicophys* 2004;40(4):263-268.

- Moore P, Ridgway TD, Higbee RG, Howard EW, Lucroy MD. Effect of wavelength on low-intensity laser irradiation-stimulated cell proliferation in vitro. *Lasers Surg Med* 2005;36(1):8-12. doi: 10.1002/lsm.20117.
- Morin M, Brosseau L, Quirion-DeGrardi C. A theoretical framework on low level laser therapy (classes I, II and III) application for the treatment of OA and RA. *Proc Can Physiother Assoc Nat Congr* 1996.
- Naeser MA, Hahn KA, Lieberman BE, Branco KF. Carpal tunnel syndrome pain treated with low-level laser and microamperes transcutaneous electric nerve stimulation: A controlled study. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83(7):978-988. doi: 10.1053/apmr.2002.33096.
- Nambi G, Kamal W, Es S, Joshi S, Trivedi P. Spinal manipulation plus laser therapy versus laser therapy alone in the treatment of chronic non-specific low back pain: a randomized controlled study. *Eur J Phys Rehabil Med* 2018;54(6):880-889. doi: 10.23736/S1973-9087.18.05005-0.
- Naruseviciute D, Kubilius R. The effect of high-intensity versus low-level laser therapy in the management of plantar fasciitis: randomized participant blind controlled trial. *Clin Rehabil* 2020;34(8):1072-1082. doi: 10.1177/0269215520929073.
- Nasser R, Yadla S, Maltenfort MG, Harrop JS, Anderson DG, Vaccaro AR, Sharan AD, Ratliff JK. Complications in spine surgery. *J Neurosurg Spine* 2010;13(2):144-157. doi: 10.3171/2010.3.SPINE09369.
- Nazari A, Moezy A, Nejati P, Mazaherinezhad A. Efficacy of high-intensity laser therapy in comparison with conventional physiotherapy and exercise therapy on pain and function of patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial with 12-week follow up. *Lasers Med Sci*.2019;34(3):505-516. doi: 10.1007/s10103-018-2624-4.
- Nesioonpour S, Mokmeli S, Vojdani S, Mohtadi A, Akhondzadeh R, Behaen K, Moosavi S, Hojjati S. The effect of low-level laser on postoperative pain after tibial fracture surgery: a double-blind controlled randomized clinical trial. *Anesth Pain Med* 2014;4(3):e17350. doi: 10.5812/aapm.17350.
- Notarnicola A, Maccagnano G, Tafuri S, Forcignanò MI, Panella A, Moretti B. CHELT therapy in the treatment of chronic insertional Achilles tendinopathy. *Lasers Med Sci* 2014;29(3):1217-1225. doi: 10.1007/s10103-013-1510-3.
- Oken O, Kahraman Y, Ayhan F, Canpolat S, Yorgancioglu ZR, Oken OF. The short-term efficacy of laser, brace, and ultrasound treatment in lateral epicondylitis: a prospective, randomized, controlled trial. *J Hand Ther* 2008;21(1):63-67; quiz 68. doi: 10.1197/j.jht.2007.09.003.
- Olavi A, Pekka R, Pertti K, Pekka P. Effects of the infrared laser therapy at treated and non-treated trigger points. *Acupunct Electrother Res* 1989;14(1):9-14. doi: 10.3727/036012989816358560.
- Ordahan B, Karahan AY, Kaydok E. The effect of high-intensity versus low-level laser therapy in the management of plantar fasciitis: a randomized clinical trial. *Lasers Med Sci* 2018;33(6):1363-1369. doi: 10.1007/s10103-018-2497-6.

- Otadi K, Hadian MR, Olyaei G, Jalaie S. The beneficial effects of adding low level laser to ultrasound and exercise in Iranian women with shoulder tendonitis: a randomized clinical trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2012;25(1):13-19. doi: 10.3233/BMR-2012-0305.
- Öz S, Gökçen-Röhlig B, Saruhanoglu A, Tuncer EB. Management of myofascial pain: low-level laser therapy versus occlusal splints. *J Craniofac Surg* 2010;21(6):1722-1728. doi: 10.1097/SCS.0b013e3181f3c76c.
- Pal G, Dutta A, Mitra K, Grace MS, Romanczyk TB, Wu X, Chakrabarti K, Anders J, Gorman E, Waynant RW, Tata DB. Effect of low intensity laser interaction with human skin fibroblast cells using fiber-optic nano-probes. *J Photochem Photobiol B* 2007;86(3):252-261. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2006.12.001.
- Palmgren N, Jensen GF, Kaae K, Windelin M, Colov HC. Low-power laser therapy in rheumatoid arthritis. *Las Med Sci* 1989;4(3):193-196.
- Panton L, Simonavice E, Williams K, Mojock C, Kim JS, Kingsley JD, McMillan V, Mathis R. Effects of Class IV laser therapy on fibromyalgia impact and function in women with fibromyalgia. *J Altern Complement Med* 2013;19(5):445-452. doi: 10.1089/acm.2011.0398.
- Paolillo AR, Paolillo FR, João JP, João HA, Bagnato VS. Synergic effects of ultrasound and laser on the pain relief in women with hand osteoarthritis. *Lasers Med Sci* 2015;30(1):279-286. doi: 10.1007/s10103-014-1659-4.
- Paolillo FR, Paolillo AR, João JP, Frascá D, Duchêne M, João HA, Bagnato VS. Ultrasound plus low-level laser therapy for knee osteoarthritis rehabilitation: a randomized, placebo-controlled trial. *Rheumatol Int* 2018;38(5):785-793. doi: 10.1007/s00296-018-4000-x.
- Papadopoulos ES, Smith RW, Cawley MD, Mani R. Low-level laser therapy does not aid the management of tennis elbow. *Clin Rehab* 1996;10:9-11. doi: 10.1177/026921559601000
- Pekyavas NO, Baltaci G. Short-term effects of high-intensity laser therapy, manual therapy, and Kinesio taping in patients with subacromial impingement syndrome. *Lasers Med Sci* 2016;31(6):1133-1141. doi: 10.1007/s10103-016-1963-2.
- Pillar NB, Thelander A. Treating chronic post mastectomy lymph edema with low level laser therapy: a cost effective strategy to reduce severity and improve the quality of survival. *Laser Ther* 1995;7:163-8. doi: 10.5978/islsm.95-OR-20.
- Posten W, Wrone DA, Dover JS, Arndt KA, Silapunt S, Alam M. Low-level laser therapy for wound healing: mechanism and efficacy. *Dermatol Surg* 2005;31(3):334-340. doi: 10.1111/j.1524-4725.2005.31086.
- Pratelli E, Pintucci M, Cultrera P, Baldini E, Stecco A, Petrocelli A, Pasquetti P. Conservative treatment of carpal tunnel syndrome: comparison between laser therapy and Fascial Manipulation(®). *J Bodyw Mov Ther* 2015;19(1):113-118. doi: 10.1016/j.jbmt.2014.08.002.

- Rayegani S, Bahrami M, Samadi B, Sedighipour L, Mokhtarirad M, Eliaspoor D. Comparison of the effects of low energy laser and ultrasound in treatment of shoulder myofascial pain syndrome: a randomized single-blinded clinical trial. *Eur J Phys Rehabil Med* 2011;47(3):381-389.
- Rayegani SM, Bahrami MH, Eliaspoor D, Raeissadat SA, Shafi Tabar Samakoosh M, Sedihgipour L, Kargozar E. The effects of low intensity laser on clinical and electrophysiological parameters of carpal tunnel syndrome. *J Lasers Med Sci* 2013;4(4):182-189.
- Roberts DB, Kruse RJ, Stoll SF. The effectiveness of therapeutic class IV (10 W) laser treatment for epicondylitis. *Lasers Surg Med* 2013;45(5):311-317. doi: 10.1002/lsm.22140.
- Rothstein JM. Theoretically speaking. *Phys Ther* 1991;71(11):789-790. doi: /10.1093/PTJ/71.11.789.
- Ruaro JA, Fréz AR, Ruaro MB, Nicolau RA. Low-level laser therapy to treat fibromyalgia. *Lasers Med Sci* 2014;29(6):1815-1819. doi: 10.1007/s10103-014-1566-8.
- Rubira APFA, Rubira MC, Rubira LA, Comachio J, Magalhães MO, Marques AP. Comparison of the effects of low-level laser and pulsed and continuous ultrasound on pain and physical disability in chronic non-specific low back pain: a randomized controlled clinical trial. *Adv Rheumatol* 2019;59(1):57. doi: 10.1186/s42358-019-0099-z.
- Saayman L, Hay C, Abrahamse H. Chiropractic manipulative therapy and low-level laser therapy in the management of cervical facet dysfunction: a randomized controlled study. *J Manipulative Physiol Ther* 2011;34(3):153-163. doi: 10.1016/j.jmpt.2011.02.010.
- Saeed FUR, Hanif S, Aasim M. The effects of laser and ultrasound therapy on carpal tunnel syndrome. *Pak J Med Health Sci* 2012;6(1):238-241.
- Salli A, Akkurt E, Izki AA, Şen Z, Yilmaz H. Comparison of high intensity laser and epicondylitis bandage in the treatment of lateral epicondylitis. *Arch Rheumatol* 2016;31(3):234-238. doi: 10.5606/ArchRheumatol.2016.5793.
- Santamato A, Solfrizzi V, Panza F, Tondi G, Frisardi V, Leggin BG, Ranieri M, Fiore P. Short-term effects of high-intensity laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of people with subacromial impingement syndrome: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 2009;89(7):643-652. doi: 10.2522/ptj.20080139. Erratum in: *Phys Ther* 2009;89(9):999.
- Saunders L. The efficacy of low-level laser therapy in supraspinatus tendinitis. *Clin Rehab* 1995;9:126-134. doi: 10.1177/026921559500900207.
- Saunders L. Laser versus ultrasound in the treatment of supraspinatus tendinosis. *Physiotherapy* 2003;89(6):365-373. doi: 10.1016/S0031-9406(05)60029-6.
- Sawan SA, Sayed Mahmoud HM, Hussien MH. Effect of different physical therapy modalities on post-operative recovery following transverse carpal ligament release: a randomized controlled trial. *Physiother Pract Res* 2013;34:75.82. doi: 10.3233/PPR-130024.
- Schmidt CO, Kohlmann T. Rückenschmerzen in Deutschland - Ein epidemiologischer Überblick. 80-90% der Deutschen sind im Laufe ihres Lebens betroffen. *Kliniker* 2007;36(12):680-684. doi: 10.1055/S-2007-1021785/ID/18.

- Schmitz C, Alt C, Pearce DA, Furia JP, Maffulli N, Alt EU. Methodological flaws in meta-analyses of clinical studies on the management of knee osteoarthritis with stem cells: a systematic review. *Cells* 2022;11(6):965. doi: 10.3390/cells11060965.
- Schultz RJ, Krishnamurthy S, Thelmo W, Rodriguez JE, Harvey G. Effects of varying intensities of laser energy on articular cartilage: a preliminary study. *Lasers Surg Med* 1985;5(6):577-588. doi: 10.1002/lsm.1900050606.
- Sharma S, Kumar P, Chaudhuri P, Malhotra N, Narula H, Chahal A. Is wrist manipulation and low-level laser therapy collectively beneficial for patients with lateral epicondylitis? *Ind J Public Health Res Dev* 2020;11(5):489-495. doi: 10.37506/ijphrd.v11i5.9374.
- Shen XY, Ding GH, Wu F, Wang LZ, Zhao L, Wang M, Lao LX. Effects of 650 nm – 10.6 μm combined laser acupuncture moxibustion on knee osteoarthritis: a randomized, double-blinded and placebo-controlled clinical trial. *J Acupunct Tuina Sci* 2008;6(5):315-317. doi: 10.1007/s11726-008-0315-6
- Shen X, Zhao L, Ding G, Tan M, Gao J, Wang L, Lao L. Effect of combined laser acupuncture on knee osteoarthritis: a pilot study. *Lasers Med Sci* 2009;24(2):129-136. doi: 10.1007/s10103-007-0536-9.
- Shin JY, Ku B, Kim JU, Lee YJ, Kang JH, Heo H, Choi HJ, Lee JH. Short-term effect of laser acupuncture on lower back pain: a randomized, placebo-controlled, double-blind trial. *Evid Based Complement Alternat Med* 2015;2015:808425. doi: 10.1155/2015/808425.
- Shirani AM, Gutknecht N, Taghizadeh M, Mir M. Low-level laser therapy and myofascial pain dysfunction syndrome: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci* 2009;24(5):715-720. doi: 10.1007/s10103-008-0624-5.
- Shooshtari SM, Badiie V, Taghizadeh SH, Nematollahi AH, Amanollahi AH, Grami MT. The effects of low level laser in clinical outcome and neurophysiological results of carpal tunnel syndrome. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2008;48(5):229-231.
- Silverman RG, Comey A, Sammons T. Effects of a single treatment with two nonthermal laser wavelengths on chronic neck and shoulder pain. *Med Devices* 2019;12:319-325. doi: 10.2147/MDER.S218649.
- Simunovic Z, Trobonjaca T, Trobonjaca Z. Treatment of medial and lateral epicondylitis--tennis and golfer's elbow--with low level laser therapy: a multicenter double blind, placebo-controlled clinical study on 324 patients. *J Clin Laser Med Surg* 1998;16(3):145-151. doi: 10.1089/clm.1998.16.145.
- Singh BK, Haque SE, Pillai KK. Assessment of nonsteroidal anti-inflammatory drug-induced cardiotoxicity. *Expert Opin Drug Metab Toxicol* 2014;10(2):143-156. doi: 10.1517/17425255.2014.856881.

- Skorupska E, Lisinski P, Samborski W. The effectiveness of the conservative versus myofascial pain physiotherapy in tennis elbow patients: double-blind randomized trial of 80 patients. *J Musculoskelet Pain* 2012;20(1):41-50. doi: 10.3109/10582452.2011.635846
- Smith AM, Mancini MC, Nie S. Bioimaging: second window for in vivo imaging. *Nat Nanotechnol* 2009;4(11):710-711. doi: 10.1038/nnano.2009.326.
- Snyder-Mackler L, Barry AJ, Perkins AI, Soucek MD. Effects of helium-neon laser irradiation on skin resistance and pain in patients with trigger points in the neck or back. *Phys Ther* 1989;69(5):336-341. doi: 10.1093/ptj/69.5.336.
- Soltani ZR, Asheghan M, Sadat AR, Ghayyomi AA, Azma K. Low-level laser therapy versus local steroid injection in patients with idiopathic carpal tunnel syndrome: a single blind randomized comparative trial. *Internet J Med Update* 2013;8(2):21-28.
- Soriano FS, Rios R, Pedrola M, Giagnorio J, Battagliotti CR. Acute cervical pain is relieved with gallium arsenide (GaAs) laser radiation. A double-blind preliminary study. *Las Ther* 1996;8:149-154. doi: 10.5978/islsm.8.149.
- Soriano F, Rios R. Gallium arsenide laser treatment of chronic low back pain: a prospective, randomized and double blind study. *Las Ther* 1998;10:175-180.
- Stausholm MB, Naterstad IF, Joensen J, Lopes-Martins RÁB, Sæbø H, Lund H, Fersum KV, Bjordal JM. Efficacy of low-level laser therapy on pain and disability in knee osteoarthritis: systematic review and meta-analysis of randomised placebo-controlled trials. *BMJ Open* 2019;9(10):e031142. doi: 10.1136/bmjopen-2019-031142.
- Stelian J, Gil I, Habot B, Rosenthal M, Abramovici I, Kutok N, Khahil A. Improvement of pain and disability in elderly patients with degenerative osteoarthritis of the knee treated with narrow-band light therapy. *J Am Geriatr Soc* 1992;40(1):23-26. doi: 10.1111/j.1532-5415.1992.tb01824.x.
- Stergioulas A. Effects of low-level laser and plyometric exercises in the treatment of lateral epicondylitis. *Photomed Laser Surg* 2007;25(3):205-213. doi: 10.1089/pho.2007.2041.
- Stergioulas A. Low-power laser treatment in patients with frozen shoulder: preliminary results. *Photomed Laser Surg* 2008;26(2):99-105. doi: 10.1089/pho.2007.2138.
- Stergioulas A, Stergioula M, Aarskog R, Lopes-Martins RA, Bjordal JM. Effects of low-level laser therapy and eccentric exercises in the treatment of recreational athletes with chronic achilles tendinopathy. *Am J Sports Med.* 2008;36(5):881-887. doi: 10.1177/0363546507312165.
- Sumen A, Sarsan A, Alkan H, Yildiz N, Ardic F. Efficacy of low level laser therapy and intramuscular electrical stimulation on myofascial pain syndrome. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2015;28(1):153-158. doi: 10.3233/BMR-140503.
- Szymanska J, Goralczyk K, Klawe JJ, Lukowicz M, Michalska M, Goralczyk B, Zalewski P, Newton JL, Gryko L, Zajac A, Rosc D. Phototherapy with low-level laser influences the proliferation of endothelial cells and vascular endothelial growth factor and transforming growth factor-beta secretion. *J Physiol Pharmacol* 2013;64(3):387-391.

- Taheri P, Vahdatpour B, Andalib S. Comparative study of shock wave therapy and Laser therapy effect in elimination of symptoms among patients with myofascial pain syndrome in upper trapezius. *Adv Biomed Res* 2016;5:138. doi: 10.4103/2277-9175.187398.
- Tantawy SA, Abdelbasset WK, Kamel DM, Alrawaili SM, Alsubaie SF. Laser photobiomodulation is more effective than ultrasound therapy in patients with chronic nonspecific low back pain: a comparative study. *Lasers Med Sci* 2019;34(4):793-800. doi: 10.1007/s10103-018-2665-8.
- Taradaj J, Rajfur K, Rajfur J, Ptaszkowski K, Ptaszkowska L, Sopol M, Rosińczuk J, Dymarek R. Effect of laser treatment on postural control parameters in patients with chronic nonspecific low back pain: a randomized placebo-controlled trial. *Braz J Med Biol Res* 2019 25;52(12):e8474. doi: 10.1590/1414-431X20198474.
- Tascioglu F, Öner C, Armagan O. The treatment of lateral epicondylitis with iontophoresis of ibuprofen and low level laser. *Kocatepe Tip Dergisi* 2003;1:23-29.
- Tascioglu F, Armagan O, Tabak Y, Corapci I, Oner C. Low power laser treatment in patients with knee osteoarthritis. *Swiss Med Wkly* 2004;134(17-18):254-258. doi: 10.4414/smw.2004.10518.
- Tascioglu F, Degirmenci NA, Ozkan S, Mehmetoglu O. Low-level laser in the treatment of carpal tunnel syndrome: clinical, electrophysiological, and ultrasonographical evaluation. *Rheumatol Int* 2012;32(2):409-415. doi: 10.1007/s00296-010-1652-6.
- Thorsen H, Gam AN, Svensson BH, Jess M, Jensen MK, Piculell I, Schack LK, Skjøtt K. Low level laser therapy for myofascial pain in the neck and shoulder girdle. A double-blind, cross-over study. *Scand J Rheumatol* 1992;21(3):139-141. doi: 10.3109/03009749209095086.
- Tumilty S, Munn J, Abbott JH, McDonough S, Hurley DA, Baxter GD. Laser therapy in the treatment of achilles tendinopathy: a pilot study. *Photomed Laser Surg* 2008;26(1):25-30. doi: 10.1089/pho.2007.2126.
- Tumilty S, McDonough S, Hurley DA, Baxter GD. Clinical effectiveness of low-level laser therapy as an adjunct to eccentric exercise for the treatment of Achilles' tendinopathy: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93(5):733-739. doi: 10.1016/j.apmr.2011.08.049.
- Tumilty S, Mani R, Baxter GD. Photobiomodulation and eccentric exercise for Achilles tendinopathy: a randomized controlled trial. *Lasers Med Sci* 2016;31(1):127-35. doi: 10.1007/s10103-015-1840-4.
- Ulusoy A, Cerrahoglu L, Orguc S. Magnetic resonance imaging and clinical outcomes of laser therapy, ultrasound therapy, and extracorporeal shock wave therapy for treatment of plantar fasciitis: a randomized controlled trial. *J Foot Ankle Surg* 2017;56(4):762-767. doi: 10.1053/j.jfas.2017.02.013.
- Unlu Z, Tasci S, Tarhan S, Pabuscu Y, Islak S. Comparison of 3 physical therapy modalities for acute pain in lumbar disc herniation measured by clinical evaluation and magnetic resonance imaging. *J Manipulative Physiol Ther* 2008;31(3):191-198. doi: 10.1016/j.jmpt.2008.02.001.

- Usumez A, Cengiz B, Oztuzcu S, Demir T, Aras MH, Gutknecht N. Effects of laser irradiation at different wavelengths (660, 810, 980, and 1,064 nm) on mucositis in an animal model of wound healing. *Lasers Med Sci* 2014;29(6):1807-1813. doi: 10.1007/s10103-013-1336-z.
- Vallone F, Benedicenti S, Sorrenti E, Schiavetti I, Angiero F. Effect of diode laser in the treatment of patients with nonspecific chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Photomed Laser Surg* 2014;32(9):490-494. doi: 10.1089/pho.2014.3715.
- Vasseljen O. Low-level laser versus traditional physiotherapy in the treatment of tennis elbow. *Physiotherapy* 1992;78(5):329-334. doi: 10.1016/S0031-9406(10)61481-2.
- Vasseljen O Jr, Høeg N, Kjeldstad B, Johnsson A, Larsen S. Low level laser versus placebo in the treatment of tennis elbow. *Scand J Rehabil Med* 1992;24(1):37-42.
- Vayvay ES, Tok D, Turgut E, Tunay VB. The effect of Laser and taping on pain, functional status and quality of life in patients with fibromyalgia syndrome: A placebo- randomized controlled clinical trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2016;29(1):77-83. doi: 10.3233/BMR-150600.
- Vecchio P, Cave M, King V, Adebajo AO, Smith M, Hazleman BL. A double-blind study of the effectiveness of low level laser treatment of rotator cuff tendinitis. *Br J Rheumatol* 1993;32(8):740-742. doi: 10.1093/rheumatology/32.8.740.
- Verhagen AP, de Vet HC, de Bie RA, Kessels AG, Boers M, Bouter LM, Knipschild PG. The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *J Clin Epidemiol* 1998;51(12):1235-41. doi: 10.1016/s0895-4356(98)00131-0.
- Vinck EM, Cagnie BJ, Cornelissen MJ, Declercq HA, Cambier DC. Increased fibroblast proliferation induced by light emitting diode and low power laser irradiation. *Lasers Med Sci* 2003;18(2):95-99. doi: 10.1007/s10103-003-0262-x.
- von Wachter M. Entstehung chronischer Schmerzen. In: von Wachter M. *Chronische Schmerzen*. Springer, Berlin, 2014, pp. 3-18. doi: 10.1007/978-3-642-39326-6_2
- Walker JB, Akhanjee LK, Cooney MM, Goldstein J, Tamayoshi S, Segal-Gidan F. Laser therapy for pain of rheumatoid arthritis. *The Clin J Pain* 1987;3(1):54-59.
- Wang P, Liu C, Yang X, Zhou Y, Wei X, Ji Q, Yang L, He C. Effects of low-level laser therapy on joint pain, synovitis, anabolic, and catabolic factors in a progressive osteoarthritis rabbit model. *Lasers Med Sci* 2014;29(6):1875-1885. doi: 10.1007/s10103-014-1600-x.
- Waylonis GW, Wilke S, O'Toole D, Waylonis DA, Waylonis DB. Chronic myofascial pain: management by low-output helium-neon laser therapy. *Arch Phys Med Rehabil* 1988 Dec;69(12):1017-1020.
- Whelan HT, Smits RL Jr, Buchman EV, Whelan NT, Turner SG, Margolis DA, Cevenini V, Stinson H, Ignatius R, Martin T, Cwiklinski J, Philippi AF, Graf WR, Hodgson B, Gould L, Kane M, Chen G, Caviness J. Effect of NASA light-emitting diode irradiation on wound healing. *J Clin Laser Med Surg*. 2001;19(6):305-314. doi: 10.1089/104454701753342758.

- Wong-Riley MT, Liang HL, Eells JT, Chance B, Henry MM, Buchmann E, Kane M, Whelan HT. Photobiomodulation directly benefits primary neurons functionally inactivated by toxins: role of cytochrome c oxidase. *J Biol Chem* 2005;280(6):4761-471. doi: 10.1074/jbc.M409650200.
- Woodruff LD, Bounkeo JM, Brannon WM, Dawes KS, Barham CD, Waddell DL, Enwemeka CS. The efficacy of laser therapy in wound repair: a meta-analysis of the literature. *Photomed Laser Surg* 2004;22(3):241-247. doi: 10.1089/1549541041438623.
- Yagci I, Elmas O, Akcan E, Ustun I, Gunduz OH, Guven Z. Comparison of splinting and splinting plus low-level laser therapy in idiopathic carpal tunnel syndrome. *Clin Rheumatol* 2009;28(9):1059-1065. doi: 10.1007/s10067-009-1213-0.
- Yavuz F, Duman I, Taskaynatan MA, Tan AK. Low-level laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of subacromial impingement syndrome: a randomized clinical trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2014;27(3):315-320. doi: 10.3233/BMR-130450.
- Yeldan I, Cetin E, Ozdincler AR. The effectiveness of low-level laser therapy on shoulder function in subacromial impingement syndrome. *Disabil Rehabil* 2009;31(11):935-940. doi: 10.1080/09638280802377985.
- Yilmaz M, Tarakci D, Tarakci E. Comparison of high-intensity laser therapy and combination of ultrasound treatment and transcutaneous nerve stimulation on cervical pain associated with cervical disc herniation: A randomized trial. *Complement Ther Med* 2020;49:102295. doi: 10.1016/j.ctim.2019.102295.
- Yinilmez Sanmak ÖD, Geler Külcü D, Mesci N, Altunok EÇ. Comparison of effects of low-level laser therapy and extracorporeal shock wave therapy in plantar fasciitis treatment: A randomized, prospective, single-blind clinical study. *Turk J Phys Med Rehabil* 2018;65(2):184-190. doi: 10.5606/tftrd.2019.3528.
- Youssef EF, Muaidi QI, Shanb AA. Effect of laser therapy on chronic osteoarthritis of the knee in older subjects. *J Lasers Med Sci* 2016;7(2):112-129. doi: 10.15171/jlms.2016.19.
- Yu W, Naim JO, Lanzafame RJ. The effect of laser irradiation on the release of bFGF from 3T3 fibroblasts. *Photochem Photobiol* 1994;59(2):167-170. doi: 10.1111/j.1751-1097.1994.tb05017.x.
- Yu W, Naim JO, Lanzafame RJ. Effects of photostimulation on wound healing in diabetic mice. *Lasers Surg Med* 1997;20(1):56-63. doi: 10.1002/(sici)1096-9101(1997)20:1<56::aid-lsm9>3.0.co;2-y.
- Yurtkuran M, Alp A, Konur S, Ozçakir S, Bingol U. Laser acupuncture in knee osteoarthritis: a double-blind, randomized controlled study. *Photomed Laser Surg* 2007;25(1):14-20. doi: 10.1089/pho.2006.1093.
- Zhang J, Xing D, Gao X. Low-power laser irradiation activates Src tyrosine kinase through reactive oxygen species-mediated signaling pathway. *J Cell Physiol* 2008;217(2):518-528. doi: 10.1002/jcp.21529.

Zhao L, Shen X, Cheng K, Deng H, Ding G, Tan M, Lao L. Validating a nonacupoint sham control for laser treatment of knee osteoarthritis. *Photomed Laser Surg* 2010;28(3):351-356. doi: 10.1089/pho.2009.2511.

Zhao L, Cheng K, Wu F, Du J, Chen Y, Tan MT, Lao L, Shen X. Effect of laser moxibustion for knee osteoarthritis: a multisite, double-blind randomized controlled trial. *J Rheumatol* 2021;48(6):924-932. doi: 10.3899/jrheum.200217.

10. Danksagung

Mein ausdrücklicher und großer Dank gilt dem Vorstand des Lehrstuhls II der Anatomischen Anstalt München Herrn Prof. Dr. med. Christoph Schmitz für die Überlassung des Themas, die Motivation und die Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten. Ferner bedanke ich mich bei ihm für die freundschaftliche, alle Arbeitsbereiche umfassende und stets geduldige Betreuung sowie seine unermüdlichen Korrekturen und kreativen Optimierungsansätze.

Mein besonderer Dank gilt in diesem Zusammenhang auch meinen Eltern, meinen Brüdern und meinem väterlichen Freund Albrecht Gierl, die mich alle über die komplette Entstehungszeit der Arbeit hinweg unterstützt und mir mit interdisziplinären Gesprächen neue Denkanstöße gegeben haben.

11. Affidavit

	LUDWIG- MAXIMILIANS- UNIVERSITÄT MÜNCHEN	Promotionsbüro Medizinische Fakultät		
Eidesstattliche Versicherung				

Sommer, Stefan Marcus

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

Systematischer Review und Metaanalyse der in der PEDro Datenbank gelisteten randomisierten, kontrollierten Studien zur Lasertherapie am Stütz- und Bewegungsapparat

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Krailling, 06.08.2024

Ort, Datum

Stefan Sommer

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand

