

Aus der Klinik für Anaesthesiologie  
Klinik der Universität München  
Direktor: Prof. Dr. Bernhard Zwißler

# **Überprüfung der Kriterien für die Diagnostik von myofaszialen Triggerpunkten im Rahmen der körperlichen Untersuchung**

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

vorgelegt von  
Kerstin Hupe  
aus Landshut  
2023

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Dominik Irnich

Mitberichterstatter: PD Dr. Benjamin Luchting  
Prof. Dr. Florian Hoffmann

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Dr. Petra Bäuml

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 06.07.2023

# Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	7
Abbildungsverzeichnis .....	8
Abkürzungsverzeichnis .....	9
1 Einleitung .....	10
2 Wissenschaftlicher Hintergrund.....	11
2.1 Begriffsdefinitionen.....	11
2.1.1 Myofasziale Triggerpunkte .....	11
2.1.2 Myofaszielles Schmerzsyndrom .....	11
2.1.3 Chronische Schmerzstörung .....	12
2.2 Epidemiologie.....	13
2.2.1 Prävalenz.....	13
2.2.2 Risikofaktoren.....	14
2.3 Sozioökonomische Bedeutung chronischer Schmerzen.....	15
2.3.1 Kosten .....	15
2.3.2 Einschränkungen der Lebensqualität .....	16
2.3.3 Schmerz als bio-psycho-soziales Problem.....	17
2.4 Ätiologie und Pathogenese .....	17
2.4.1 Energiekrisen-Hypothese .....	18
2.4.2 Akute Muskelüberlastung .....	18
2.4.3 Chronische Muskelüberlastung.....	19
2.4.4 Umbau- und Sensitivierungsprozesse .....	19
2.4.5 Integrierte Triggerpunkthypothese.....	20
2.5 Historie der Diagnosekriterien.....	22
2.5.1 Erste Diagnosekriterien von Travell und Simons (1982) .....	22
2.5.2 Diagnosekriterien von Fischer (1997) .....	22
2.5.3 Revision von Simons, Travell und Simons (1999) .....	23
2.5.4 Zwischenzeitliche Forschung.....	24
2.5.5 Aktueller Stand der Diagnosekriterien.....	25
2.5.6 Ausgeschlossene Diagnosekriterien.....	26
2.6 Diagnosemethoden .....	27
2.6.1 Körperliche Untersuchung .....	27
2.6.2 Bildgebende Verfahren .....	27
2.6.3 Nicht bildgebende Verfahren .....	28

2.7 Therapie .....	29
2.7.1 Akupunktur/Dry Needling .....	29
2.7.2 Infiltrationen .....	30
2.7.3 Topische Medikamente .....	30
2.7.4 Systemische Medikamente.....	31
2.7.5 Manuelle Therapie .....	31
2.7.6 Physikalische Verfahren ohne elektrische Stimulation.....	32
2.7.7 Physikalische Verfahren mit elektrischer Stimulation.....	32
3 Fragestellung .....	34
4 Methoden.....	35
4.1 Studienbeschreibung.....	35
4.1.1 Studiendesign .....	35
4.1.2 Studienablauf .....	35
4.2 Patientenkollektiv .....	35
4.2.1 Rekrutierung .....	35
4.2.2 Ein- und Ausschlusskriterien .....	36
4.2.3 Aufklärung .....	36
4.3 Zielparameter.....	36
4.3.1 Auswahl der Diagnosekriterien.....	36
4.3.2 Ärztliche Einschätzung .....	38
4.3.3 Patientencharakteristika .....	38
4.3.4 Untersucherdaten .....	38
4.4 Datenerhebung.....	38
4.4.1 Untersucher .....	38
4.4.2 Material .....	39
4.4.3 Untersuchungsablauf.....	39
4.4.4 Fallzahl.....	41
4.5 Biometrie .....	41
4.6 Datenschutz und Ethik.....	43
5 Ergebnisse .....	45
5.1 Allgemeine Stichprobenbeschreibung.....	45
5.1.1 Stichprobengröße .....	45
5.1.2 Soziodemographische Patientencharakteristika.....	45
5.1.3 Schmerzdiagnostische Patientencharakteristika .....	46

5.1.4 Charakteristika der Befunde .....	47
5.2 Deskriptive Auswertung der Diagnosekriterien .....	48
5.2.1 Häufigkeit der Diagnosekriterien.....	48
5.2.2 Gemeinsames Auftreten der Diagnosekriterien .....	49
5.3 Assoziation der Diagnosekriterien mit dem Untersuchungsergebnis.....	51
5.3.1 Häufigkeit der klinischen Befunde und Diagnose .....	51
5.3.2 Zusammenhang zwischen der Auftretenshäufigkeit der Diagnosekriterien und der ärztlichen Einschätzung .....	51
5.3 Charakterisierung der Datenstruktur mittels der MCA .....	55
5.3.1 Definition der Dimensionen.....	55
5.3.2 Beitrag der Diagnosekriterien zur Definition der Dimensionen .....	57
5.3.4 Korrelation der Diagnosekriterien mit den Dimensionen.....	61
5.3.5 Einteilung der Patienten in Cluster .....	64
5.3.2 Einteilung nach Einschätzung des Untersuchers .....	69
6 Diskussion .....	73
6.1 Relevanz der Diagnosekriterien.....	73
6.1.1 Festlegung eines diagnostischen Sets für MTrP .....	73
6.1.2 Vergleich mit einem Expertenkonsens .....	75
6.1.3 Spezifische Betrachtung der ergänzenden Diagnosekriterien.....	76
6.2 Aktive vs. latente MTrP.....	78
6.3 Charakteristika der Studienpopulation .....	79
6.4 Einfluss des Untersuchers.....	81
6.5 Diskussion der Methodik.....	82
6.5.1 Untersuchungsmethode.....	82
6.5.2 Untersuchungsablauf.....	83
6.5.3 Statistische Auswertung.....	83
6.6 Limitationen.....	84
6.7 Schlussfolgerungen für die Praxis .....	86
Literaturverzeichnis.....	88
Zusammenfassung.....	101
Anhang A: Patientenaufklärung .....	105
Anhang B: Bewegungsprüfung der Halswirbelsäule .....	109
Anhang C: Untersuchungsbogen der Bewegungsprüfung .....	111
Anhang D: Diagnoseblatt „Myofasziale Triggerpunkte“ .....	112
Anhang E: Erläuterungen zum Diagnoseblatt.....	114

Anhang F: Charakteristika des Patienten .....	117
Anhang G: Charakteristika des Untersuchers .....	118
Anhang H: R-Befehle.....	119
Danksagung.....	122
Eidesstattliche Versicherung .....	123

*Vorbemerkung zur gewählten Form der Personenbeschreibung:*

*Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten sind hierbei ausdrücklich mit eingeschlossen.*

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Kriterien zur Diagnostik myofaszialer Triggerpunkte .....	37
Tabelle 2: Charakteristika der Studienärzte .....	39
Tabelle 3: Schmerzrelevante Diagnosen in der Studienpopulation .....	46
Tabelle 4: Häufigkeiten der auffälligen Areale getrennt nach Muskel und Körperseite.....	47
Tabelle 5: Häufigkeit der Diagnosekriterien .....	48
Tabelle 6: Klinische Diagnosen der auffälligen Befunde .....	51
Tabelle 7: Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Diagnosekriterien für MTrP und der Feststellung eines MTrP.....	52
Tabelle 8: Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Diagnosekriterien für MTrP und der Diagnose MSS.....	53
Tabelle 9: Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Diagnosekriterien für MTrP und der Feststellung eines für das Schmerzeschehen relevanten Befundes.....	54
Tabelle 10: Korrelationskoeffizienten der zusätzlichen Variablen mit den Muskeln.....	63
Tabelle 11: Anzahl der Diagnosekriterien pro Cluster.....	67
Tabelle 12: Anzahl der Kombinationen an klassischen Diagnosekriterien.....	68
Tabelle 13: Anzahl der auffälligen Stellen getrennt nach Clustern und Untersucher .....	68

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Energiekrisen-Hypothese .....	18
Abbildung 2: Schematische Darstellung der integrierten Triggerpunkthypothese .....	21
Abbildung 3: Sitzposition des Patienten während der Untersuchung .....	40
Abbildung 4: Palpation des M. trapezius links und des M. levator scapulae.....	41
Abbildung 5: Verteilung der Chronifizierungsgrade nach Gerbershagen.....	45
Abbildung 6: Anzahl an Patienten mit einer bestimmten Anzahl an auffälligen Arealen .....	47
Abbildung 7: Visualisierung des gemeinsamen Auftretens der Diagnosekriterien .....	50
Abbildung 8: Anteil der pro Dimension erklärten Varianzen getrennt nach Muskeln .....	55
Abbildung 9: Biplots .....	56
Abbildung 10: Beitrag der Variablen zu Dimension 1 .....	57
Abbildung 11: Beitrag der Variablen zu Dimension 2.....	58
Abbildung 12: Einfärbung der Diagnosekriterien nach ihrem Beitrag .....	59
Abbildung 13: Korrelation der Diagnosekriterien und Supplementaries des M. trapezius links mit den Dimensionen 1 und 2 .....	61
Abbildung 14: Korrelation der Diagnosekriterien und Supplementaries des M. trapezius rechts mit den Dimensionen 1 und 2 .....	61
Abbildung 15: Korrelation der Diagnosekriterien und Supplementaries des M. levator scapulae links mit den Dimensionen 1 und 2.....	62
Abbildung 16: Korrelation der Diagnosekriterien und Supplementaries des M. levator scapulae rechts mit den Dimensionen 1 und 2 .....	62
Abbildung 17: Einteilung der Patienten in Cluster .....	64
Abbildung 18: Patienten mit und ohne MTrP .....	69
Abbildung 19: Patienten mit und ohne MSS.....	70
Abbildung 20: Patienten mit und ohne für das Schmerzgeschehen relevantem Befund .....	71
Abbildung 21: Raster für die Lokalisation des myofaszialen Triggerpunktes.....	113



## Abkürzungsverzeichnis

AP	lokale autonome Phänomene
ATP	Adenosintriphosphat
BE	Bewegungseinschränkung
BMI	Body-Mass-Index
BWS	Brustwirbelsäule
cm	Centimeter
DSb	Druckschmerzpunkt bekannt
DSHS	Druckschmerzpunkt im Muskelhartspannstrang
DSoHS	Druckschmerzpunkt ohne Muskelhartspannstrang
HS	Muskelhartspannstrang
HWS	Halswirbelsäule
IASP	International Association for the Study of Pain
ICD	International Classification of Diseases
ID	Identifikationsnummer
kg	Kilogramm
KSHS	Knötchenstruktur im Muskelhartspannstrang
KSoHS	Knötchenstruktur ohne Muskelhartspannstrang
LZ	lokale Zuckungsreaktion
m	Meter
M.	Musculus
m/w	männlich/weiblich
MCA	Multiple Korrespondenzanalyse
MDS	myofaszielles Dysfunktionssyndrom
MFS	myofaszielles Syndrom
MRT	Magnetresonanztomographie
MS	Muskelschwäche
MSS	myofaszielles Schmerzsyndrom
MTrP	myofaszieller Triggerpunkt / myofaszielle Triggerpunkte
SD	Standardabweichung
SK	Schmerzen bei kräftiger Kontraktion
UA	unwillkürliche Ausweichbewegung
ÜSb	Übertragungsschmerz bekannt
ÜSnb	Übertragungsschmerz nicht bekannt
vgl.	vergleiche
VS	Symptomverschlechterung bei Stress
WHO	World Health Organisation
z. B.	zum Beispiel

# 1 Einleitung

33 % der Deutschen leiden an chronischen Schmerzen, zumeist im Bereich von Kreuz, Nacken und oberem Rücken (Häuser et al., 2013; Travell & Simons, 2002). In der modernen Medizin wird der chronische Schmerz in seiner Gesamtheit betrachtet und als bio-psycho-soziales Problem gesehen (Irnich, 2009). Beispielsweise gibt knapp jeder sechste Patient mit chronischen Schmerzen assoziierte körperliche und soziale Beeinträchtigungen an (Häuser et al., 2013). Chronische Schmerzen haben zudem einen negativen Einfluss auf die Aktivitäten des täglichen Lebens (Breivik et al., 2006) und gehen mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für psychische Komorbiditäten einher (Demyttenaere et al., 2007; Schmidt et al., 2014). In Westeuropa werden von Männern und Frauen jeweils bis zu 4,9 Millionen Lebensjahre mit chronischen Rückenschmerzen verbracht (Hoy et al., 2014). Weltweit belegt Rückenschmerz die erste Stelle bei der Anzahl der von Betroffenen in Krankheit verbrachten Jahre (Vos et al., 2012). Somit stellen chronische Schmerzen ein weit verbreitetes Problem dar, das nicht nur in individueller, sondern auch in gesellschaftlicher Hinsicht zu großem Leid führt.

Chronische Schmerzen gehen in 60 bis 100% der Fälle mit myofaszialen Triggerpunkten (MTrP) einher (Cerezo-Téllez et al., 2016; Chen & Nizar, 2011; Couppé et al., 2007; Fernández-de-las-Peñas et al., 2007). Als MTrP werden kleine Orte erhöhter Reizbarkeit bezeichnet, welche eindeutig einem Muskel oder seiner Faszie zuzuordnen sind (Simons et al., 1999). Zur Behandlung stehen verschiedene medikamentöse und nicht medikamentöse Optionen zur Verfügung (Desai et al., 2013), wobei die Therapie der MTrP bei chronischen Schmerzpatienten zu einer Schmerzreduktion und Funktionsverbesserung beiträgt (Barbero et al., 2019; Bron, Wensing, et al., 2007). Für eine effektive Behandlung ist eine korrekte Diagnosestellung unabdingbar, allerdings existieren derzeit keine einheitlichen Kriterien für die Diagnostik von MTrP. Übersichtsarbeiten erfassten 20 verschiedene Diagnosekriterien, die zur Identifikation eines MTrP angewendet wurden (Rivers et al., 2015; Tough et al., 2007). Dieser Umstand erschwert die Vergleichbarkeit aller Studien zur Epidemiologie, Diagnostik und Therapie auf dem Gebiet der myofaszialen Schmerzforschung, so dass ein wissenschaftlicher Konsens über die Diagnosekriterien für MTrP eine wichtige Grundlage für sämtliche weitere Forschung darstellt. Denn nur wenn MTrP zuverlässig diagnostiziert werden können, besteht langfristig die Möglichkeit einer Verbesserung der Therapiemöglichkeiten und damit der Patientenversorgung.

## 2 Wissenschaftlicher Hintergrund

### 2.1 Begriffsdefinitionen

#### 2.1.1 *Myofasziale Triggerpunkte*

Travell und Simons (2002) stellten folgende Definitionen auf: Myofasziale Triggerpunkte (MTrP) sind Orte erhöhter Reizbarkeit in der Muskulatur. Ein MTrP kann Schmerzen sowie Verhärtungen im Muskel verursachen, die vollständige Verlängerung des Muskels verhindern, ihn schwächen und bei Kompression motorische sowie autonome Phänomene, wie beispielsweise Rötungen oder Gänsehaut hervorrufen. Zudem kann der durch das Bestehen eines MTrP hervorgerufene Schmerz getrennt von seinem Ursprung an einer anderen Körperstelle wahrgenommen werden, wobei sich das Ausbreitungsmuster oft als unabhängig vom Versorgungsgebiet des peripheren Nerven oder Dermatoms zeigt. Dieses Phänomen wird als Übertragungsschmerz bezeichnet.

Gemäß Travell und Simons (2002) kann zwischen aktiven und latenten sowie primären, Satelliten-, auslösenden und assoziierten MTrP unterschieden werden. Aktive MTrP schmerzen spontan, während sich latente MTrP erst durch Palpation als schmerzhaft erweisen. Primäre MTrP entstehen durch akute oder chronische Überlastung des betroffenen Muskels, Satelliten-MTrP hingegen werden durch die Aktivität eines anderen MTrP hervorgerufen, welcher in diesem Fall als auslösender MTrP bezeichnet wird. Satelliten-MTrP können dabei entweder im Bereich des Übertragungsschmerzes des auslösenden MTrP oder in einem Muskel liegen, der in synergetischer, antagonistischer oder neurogener Beziehung zum Muskel des auslösenden MTrP steht. Treten zwei MTrP gleichzeitig in verschiedenen Muskeln auf, werden sie als assoziierte MTrP bezeichnet. Hierbei ist unerheblich, ob der eine MTrP den anderen verursacht hat, oder beide durch einen anderen mechanischen oder neurologischen Auslöser hervorgerufen wurden.

MTrP sind von sogenannten Tender-Points abzugrenzen, welche zum Symptomkomplex des Fibromyalgiesyndroms zählen (Irnich et al., 2009). Im Gegensatz zu MTrP sind Tender-Points nur bei Palpation schmerzhaft, lösen jedoch keinen Übertragungsschmerz aus. Zudem liegen sie nicht in einem Muskelhartspannstrang und weisen nur selten eine tastbare Verdickung auf. Tender-Points und MTrP können jedoch zeitgleich auftreten.

#### 2.1.2 *Myofaszielles Schmerzsyndrom*

Der Begriff myofaszielles Schmerzsyndrom (MSS) kann gemäß Travell und Simons (2002) zwei unterschiedliche Bedeutungen haben: In der allgemeinen Bedeutung beschreibt das MSS

einen regional lokalisierten Muskelschmerz, dessen Ursprung im Weichteilgewebe liegt. In der speziellen Bedeutung definiert das MSS ebenfalls einen regional lokalisierten Muskelschmerz, der allerdings spezifisch durch einen oder mehrere MTrP ausgelöst wird. Die Autoren verwenden an dieser Stelle das myofaziale Schmerzsyndrom und das myofasziale Syndrom synonym. Irnich und Kollegen (2009) definieren hingegen das myofasziale Syndrom (MFS) als einen regionalen, von MTrP unterhaltenen Beschwerdekomples, der von generalisierten Störungen abzugrenzen ist. Beim myofaszialen Schmerzsyndrom (MSS) besteht die Hauptsymptomatik aus Schmerzen und ist in ein komplexes psycho-physiologisches Geschehen im Sinne eines chronischen Schmerzsyndroms eingebettet. Sowohl MFS als auch MSS sind gleichermaßen als morphologisches Korrelat der MTrP zu sehen. Gautschi (2016) schlägt eine weitergehende Differenzierung der Begrifflichkeiten vor, indem er durch MTrP verursachte Schmerzen und Funktionsstörungen unter dem Begriff myofasziales Syndrom (MFS) zusammenfasst. Stehen indes die Schmerzen im Vordergrund, verwendet er den Begriff myofasziales Schmerzsyndrom (MSS) in der von Travell und Simons (2002) vorgeschlagenen spezifischen Bedeutung. Ist das Hauptproblem hingegen die ausgelöste Funktionsstörung, klassifiziert er den Befund als myofasziales Dysfunktionssyndrom (MDS). Zudem unterscheidet er zwischen einem primären und einem sekundären MFS, sowie einem akuten und einem chronischen MFS. Beim primären MFS ist die Ursache des MTrP und der damit verbundenen myofaszialen Symptomatik die Muskulatur selbst, wohingegen eine arthrogene, neurogene, viszerogene oder psychogene Störung zur Entstehung eines sekundären MFS führt. Ein akutes MFS tritt nach entsprechend erfolgter Überbeanspruchung des Muskels auf, während im Fall eines chronischen MFS anhaltende Schmerzen und/oder Funktionseinschränkungen vorliegen. In der Regel sind hierbei mehrere aktive MTrP in mehreren Muskeln beteiligt und es ist bereits zu Bindegewebsveränderungen und Chronifizierungsprozessen gekommen. Analog werden von ihm die Begriffe primäres oder sekundäres bzw. akutes oder chronisches MSS oder MDS verwendet.

Im Folgenden wird der Begriff myofasziales Schmerzsyndrom (MSS) in der von Simons und Travell (2002) vorgeschlagenen speziellen Bedeutung eines regional lokalisierten Muskelschmerzes, der spezifisch durch einen oder mehrere MTrP ausgelöst worden ist, verwendet.

### *2.1.3 Chronische Schmerzstörung*

Schmerz wird von der *International Association for the Study of Pain (IASP)* definiert als „ein unangenehmes Sinnes- und Gefühlserlebnis, das mit einer tatsächlichen oder drohenden Gewebeschädigung verknüpft ist oder mit Begriffen einer solchen Schädigung beschrieben wird.“ (Merskey & Bogduk, 1994)

Während akuter Schmerz eine für den Körper wichtige Warnfunktion erfüllt, plötzlich auftritt und nach Beseitigung der Schmerzursache schnell nachlässt, wird chronischer Schmerz als eigenständige Krankheit angesehen (Nobis & Rolke, 2016). Die elfte Revision der *International Classification of Diseases (ICD-11)*, herausgegeben von der *World Health Organisation (WHO)*, beschreibt den chronischen Schmerz als „anhaltenden oder wiederkehrenden Schmerz über mehr als drei Monate“. Dieser kann auf akute Ereignisse wie Operationen oder Traumata zurückgehen, mit anderen chronischen Erkrankungen wie Krebs, Kopfschmerzen oder orofaszialen Schmerzen verbunden sein sowie muskuloskelettale, viszerale oder neuropathische Ursachen haben. Darüber hinaus ist chronischer Schmerz multifaktoriell (biopsychosozial) begründet und geht mit erheblichem seelischen Leid und funktionellen Einschränkungen einher. Oftmals verselbstständigt sich der Schmerz und wird dadurch zum vorherrschenden oder sogar alleinigen Problem des Patienten (World Health Organisation (WHO), 2019).

## **2.2 Epidemiologie**

### *2.2.1 Prävalenz*

Laut einer repräsentativen Stichprobe leidet 32,9% der in Deutschland lebenden Bevölkerung an chronischen Schmerzen, die meist im Bereich von Kreuz, Nacken und oberem Rücken auftreten (Häuser et al., 2013). In zahlreichen Studien gehen chronische Schmerzen mit dem Vorhandensein von MTrP einher, beispielsweise im Falle von chronischen Rückenschmerzen (Chen & Nizar, 2011), Spannungskopfschmerzen (Couppé et al., 2007) oder Nackenschmerzen (Fernández-de-las-Peñas et al., 2007), sodass MTrP als häufige Ursache chronischer Schmerzen angenommen werden können (Cerezo-Téllez et al., 2016).

Während aktive MTrP eher bei Schmerzpatienten zu finden sind, können latente MTrP bei allen Menschen vorkommen (Chiarotto et al., 2016). So zeigte die Untersuchung von Grieve, Barnetta, Coghill und Cramp (2013) an 220 Freiwilligen ohne gesundheitliche Beschwerden bei 13 – 30% latente MTrP. Bei 26 Patienten mit patellofemorale Schmerzen trat in 97% der Fälle mindestens ein MTrP auf, bei der gleich großen Kontrollgruppe ohne patellofemorale Schmerzen hingegen nur in 23% der Fälle (Roach et al., 2013). 20 Patienten mit akuten Nackenschmerzen nach Schleudertrauma wiesen im Schnitt  $3,9 (\pm 2,5)$  aktive und  $3,4 (\pm 2,7)$  latente MTrP auf, wohingegen sich bei 20 Gesunden der Kontrollgruppe nur  $1,7 (\pm 2,2)$  latente und keine aktiven MTrP fanden (Fernández-Pérez et al., 2012). Auch 20 Patienten mit chronischen Nackenschmerzen hatten durchschnittlich  $1,8 (\pm 0,8)$  aktive und  $2,5 (\pm 1,3)$  laten-

te MTrP, die gesunde Kontrollgruppe mit 20 gematchten Personen nur 2,0 ( $\pm$  0,8) latente MTrP (Fernández-de-las-Peñas et al., 2007). 20 Patienten mit chronischen Spannungskopfschmerzen wiesen mehr aktive MTrP auf als die gesunde Kontrollgruppe bestehend aus 20 Personen, die MTrP waren zudem schmerzhafter und erschienen in der Elektromyographie als angespannter (Couppé et al., 2007). Einem systematischen Review basierend auf 14 Studien zufolge variieren die Prävalenzraten für MTrP allerdings sehr stark, denn die Punktprävalenzen für aktive MTrP bei Patienten mit Nackenschmerzen wurden zwischen 0% und 93% geschätzt, für latente MTrP zwischen 0% und 60% (Lluch et al., 2015).

Ein Patient wie auch ein einzelner Muskel können dabei mehrere MTrP gleichzeitig aufweisen. So hatten 72 Patienten mit chronischen Schulterschmerzen im Durchschnitt sechs Muskeln mit aktiven und vier Muskeln mit latenten MTrP (Bron et al., 2011). Aktive MTrP fanden sich hier zumeist im M. infraspinatus (77%) und M. trapezius (58%), latente MTrP im M. teres major (49%) und M. deltoideus (38%). Bei 224 Patienten mit chronischen Nackenschmerzen kamen sowohl aktive als auch latente MTrP zumeist im M. trapezius (aktiv: 94% bzw. latent: 13%) und im M. levator scapulae (aktiv: 82% bzw. latent: 9%) vor (Cerezo-Téllez et al., 2016). Alle Patienten dieser Studie wiesen dabei ein MSS auf. Bei 80 Patienten mit chronischen Rückenschmerzen erreichte die Prävalenz eines MSS 64%, wobei es sich in 83% der Fälle um ein sekundäres MSS handelte (Chen & Nizar, 2011).

### *2.2.2 Risikofaktoren*

Als Risikofaktor für die Entwicklung eines MSS erwies sich in einer Studie mit 80 Patienten mit chronischen Rückenschmerzen lediglich das weibliche Geschlecht, während Alter, Körpergewicht, Beruf sowie die Schmerzdauer keinen Einfluss hatten (Chen & Nizar, 2011). Auch die Prävalenz von latenten MTrP bei 220 Gesunden zeigte sich mit fünf von acht Muskeln bei Frauen signifikant höher als bei Männern (Grieve et al., 2013). Einer anderen Studie zufolge entwickelten 182 Patienten, die unter Schlaflosigkeit litten, häufiger ein MSS als die in Alter, Geschlecht, Monatsgehalt, Urbanisierung und Komorbiditäten vergleichbare Kontrollgruppe bestehend aus 379 Personen (Lin et al., 2017). Maligne Neoplasien sowie das Leben in städtischen Gebieten zeigten sich bei Patienten mit Schlaflosigkeit zudem als unabhängige Risikofaktoren für ein MSS.

Obgleich MTrP als mögliche Ursache für chronische Schmerzen gelten (Cerezo-Téllez et al., 2016), kann dieser Zusammenhang auch in umgekehrter Weise für chronische Schmerzen als mögliche Ursache für MTrP angenommen werden. Im Allgemeinen lassen sich chronische Schmerzen neben sozio-demographischen, klinischen und biologischen auch auf psychologi-

sche Risikofaktoren zurückführen (van Hecke et al., 2013). So zeigten mehrere kontrollierte Studien einen Zusammenhang zwischen der Entwicklung chronischer Schmerzen und psychologischen Parametern (Hasenbring et al., 2001). Edwards und Kollegen (2016) nahmen an, dass sowohl allgemeine psychosoziale Mechanismen wie negativer Affekt, Traumatisierung und soziale Unterstützung als auch schmerzspezifische psychosoziale Mechanismen wie katastrophisierendes Denken in Bezug auf Schmerzen, Selbstwirksamkeit, Resilienz und schmerzbezogene Coping-Mechanismen eine Rolle spielen. Ein Review mit 37 prospektiven Studien subsummierte einen klaren Zusammenhang zwischen Stress, Stimmung, Emotionen, kognitiver Funktion sowie Schmerzverhalten und dem Auftreten von akutem, subakutem sowie chronischem Schmerz (Linton, 2000). Starke Evidenz besteht einem systematischen Review mit 21 Studien zufolge dafür, dass Zufriedenheit am Arbeitsplatz, Vielfalt oder Monotonie der zu erledigenden Aufgaben, Qualität der Arbeitsbeziehungen, Anforderungen, widerfahrener Stress und wahrgenommene Arbeitsfähigkeit mit dem Auftreten von Rückenschmerzen zusammenhängt (Linton, 2001). Ein weiterer Review mit 13 Studien identifizierte in ähnlicher Form Unzufriedenheit sowie wenig soziale Unterstützung am Arbeitsplatz als Risikofaktoren für Rückenschmerzen (Hoogendoorn et al., 2000). Eine andere Studie an 6571 Personen konnte zwar keinen Zusammenhang zwischen psychosozialen Faktoren am Arbeitsplatz und chronischen Rückenschmerzen, Arthritis oder Migräne finden, identifizierte jedoch ebenfalls Stress in der Arbeit als eindeutigen Risikofaktor für chronische Erkrankungen (Kopeck & Sayre, 2004). Die genannten Ursachen für chronischen Schmerz können somit auch als mögliche Faktoren für die Entwicklung von MTrP angenommen werden.

## **2.3 Sozioökonomische Bedeutung chronischer Schmerzen**

Wie die Prävalenzstudien (siehe Kapitel 2.2.1 Prävalenz) zeigen, gehen MTrP und chronische Schmerzen häufig miteinander einher. Somit kann davon ausgegangen werden, dass negative Folgen chronischer Schmerzen unter anderem auf MTrP zurückzuführen sind.

### *2.3.1 Kosten*

Pro Patient mit Rückenschmerz wird das deutsche Gesundheitssystem jährlich mit geschätzten Kosten von durchschnittlich 1322 Euro belastet, was hochgerechnet auf die Gesamtbevölkerung 2% des Bruttoinlandsproduktes entspricht (Wenig et al., 2009). Die Ausgaben setzen sich annähernd zu gleichen Teilen zusammen aus direkten Kosten für Arztbesuche (11%), Medikamente (3%) sowie Therapien (33%) und indirekten Kosten aufgrund von kurzzeitigen Arbeitsausfällen (36%) sowie Arbeitsunfähigkeit und Frühberentung (17%). In Europa und

Israel werden innerhalb eines halben Jahres von mehr als der Hälfte der 4839 befragten chronischen Schmerzpatienten zwei bis sechs verschiedene Ärzte aufgesucht (Breivik et al., 2006). Eine europaweite Befragung ergab durchschnittlich sieben Arztbesuche pro Jahr, wobei mehr als ein Viertel der chronischen Schmerzpatienten sogar mindestens zehn Arzttermine wahrnimmt (*Pain Proposal*, 2010). Von den 4839 chronischen Schmerzpatienten hatten zum Zeitpunkt der Erhebung 19% ihren Arbeitsplatz aufgrund der Schmerzen verloren und 13% erzwungenermaßen die Arbeit gewechselt (Breivik et al., 2006). Mehr als ein Viertel der Arbeitszeit der Befragten geht an chronischen Schmerz verloren (*Pain Proposal*, 2010). In Deutschland melden sich Arbeitnehmer an durchschnittlich 11,7 Tagen im Jahr aufgrund von Rückenschmerzen krank (Wissenschaftliches Institut der AOK, 2011). In Westeuropa werden bis zu 4,9 Millionen Lebensjahre mit chronischen Rückenschmerzen verbracht (Hoy et al., 2014). Weltweit belegt Rückenschmerz die erste Stelle bei der Anzahl der von Betroffenen in Krankheit verbrachten Jahre (Vos et al., 2012).

### *2.3.2 Einschränkungen der Lebensqualität*

Chronische Schmerzen beeinflussen Kognition, Emotion und Verhalten negativ, was sowohl psychosoziale als auch funktionelle Folgen mit sich bringt (Turk et al., 2016). In einer repräsentativen Zufallsstichprobe der deutschen Bevölkerung gaben 16% der 2510 befragten Teilnehmer mit chronischen Schmerzen assoziierte körperliche und soziale Beeinträchtigungen an (Häuser et al., 2013). In Europa fühlen sich über ein Viertel der Patienten aufgrund ihres chronischen Schmerzes sozial isoliert und einsam (*Pain Proposal*, 2010). Von 4839 chronischen Schmerzpatienten aus Europa und Israel können jeweils etwa die Hälfte der Studienteilnehmer aufgrund des Schmerzes schlechter schlafen, Sport treiben, heben, die Hausarbeit erledigen oder gehen (Breivik et al., 2006). Für 7 – 23% sind diese Tätigkeiten nicht mehr ausführbar. Zudem sind die Teilnehmer durch den chronischen Schmerz in ihrem Arbeits- und Sozialleben eingeschränkt. So arbeiten 32% nicht mehr außerhalb des Hauses und 14% gehen keinerlei sozialen Kontakten mehr nach. Ein unabhängiger Lebensstil sowie das Aufrechterhalten der Beziehung zu Familie und Freunden ist für lediglich 70% uneingeschränkt möglich, sexuelle Beziehungen und Autofahren noch für etwas mehr als die Hälfte. Aus derselben Studie ging hervor, dass 21% der Befragten aufgrund ihres Schmerzes an Depressionen leiden. Auch Chronische Rückenschmerzen sind mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für psychische Erkrankungen, zumeist Angst- und affektive Störungen, verbunden, wie eine weltweite Studie mit 85,088 Teilnehmern zeigte (Demyttenaere et al., 2007). Die Häufigkeit für mindestens eine psychische Komorbidität lag bei chronischen Rückenschmerzen in Deutschland zwischen 18% gemessen im Jahr 2002 und 21% gemessen im Jahr 2007



(Schmidt et al., 2014). Im Vergleich dazu liegt die 12-Monats-Prävalenz für eine psychische Erkrankung in der erwachsenen deutschen Allgemeinbevölkerung bei 27,8% (Jacobi et al., 2014, 2016).

### *2.3.3 Schmerz als bio-psycho-soziales Problem*

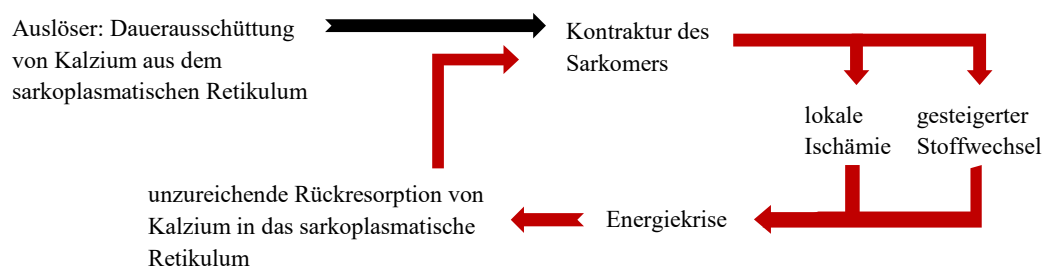
Chronischer myofaszialer Schmerz ist als bio-psycho-soziales Problem zu sehen, da sowohl biologische Komponenten wie Sensibilisierungsprozesse und Genexpression, als auch psychologische Komponenten wie emotionaler Stress und erhöhte psychophysiologische Reagibilität, als auch soziale Komponenten wie Arbeitsplatz und Familiensystem betroffen sind (Irnich, 2009). Der chronifizierte Schmerz ist nicht nur ein Symptom im Rahmen einer Krankheit oder Verletzung, sondern eher ein eigenständiges Krankheitsbild (Mills et al., 2019). Dabei konnten bio-psycho-soziale Komponenten Risikofaktoren für die Entwicklung einer chronischen Schmerzstörung sein (vgl. Kap. 2.2.2 Risikofaktoren), wohingegen chronische Schmerzen umgekehrt ebenso einen bio-psycho-sozialen Einfluss auf die Lebensqualität hatten (vgl. Kap. 2.3.2 Einschränkungen der Lebensqualität). Als Pioniere auf dem Gebiet der Wechselwirkung zwischen Psyche und Muskulatur konnten Strack, Martin und Stepper (1988) in einem sozialpsychologischen Experiment zeigen, dass ein gezeigter Cartoon für lustiger gehalten wird, wenn im Vorfeld eine Aktivierung der Lachmuskulatur erfolgte, als wenn diese zuvor einer Hemmung ausgesetzt war. Der Versuchsaufbau wurde in den darauffolgenden Jahren vielfach repliziert und die Ergebnisse konnten, wie eine Metaanalyse an 138 Studien ergab, insgesamt gehalten werden (Coles et al., 2019). Eisberger und Kollegen (2006) zeigten in einer Studie mit 75 Studenten, dass einerseits sowohl Anfälligkeit für Schmerz soziale Ablehnung vorhersagt, umgekehrt aber ebenso sozialer Stress, etwa durch Ablehnung, die Schmerzanfälligkeit erhöht. Hieraus lässt sich schließen, dass bei Patienten mit chronischen Schmerzen nicht allein die Symptome zu bekämpfen sind, sondern immer das gesamte bio-psycho-soziale Krankheitskonzept im Blick behalten werden muss (Ebell, 2013).

## **2.4 Ätiologie und Pathogenese**

Der genaue Mechanismus der Entstehung von MTrP wurde vielfach diskutiert (Simons, 2008; Turo et al., 2013). Ein physiologisches Erklärungsmodell fand sich erstmals bei Simons und Travell im Jahr 1981 mit der Energiekrisen-Hypothese. Sämtliche Beobachtungen wurden inzwischen zur integrierten Triggerpunkt-Hypothese zusammengefasst (Dommerholt et al., 2006; Gerwin et al., 2004; Travell & Simons, 2002).

### 2.4.1 Energiekrisen-Hypothese

Simons und Travell (1981) leiteten, basierend auf der physiologischen Funktion der Muskelkontraktion, folgendes Erklärungsmodell für die Entstehung von MTrP her: Durch eine Schädigung der Muskulatur und hierdurch des sarkoplasmatischen Retikulums werden die dort gespeicherten Kalziumionen frei, welche sonst nur durch die Anwesenheit von Acetylcholin ausgeschüttet werden. Dadurch erhöht sich die intrazelluläre Kalziumkonzentration in der Muskelzelle. Aktin und Myosin werden aktiviert und die Muskelzelle kontrahiert. Zudem fallen lokal zahlreiche Metabolite an, die sowohl Nozizeptoren im Muskel aktivieren als auch im Zusammenspiel mit der dauerhaften Muskelkontraktion eine Verschlechterung der Durchblutung bewirken. Durch den geringeren Blutdurchfluss verstärkt sich die Hypoxie erneut und es kommt zu einem relativen Mangel an Adenosintriphosphat (ATP), das benötigt wird, um Aktin und Myosin wieder voneinander zu lösen und die Muskelkontraktion aufzuheben. Überdies ist es für die Funktion der Kalziumpumpe essenziell, welche das Kalzium unter Energieverbrauch entgegen des Konzentrationsgradienten zurück ins sarkoplasmatische Retikulum transportiert. Durch die eingeschränkte Funktion der Kalziumpumpe erhöht sich das intrazelluläre Kalzium weiter und die Effekte potenzieren sich gegenseitig. Im Tiermodell konnten Bukharaeva und Kollegen (2005) den Beweis erbringen, dass Hypoxie bei Mäusen eine spontane Freisetzung von Acetylcholin und unter der Anwesenheit von Kalzium auch eine spontane Muskelkontraktion bedingt. Abbildung 1 zeigt die schematische Darstellung der Energiekrisen-Hypothese.



**Abbildung 1:** Schematische Darstellung der Energiekrisen-Hypothese (Travell & Simons, 2002, S. 73)

### 2.4.2 Akute Muskelüberlastung

Eine Theorie zum Entstehen der MTrP durch die Schädigung der Muskulatur ist die akute Muskelüberlastung. Besonders gut untersucht ist die akute Muskelüberlastung mit dem Auftreten von MTrP bei Unfällen mit Schleudertrauma. Im Schnitt haben 85% der Unfallopfer (n = 47) MTrP im M. semispinalis capitis, signifikant mehr als im gleichen Muskel bei Patienten mit Fibromyalgie (n = 21), nicht-Trauma-assoziierten chronischen Nackenschmerzen (n = 17), Depressionen (n = 15) oder bei der gesunden Kontrollgruppe (n = 24) auftreten (Ettlin et

al., 2008). In einer anderen Studie weisen 20 Patienten nach akutem Schleudertrauma durchschnittlich  $7,3 \pm 2,8$  MTrP ( $3,4 \pm 2,7$  latente sowie  $3,9 \pm 2,5$  aktive MTrP) in verschiedenen Muskeln auf und unterscheiden sich hierdurch signifikant von der gesunden Kontrollgruppe ( $n = 20$ ) mit nur  $1,7 \pm 2,2$  latenten MTrP (Fernández-Pérez et al., 2012). Auch im Vergleich zu nicht-Trauma-assoziierten Nackenschmerzen haben 49 Patienten mit Schleudertrauma signifikant mehr aktive MTrP, wohingegen sie sich in Bezug auf latente MTrP nicht von der Kontrollgruppe mit nicht Trauma-assoziierten Nackenschmerzen ( $n = 56$ ) unterscheiden (Castaldo et al., 2014).

### *2.4.3 Chronische Muskelüberlastung*

Als weitere Hypothese bezüglich der Ursache von MTrP gilt die chronische Muskelüberlastung. Dabei wird postuliert, dass sowohl exzentrische als auch konzentrische Muskelkontraktionen, unterschwellige Muskelanspannung oder ungleiche Druckverteilungen im Muskel Auslöser sein können (Bron & Dommerholt, 2012; Dommerholt et al., 2006). Itoh und Kollegen (2004) fanden bei 15 gesunden Probanden unter exzentrischer Muskelbelastung MTrP-typische Veränderungen im Muskel wie einen Druckschmerz und einen Hartspannstrang. In der sogenannten „Cinderella Hypothese“ wird angenommen, dass leichte unterschwellige Muskelanspannung immer dieselbe motorischen Einheit eines Muskels aktiviert, da die Zahl der aktivierten Muskelfasern im Vergleich zur Gesamtkapazität des Muskels zu klein ist, um eine Ermüdung und damit einen Wechsel auf eine andere motorische Einheit an das Zentralnervensystem zurückzumelden (Hägg, 1991). Dieses Phänomen lässt sich sowohl bei isometrischer statischer Armhaltearbeit (Kadefors et al., 1999) als auch bei Bildschirmarbeit (Kitahara et al., 2000; Zennaro et al., 2003) mit exzentrischer und konzentrischer Muskelbelastung in kleinen Studien mit drei bis 14 Probanden beobachten. Allerdings gibt es neuere theoretische Überlegungen, die dem Ansatz der Cinderella Hypothese widersprechen und stattdessen annehmen, dass Motoneuronen nicht hierarchisch, sondern abwechselnd aktiviert werden (Dideriksen et al., 2010; Minerbi & Vulfsons, 2018). Diese Aussagen basieren jedoch ebenfalls auf Ergebnissen von Beobachtungen mit kleinen Stichprobengrößen ( $n = 4 - 12$ ) (Hoyle et al., 2011; Westgaard & de Luca, 1999, 2001). Die Hypothese von ungleicher Druckverteilung im Muskel als Ursache für MTrP fußt auf einer mathematischen Modellrechnung von Otten (1988), ohne dass dieser Zusammenhang jedoch in experimentellen Studien untersucht wurde.

### *2.4.4 Umbau- und Sensitivierungsprozesse*

An der Entstehung von MTrP sind zudem Umbau- und Sensitivierungsprozesse auf muskulärer und neuronaler Ebene beteiligt. Im Tiermodell anhand von 24 Ratten zeigten Huang und

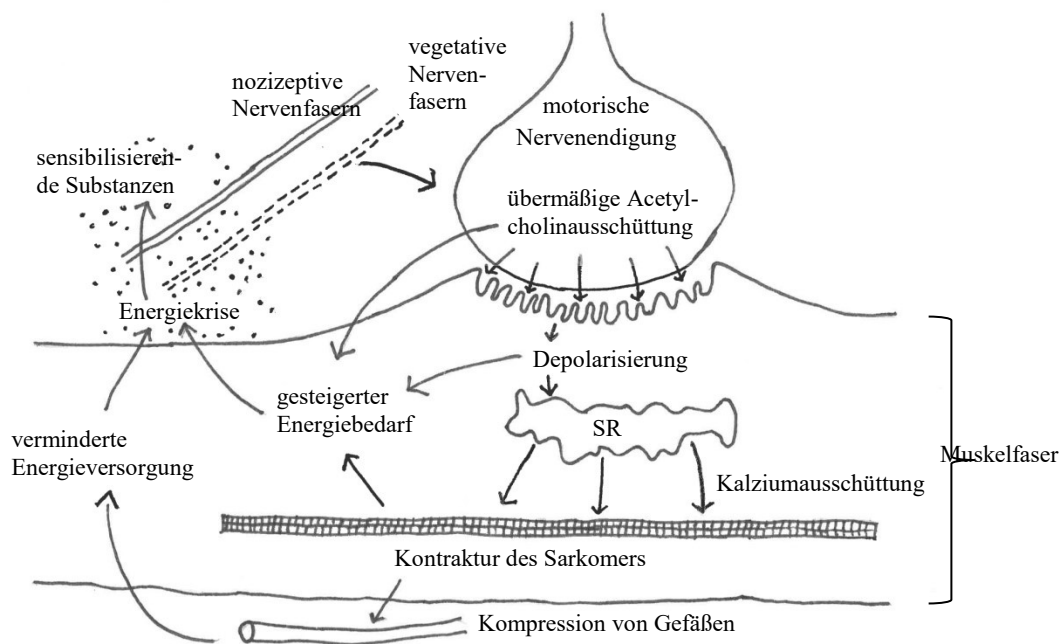
Kollegen (2013), dass die wiederholte stumpfe Traumatisierung sowie exzentrische Belastung eines Muskels zu morphologischen und elektrophysiologischen Veränderungen führen, die bereits Simons (1999) als typisch für MTrP beschrieb: histologisch sichtbar verkürzte Sarkomere und Knötchenstrukturen sowie eine anhaltende abnorme elektrische Aktivität. Zhang und Kollegen (2017) reproduzierten die morphologischen Ergebnisse in einer randomisiert-kontrollierten Studie an 40 Ratten. Sie stellten zudem fest, dass in den auffälligen Muskelfasern die Zahl an Mitochondrien deutlich vermindert ist. Bei Betrachtung des Langzeitverlaufes bleiben sowohl die elektrophysiologischen (Huang et al., 2015) als auch die morphologischen (Zhang et al., 2017) Veränderungen in den MTrP auch 12 Wochen nach Expositionsende noch nachweisbar. Die Untersuchungen der biochemischen Milieus von aktiven MTrP im Vergleich zu latenten MTrP sowie zu gesundem Muskelgewebe bei neun Menschen durch Shah und Kollegen (2008) ergaben, dass Gewebe mit aktiven MTrP eine signifikant höhere Konzentration an Entzündungsmediatoren und mit Schmerz assoziierten biochemischen Substanzen wie Neuropeptiden, Zytokinen und Katecholaminen aufweist als Gewebe ohne aktive MTrP. Im Tierversuch an 54 Ratten waren in MTrP zudem deutlich mehr myelinisierte Afferenzen zu finden als im übrigen Muskelgewebe (Meng et al., 2015). Eine spezifische Blockade dieser myelinisierten Nervenfasern verringerte einerseits die spontane elektrische Aktivität in den MTrP und erhöhte andererseits die Schmerzschwelle. Ein weiterer Tierversuch an 26 Ratten zeigte eine starke Erweiterung des rezeptiven Feldes in den tieferen Gewebsschichten der Tiere bei Zufügung von durch erzwungene Immobilisation hervorgerufenem Stress (Hoheisel et al., 2015). Durch eine derartige Erweiterung erhält das zugehörige Neuron im Rückenmark zusätzlich Informationen aus Gebieten, zu welchen ursprünglich keine Verbindung besteht.

All diese Befunde stützen die sogenannte integrierte Triggerpunkthypothese, welche Travell und Simons (2002) basierend auf den Theorien der Energiekrisen-Hypothese sowie den Erkenntnissen über die Elektrophysiologie und Histologie von MTrP formulierten.

#### *2.4.5 Integrierte Triggerpunkthypothese*

Travell und Simons (2002) beschreiben die integrierte Triggerpunkthypothese wie folgt: Aus einer dysfunktionalen motorischen Nervenendigung kommt es zu einer anhaltenden exzessiven Freisetzung von Acetylcholin in den synaptischen Spalt. Hierdurch werden in der postsynaptischen Membran Acetylcholinrezeptoren aktiviert und die Membran dauerhaft depolarisiert. Die Depolarisation führt zu einer Freisetzung von Kalzium aus dem sarkoplasmatischen Retikulum, wodurch das Sarkomer kontrahiert. Durch die gesteigerte Aktivität erhöht sich der Energiebedarf in der Nervenendigung durch die gesteigerte Acetylcholinproduktion, in der

postsynaptischen Membran durch die anhaltende Depolarisation sowie im sarkoplasmatischen Retikulum (SR) durch die anhaltende Aktivität der Kalziumpumpen. Während der Energie- und damit der Sauerstoffbedarf erheblich gesteigert sind, verschlechtert die Kontraktion der Muskelfaser die lokale Durchblutung und damit die Sauerstoff- und Energieversorgung. Diese Energiekrise führt nach Annahme der integrierten Triggerpunkthypothese nun nicht nur, wie in der Energiekrisen-Hypothese beschrieben, zu einer anhaltenden Kontraktur der Muskelfaser, sondern setzt zudem neuroaktive Substanzen frei, die einerseits die Durchblutung weiter verschlechtern und andererseits die sensorischen sowie autonomen Nerven der Umgebung sensibilisieren. Abbildung 2 stellt die integrierten Triggerpunkthypothese schematisch dar.



**Abbildung 2:** Schematische Darstellung der integrierten Triggerpunkthypothese (Travell & Simons, 2002, S. 76)

Gerwin und Kollegen (2004) erweiterten die integrierte Triggerpunkthypothese und postulierten, dass durch die ständige noxische Reizung auf lokaler Ebene im Bereich der MTrP auf zentraler Ebene im Hinterhorn des Rückenmarks Bahnungs- und Umbauprozesse stattfinden. Diese setzen den Autoren zufolge die Reizschwelle der Neurone im Hinterhorn herab und vergrößern deren rezeptives Feld, wodurch sich die Phänomene Hyperalgesie, Allodynie und Übertragungsschmerz in MTrP erklären lassen. Die integrierte Triggerpunkthypothese hat sich als das durch wissenschaftliche Evidenz am besten gesicherte und dadurch weithin akzeptierte Erklärungsmodell der Entstehung von MTrP etabliert (Dommerholt et al., 2006; Zhuang et al., 2014).

## 2.5 Historie der Diagnosekriterien

Für die Diagnosestellung myofaszialer Triggerpunkte, myofaszialer Schmerzen oder eines myofaszialen Schmerzsyndroms wurden eine Vielzahl unterschiedlicher Diagnosekriterien herangezogen (Chiarotto et al., 2016). Ein Konsens erschien bisher nicht möglich (Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018; Lucas et al., 2009; Rivers et al., 2015; Simons, 2004).

### 2.5.1 Erste Diagnosekriterien von Travell und Simons (1982)

Als Vorreiter auf dem Gebiet MTrP-Forschung arbeiteten Travell und Simons (1982) in ihrem „Handbuch der Muskeltriggerpunkte“ folgende klinische Merkmale der MTrP heraus:

- Plötzlicher Beginn während oder kurz nach akutem übermäßigem Stress oder allmählicher Beginn bei chronischem übermäßigem Stress des betroffenen Muskels
- Charakteristisches, für den jeweiligen Muskel spezifisches, vom Triggerpunkt ausgehendes Schmerzmuster
- Schwäche und eingeschränkte Verlängerungsfähigkeit des betroffenen Muskels
- Tastbarer Hartspannstrang im betroffenen Muskel
- Erhöhte Druckempfindlichkeit im Muskelhartspannstrang
- Durch Palpation oder Nadelung des Schmerzpunktes auslösbare lokale Zuckungsreaktion
- Reproduzierbarkeit der Schmerzen des Patienten bei Kompression oder Nadelung des Schmerzpunktes
- Elimination der Symptome durch Therapie des betroffenen Muskels

### 2.5.2 Diagnosekriterien von Fischer (1997)

Das Handbuch von Travell und Simons (1982) blieb lange Zeit das alleinige Standardwerk im Bereich der myofaszialen Schmerzen, bis Fischer 1997 folgende eigene Punkte für die Diagnostik von MTrP beschrieb (Tough et al., 2007):

- Schmerzhafter Punkt in einem Muskel
- Reproduktion des Schmerzes durch Palpation dieses Punktes
- Tolerierter Druck gemessen anhand eines Algometers  $< 2 \text{ kg/cm}^2$  an dem schmerzhaften Punkt im Vergleich zu anderem Gewebe
- Linderung der Schmerzen durch Injektion von Lokalanästhetika

Fischer benannte wie schon Travell und Simons den schmerzhaften Punkt als „tender point“. Zwischenzeitlich ergab sich jedoch der Konsens, dass der Begriff „tender point“ der Fibromyalgie vorbehalten bleiben soll, während MTrP spezifisch für MSS sind (Alvarez & Rockwell, 2002).

### 2.5.3 Revision von Simons, Travell und Simons (1999)

Durch seine Arbeit hatte Fischer die Diskussion um das MSS erneut angestoßen. Simons, Travell und Simons (1999) gaben zwei Jahre später die zweite Auflage ihres Handbuches heraus. Die Autoren stellten dabei fest, dass der Übertragungsschmerz keinem charakteristischen, für den jeweiligen Muskel spezifischen Schmerzmuster folgte, so dass sie das spezifische Schmerzmuster für jeden Muskel als Punkt entfernten und sich stattdessen auf das Vorhandensein eines Übertragungsschmerzes beschränkten. Zudem formulierten sie ihre Diagnosekriterien im Vergleich zum Vorgängerwerk deutlich präziser und stellten folgende Liste auf:

- Tastbarer Muskelhartspannstrang
- Schmerzhafter Punkt im Muskel
- Wiedererkennung des Schmerzes durch den Patienten
- Wiedererkannter Übertragungsschmerz
- Schmerzhaftige Bewegungseinschränkung
- Unwillkürliche Ausweichbewegung
- Lokale Zuckungsreaktion

Durch die Untersuchung von Muskelbiopsien konnte Simons (1999) die Knötchenstruktur mikroskopisch nachweisen. Die unwillkürliche Ausweichbewegung sahen Simons, Travell und Simons (1999) als Reaktion auf den schmerzhaften Herd im Muskel an, weshalb diese in weiteren Publikationen nicht mehr als eigenständiges Kriterium genannt wurde. Als wichtigste Diagnosekriterien erwiesen sich Simons (2004) zufolge der Muskelhartspannstrang und ein schmerzhafter Herd innerhalb des Hartspannstranges, durch dessen Manipulation es möglich sei, einen Übertragungsschmerz auszulösen. Er definierte dies als reliables Minimalkriterium für die Diagnose eines latenten MTrP. Ist dem Patienten der durch Manipulation des MTrP ausgelöste Schmerz bereits bekannt, so handelt es sich um einen aktiven MTrP (Simons et al., 1999). Auch wenn der Hartspannstrang, besonders in tief liegenden Muskeln, nicht immer tastbar und daher nicht immer reliabel zu identifizieren ist, gehört er Simons (2004) zufolge aufgrund der angenommenen Ätiologie von MTrP zur Pathologie der Erkrankung. Die lokale Zuckungsreaktion erwies sich als wenig reliabel, weshalb Simons (2004) sie aus der Liste der wesentlichen Diagnosekriterien entfernte und lediglich zu den „hilfreichen diagnostischen Befunden“ zählte. In klinischen Untersuchungen wurde die lokale Zuckungsreaktion allerdings weiterhin als Diagnosekriterium genutzt (Chiarotto et al., 2016), was eventuell darauf zurückzuführen ist, dass eine lokale Zuckungsreaktion im Umkehrschluss ein hochspezifischer Indikator für einen MTrP ist (Simons, 2004).

#### 2.5.4 Zwischenzeitliche Forschung

Zwischenzeitlich zeigten neuere Erkenntnisse, dass sich der Übertragungsschmerz teilweise entgegen vorheriger Annahmen einem für den Muskel spezifischem Muster zuordnen lies (Fernández-de-Las-Peñas et al., 2010; Hwang, Kang, & Kim, 2005; Hwang, Kang, Shin, et al., 2005), weshalb das Kriterium wieder als solches verwendet wurde. Bis 2007 waren Tough zufolge die von Forschern am häufigsten benutzten Diagnosekriterien für MTrP folgende:

- Druckschmerzpunkt in einem Muskelhartspannstrang
- Wiedererkennung des Schmerzes
- Spezifischer Übertragungsschmerz
- Lokale Zuckungsreaktion

Licht (2009) führte im „Leitfaden Triggerpunkte“ von Irnich (2009) die von Simons & Travell etablierten Erkenntnisse und den von der Medizinischen Gesellschaft für Myofasziale Schmerzen (MGMS e.V.) anerkannten Standard zur manuellen Diagnose der MTrP zu folgender Liste zusammen:

- Muskelhartspannstrang
- Knötchenstruktur entlang des Hartspannstranges
- Schmerzpunkt entlang des Hartspannstranges
- Wiedererkennung des Schmerzes
- Lokale Zuckungsreaktion
- Übertragungsschmerz spezifisch für jeden Muskel
- Eingeschränkte Verlängerungsfähigkeit des Muskels
- Muskelschwäche
- Schmerzen bei kräftiger Kontraktion
- Autonome Phänomene

Die Schwäche und eingeschränkte Verlängerungsfähigkeit des betroffenen Muskels wurden von Travell und Simons (1982) genannt und waren seitdem als Diagnosekriterien in den Hintergrund gerückt. Beide Punkte waren durch das Ätiologiemodell der integrierten Hypothese erklärbar. Während die Muskelschwäche bei MTrP in einer Studie von Yu (2015) nachgewiesen werden konnte, galt die eingeschränkte Verlängerungsfähigkeit des Muskels und die daraus resultierende Bewegungseinschränkung einer aktuellen Studie zufolge nicht als reliables Kriterium (Wilke et al., 2016), auch wenn dieses in zahlreichen Studien angewandt wurde.



### 2.5.5 Aktueller Stand der Diagnosekriterien

Bis dato umfasst die Gesamtheit der Befunde eine Vielzahl an Kriterien, die für die Diagnose von MTrP empfohlen wurden (Rivers et al., 2015; Tough et al., 2007). Chiarotto und Kollegen (2016) listeten in ihrem Review zur Prävalenz von MTrP bei Patienten mit Rückenschmerzen die in den jeweiligen Studien angelegten Diagnosekriterien auf und erhoben folgende Punkte für die Diagnose eines latenten MTrP:

- Tastbarer Muskelhartspannstrang
- Druckschmerzpunkt im Muskelhartspannstrang
- (Spezifischer) Übertragungsschmerz bei Palpation
- Lokale Zuckungsreaktion

Die lokale Zuckungsreaktion wurde in sechs von sieben Studien beobachtet. Lediglich eine Studie postulierte, dass der Übertragungsschmerz bei Palpation einem spezifischen Muster folgt.

Für einen aktiven MTrP wurden Chiarotto und Kollegen (2016) zufolge folgende Kriterien diagnostiziert:

- Wiedererkennung des Schmerzes
- Spontanes Auftreten der Schmerzen
- Bewegungseinschränkung

Während die Wiedererkennung des Schmerzes in allen Studien als Diagnosekriterium angewandt wurde, listete nur jeweils eine von neun Studien das spontane Auftreten der Schmerzen und die Bewegungseinschränkung auf.

Rivers und Kollegen (2015) versuchten die Entwicklung einer empirisch validierten Falldefinition mittels den Ergebnissen einer Umfrage zur Diagnostik des MSS an 4143 Klinikern. Die Auswertung der 214 erhaltenen Antworten ergab als wesentliche Komponenten: einen schmerzhaften Herd im Muskel, der bei Palpation wiedererkennbare Symptome verursachte, Muskelsteifigkeit, Bewegungseinschränkung, Verschlechterung der Symptome bei Stress sowie einen Hartspannstrang oder schmerzhaften Herd, der bei Palpation einen Übertragungsschmerz auslöste. Die Autoren schlugen deshalb vor, dass mindestens eines der Kriterien für die Diagnose eines MSS erfüllt sein müsse:

- Schmerzhafter Herd mit oder ohne Übertragungsschmerz (= Triggerpunkt)
  - Wiedererkennung der Symptome
- sowie mindestens drei der Kriterien:
- Muskelsteife oder -verspannung
  - Bewegungseinschränkung

- Schmerzverstärkung bei Stress
- Muskelhartspannstrang und/oder Knötchenstruktur in Verbindung mit einem Druckschmerzpunkt

Zudem empfehlen sie ein zumindest dreimonatiges Bestehen der Symptome für die Stellung der Diagnose.

Mit Hilfe einer Delphi-Umfrage an 60 Experten aus zwölf Ländern versuchten Fernández-de-las-Peñas und Dommerholt (2018) einen internationalen Konsens für die Diagnose von MTrP zu finden. Als mögliche Diagnosekriterien von MTrP identifizierten sie: Hartspannstrang, Druckschmerzpunkt, Übertragungsschmerz, lokale Zuckungsreaktion, unwillkürliche Ausweichbewegung, Bewegungseinschränkung sowie Schmerzen beim Dehnen oder bei der Kontraktion der Muskulatur. 70% der befragten Experten nannten Hartspannstrang, Druckschmerzpunkt sowie Übertragungsschmerz als wesentliche Kriterien, die lokale Zuckungsreaktion wurde immerhin noch von 30% als wesentlich eingeschätzt. Darauf basierend schlugen die Autoren folgende Diagnosekriterien für einen latenten MTrP vor:

- Hartspannstrang
- Druckschmerzpunkt
- Übertragungsschmerz

Dabei sollen mindestens zwei der oben genannten Symptome vorhanden sein. Um einen aktiven MTrP zu diagnostizieren, sollen die Symptome der Patienten zudem reproduzierbar sein.

### *2.5.6 Ausgeschlossene Diagnosekriterien*

Übersichtsarbeiten und Expertenbefragungen erwähnen zahlreiche weitere mögliche Diagnosekriterien (Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018; Rivers et al., 2015; Tough et al., 2007). Hierzu zählt eine genauere Beschreibung der Schmerzen als tief, taub, brennend, nadelstichartig, Druck, taub oder kribbelnd. Lokaler/regionaler Schmerz, großflächiger Schmerz, Schmerzen im Weichteilgewebe, spontaner Schmerz, Bewegungsschmerz, Schmerzen bei Dehnung, verminderter Hautwiderstand, Muskelverspannungen/Muskelsteifigkeit wurden als weitere mögliche Symptome genannt. Zudem erwähnten die Autoren eine Verschlechterung der Schmerzen durch Temperaturänderungen oder Wetterwechsel sowie eine Verbesserung der Schmerzen durch Behandlung wie z.B. Injektion von Lokalanästhetika, Injektion von Kochsalzlösung, Akupunktur, Physiotherapie, manuelle Therapie, Spray, Dehnungstechniken, Aerobic, Geräte wie TENS oder Ultraschall, einen erholsamen Schlaf, Wärme oder Kälte als mögliche Diagnosekriterien. Auch begleitende Phänomene wie Schlafstörungen, Fatigue, eine verminderte Arbeitstoleranz, Schwindel, Depressionen, Angst, Traumatisierung, Wahrnehmungsveränderungen, Haltungstörungen, Gelenkstörungen, eine Kran-

kengeschichte mit wiederholten Verletzungen oder schlechter Ergonomie am Arbeitsplatz sowie eine nicht fokale neurologische Untersuchung wurden aufgezählt. Sie alle wurden in den jeweiligen Studien allerdings als nicht ausreichend relevant angesehen, um sie als Diagnosekriterien zu empfehlen.

Nachdem es lange Zeit nicht gelungen war, einheitlich akzeptierte, reliable und validierte Diagnosekriterien zu schaffen, wurde empfohlen, das Vorgehen bei der Diagnosestellung genau zu dokumentieren, damit auf diese Weise festgestellt werden kann, ob ein Konsens in der Definition und den angelegten Diagnosekriterien besteht (Rivers et al., 2015; Tough et al., 2007). Die internationale Delphi-Umfrage (Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018) ist ein erster Schritt in diese Richtung und stellt aktuell eine wichtige Grundlage für weitere Forschung dar.

## **2.6 Diagnosemethoden**

### *2.6.1 Körperliche Untersuchung*

Die höchste praktische Relevanz im klinischen Alltag weist die körperliche Untersuchung auf. Wie der systematische Review von Lucas und Kollegen (2009) zeigt, sind die Studienergebnisse zur Qualität der körperlichen Untersuchung bei der Diagnostik von MTrP jedoch vergleichsweise widersprüchlich. Während manche Studien eine durchaus hohe Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen zweier unterschiedlicher Untersucher feststellen konnten (Mayoral Del Moral et al., 2018; Nascimento et al., 2018), wurde in anderen Studien der Grad der Übereinstimmung eher als mittelmäßig (De Groef et al., 2018; Myburgh et al., 2011) bis schwach (Hsieh et al., 2000; Lew et al., 1997) eingestuft. Das Ergebnis der körperlichen Untersuchung war dabei stark von Ausbildung und Erfahrung der Untersucher (Christensen et al., 2003; Myburgh et al., 2011), von der Tiefe der Lage des untersuchten Muskels (Gerwin et al., 1997; Sanz et al., 2016) sowie von der Art der Diagnosekriterien abhängig (Bron, Franssen, et al., 2007; Gerwin et al., 1997; Njoo & Van der Does, 1994). So war die Interrater-Reliabilität für subjektive Zeichen wie Anspannung ( $\kappa = .22 - 1.0$ ) und Schmerzreproduktion ( $\kappa = .57 - 1.00$ ) höher als für objektive Zeichen wie Hartspannstrang ( $\kappa = .08 - .75$ ) oder lokale Zuckungsreaktion ( $\kappa = -.05 - .57$ ) (Lucas et al., 2009).

### *2.6.2 Bildgebende Verfahren*

Für die bildgebende Diagnostik von MTrP liegen Daten zu sonographischen Untersuchungsmethoden sowie aus der Elastographie vor.

In der B-Bild-Sonographie erweisen sich MTrP als hypoechogene Regionen im Muskel (Ballyns et al., 2012; Cojocaru et al., 2015; Shankar & Reddy, 2012). Bei einer kleinen Stichprobe von neun Patienten war es mittels B-Bild-Sonographie allerdings nicht möglich, aktive von latenten MTrP zu unterscheiden (Sikdar et al., 2009). Mittels Doppler-Sonographie wurde beobachtet, dass kleine Arterien in der Umgebung von MTrP in der Diastole einen höheren retrograden Fluss im Vergleich zur gesunden Muskulatur zeigen (Ballyns et al., 2011; Sikdar et al., 2009). In einer kleinen Stichprobe mit 16 Patienten konnte zudem gezeigt werden, dass in aktiven MTrP die systolischen Spitzenflussgeschwindigkeiten signifikant höher und die diastolischen Mindestgeschwindigkeiten signifikant niedriger sind als in latenten MTrP und in gesunder Muskulatur (Sikdar et al., 2010).

In der Elastographie mittels Ultraschalles zeigten MTrP im Vergleich zur gesunden Muskulatur der Patienten geringere Vibrationsamplituden (Sikdar et al., 2009) und im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Schmerzen eine signifikant höhere Geschwindigkeit der Scherwelle bei gleichzeitig größerer räumlicher Variabilität (Ballyns et al., 2012). Außerdem finden sich in aktiven MTrP signifikant größere nicht-vibrierende Regionen sowohl im Vergleich zu latenten MTrP und zur gesunden Muskulatur der Patienten (Ballyns et al., 2011), als auch im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Schmerzen (Turo et al., 2013). Alle Studien zur Elastographie mittels Ultraschalles basieren allerdings auf kleinen Stichproben von neun bis 44 Personen.

In der Elastographie mittels Magnetresonanztomographie (MRT) zeigte das Gewebe innerhalb eines Muskelhartspannstranges eine erhöhte Steifigkeit sowohl im Vergleich zur umgebenden Muskulatur als auch im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne myofasziale Schmerzen (Chen et al., 2008; Chen et al., 2007). Diese Ergebnisse basieren allerdings ebenfalls auf zwei kleinen Stichproben von zwei und acht Personen. Anhand von 65 untersuchten Patienten konnte jedoch gezeigt werden, dass Elastographie mittels MRT im Vergleich zur körperlichen Untersuchung eine höhere Interrater-Reliabilität bietet (Chen et al., 2016).

### *2.6.3 Nicht bildgebende Verfahren*

Für die Diagnostik ohne Bildgebung stehen invasive Verfahren wie die „in vitro“-Diagnostik und die Elektromyographie sowie nicht invasive Verfahren wie die Algometrie zur Verfügung.

Simons (1999) beschrieb als zuverlässige und objektive Untersuchungsmethoden für die Diagnostik von MTrP Kontraktionsknoten und typische zelluläre Veränderungen im histologischen Präparat wie auch die elektromyographische Darstellung der lokalen Muskelzuckung und der Spontanaktivität von MTrP. In einer Stichprobe von 90 Patienten wiesen diejenigen

mit aktiven MTrP in Ruhe eine höhere elektrische Aktivität in den MTrP auf als jene mit latenten MTrP oder die Muskulatur der Kontrollgruppe ohne MTrP (Yu & Kim, 2015). Mittels Elektromyographie lassen sich in der Bewegung auch latente MTrP von gesundem Gewebe unterscheiden (Bohlooli et al., 2016), wobei es Hinweise aus einer Stichprobe von 70 Patienten gibt, dass eine elektromyographische Unterscheidung auch in Ruhe möglich ist (Wytrazek et al., 2015).

Für die Diagnostik von MTrP per Algometer definierte Fischer (1997) als Kriterium für einen MTrP einen tolerierten Druck von  $< 2 \text{ kg/cm}^2$  am schmerzhaften Punkt. Mense, Simons und Russel (2001) zufolge ist für eine korrekte Messung allerdings ein hohes Maß an persönlicher Erfahrung notwendig, da die Ergebnisse von verschiedenen Faktoren wie z.B. der individuellen Gewebedicke beeinflusst werden und anhand der Methode keine Aussagen über den tatsächlichen Ursprung des Schmerzpunktes möglich sind. Sind die Untersucher im Umgang mit dem Algometer allerdings erfahren, können damit durchaus Ergebnisse erzielt werden, die der tastenden Untersuchung mit den Fingern gleichen (Sciotti et al., 2001).

## 2.7 Therapie

### 2.7.1 Akupunktur/Dry Needling

Übersichtsarbeiten kamen zu dem Schluss, dass *Dry Needling*, die Nadelung von MTrP, im Vergleich zu keiner oder einer Placebo-Intervention bei Schmerzpatienten zu einer Besserung der Schmerzen und Bewegungsfähigkeit (Boyles et al., 2015; Rodriguez-Mansilla et al., 2016) sowie einer Erhöhung der Lebensqualität (Espejo-Antunez et al., 2017) führt. Allerdings existieren widersprüchliche Ergebnisse. So konnte die Meta-Analyse von Tough und Kollegen (2009) beim Vergleich von *Dry Needling* mit einer Placebo-Intervention in Bezug auf Schmerzverbesserung keinen signifikanten Unterschied zwischen den Behandlungen feststellen. In zwei weiteren Meta-Analysen hingegen hatten sich die durch MTrP verursachten Schmerzen sowohl bei sofortiger Messung nach der Behandlung mit *Dry Needling* als auch bei Messung nach vier Wochen im Vergleich zu der Placebo-Intervention gebessert (Kietrys et al., 2013; Liu et al., 2015), allerdings fand die Meta-Analyse von Lui (2015) bei Betrachtung von Studien mit Langzeitverlauf (2 – 8 Monate) zum zweiten Messzeitpunkt keinen Unterschied mehr. Im direkten Vergleich zu anderen Interventionen schnitt *Dry Needling* in Meta-Analysen von schlechter (Rodriguez-Mansilla et al., 2016) über heterogen (Kietrys et al., 2013) bis besser (Liu et al., 2018) ab, wobei sich der Vorteil von *Dry Needling* im Langzeitverlauf egalisierte. Irnich und Kollegen (2002) stellten in einer randomisiert-kontrollierten doppelblinden Studie an 36 chronischen Schmerzpatienten fest, dass die Akupunktur an ent-

fernten Körperstellen besser für eine Linderung der Schmerzen und Wiedererlangung der Bewegungsfähigkeit war als das *Dry Needling* der MTrP direkt. Sowohl konventionelle Akupunktur als auch Elektroakupunktur linderten in einer randomisiert-kontrollierten Pilotstudie an 24 Patienten mit MSS die Schmerzintensität und verringerten die per Sonographie nachgewiesene Hyperechogenität in MTrP (Müller et al., 2015).

### 2.7.2 Infiltrationen

Studienergebnisse zur Infiltration von Botulinumtoxin in schmerzassoziierte Muskelgruppen von Schmerzpatienten waren bezüglich ihrer Wirksamkeit widersprüchlich (Gerwin, 2012; Ho & Tan, 2007; Zhou & Wang, 2014). Während die Behandlung in einigen Studien bei Schmerzpatienten eine schmerzverbessernde Wirkung zeigte (Dessie et al., 2019; Nicol et al., 2014; Ranoux et al., 2017), brachte die Infiltration von Botulinumtoxin im Vergleich zu einer Placebo-Intervention keinen wirksameren Behandlungserfolg mit sich (Benecke et al., 2011; Ferrante et al., 2005) oder erste Behandlungserfolge egalisierten sich im Langzeitverlauf (Harden et al., 2009). Die Infiltration von Lokalanästhetika in MTrP führte bei Schmerzpatienten zu einer Schmerzlinderung (Garcia-Leiva et al., 2007; Parthasarathy et al., 2019; Xie et al., 2015). In randomisierten Studien zeigte sich die Infiltration von Lokalanästhetika in Bezug auf die Schmerzreduktion wirksamer im Vergleich zu Placebo (Xie et al., 2015) sowie zu der intravenösen Gabe von Schmerzmedikation wie nichtsteroidalen Antiphlogistika (Kocak et al., 2019). Gleichmaßen wirksam wie die Infiltration von Lokalanästhetika sind hingegen *Dry Needling* (Ay et al., 2010; Nouged et al., 2019; Ong & Claydon, 2014), Ozon-Infiltration (Raeissadat et al., 2018) sowie Akupunktur (Gazi et al., 2011). Beim direkten Vergleich zwischen Botulinumtoxin und Lokalanästhetika erbrachten die Ergebnisse bezüglich der Schmerzverbesserung in der Meta-Analyse von Ahmed und Kollegen (2019) inkonsistente Ergebnisse, wobei Lokalanästhetika als marginal vorteilhafter erschienen.

### 2.7.3 Topische Medikamente

Eine topische Behandlung von MTrP erfolgt durch die Applikation von lokalen Patches auf die Haut, welche mit Schmerzmedikation (Diclofenac), Muskelrelaxans (Thiocolchicosid) oder Lokalanästhetikum (Lidocain) versehen sein können (Annaswamy et al., 2011). Während das Diclofenac-Patch in einer randomisiert-kontrollierten Studie an 153 Patienten mit MSS die Schmerzstärke verringerte und die Bewegungsfähigkeit signifikant verbesserte (Hsieh et al., 2010), verringerte das Thiocolchicosid-Patch bei 65 Patienten mit MSS ohne Kontrollgruppe nur die Schmerzstärke (Ketenci et al., 2009). Das Lidocain-Patch wirkte in einer randomisiert-kontrollierten Studie an 36 Patienten mit MTrP positiv auf die Schmerz-

schwelle (Firmani et al., 2015) und in einer Pilotstudie an 20 Patienten mit MTrP in Verbindung mit Wärme auch positiv auf die Schmerzstärke (Rauck et al., 2013).

#### *2.7.4 Systemische Medikamente*

Im Bereich der systemischen Medikamente werden zwar häufig klassische Schmerzmedikamente wie nichtsteroidale Antiphlogistika, Coxibe, Metamizol, Paracetamol sowie Opioide eingesetzt (Fleckenstein et al., 2010), jedoch gelten eher Muskelrelaxantien (Cyclobenzaprin, Tizanidin), das Benzodiazepin Clonazepam, das trizyklische Antidepressivum Amitriptylin sowie das Antikonvulsivum Gabapentin als vielversprechende Medikamente zur Behandlung von MTrP assoziierten Schmerzen (Annaswamy et al., 2011). Während bei den systemischen Muskelrelaxantien für Cyclobenzaprin in einem Cochrane Review mit zwei randomisiert-kontrollierten Studien an 41 bzw. 38 Patienten mit MSS allerdings keine gute Wirksamkeit festgestellt werden konnte (Leite et al., 2009), stellte sich Tizanidin in zwei Studien an 24 bzw. 145 Patienten mit MSS ohne Kontrollgruppe als effektiv heraus (Malanga et al., 2002; Manfredini et al., 2004). Für das Benzodiazepin Clonazepam wies eine Studie an 46 chronischen Schmerzpatienten mit MSS ohne Kontrollgruppe auf einen möglichen anti-nozizeptiven Effekt hin (Fishbain et al., 2000). Amitriptylin trug in einer doppelblinden, Placebo-kontrollierten Studie an 33 Patienten mit chronischen Spannungskopfschmerzen zur Verringerung der Schmerzintensität und myofaszialer Anspannung bei, während die Schmerzschwelle unbeeinflusst blieb (Bendtsen & Jensen, 2000). Als wirksame Behandlungsalternative bei Trizyklika-Resistenz der Schmerzen erschien in einer Studie an 23 Patienten mit MSS ohne Kontrollgruppe die Medikation mit dem Antikonvulsivum Gabapentin (Haviv et al., 2015).

#### *2.7.5 Manuelle Therapie*

Bei der manuellen Therapie werden MTrP durch eine Vielzahl physiotherapeutischer Methoden wie Kompressions-, Mobilisations- und Massagetechniken behandelt (Vernon & Schneider, 2009). Passive (Ganesh et al., 2016) wie aktive (Sadria et al., 2017) manuelle Therapietechniken können Schmerzen und Bewegungsfähigkeit bei Patienten mit latenten MTrP verbessern. Passive Techniken scheinen einen etwas besseren Einfluss auf die Schmerzschwelle zu haben, während sich in Bezug auf Schmerzstärke und Bewegungsfähigkeit beide Verfahren als gleichermaßen wirksam herausstellten, wie eine randomisiert-kontrollierte einzelblinden Studie an 42 Patienten mit MTrP zeigte (Kojidi et al., 2016). Auch auf aktive MTrP haben manuelle Therapietechniken einen positiven Einfluss (Falsiroli Maistrello et al., 2018; Jafari et al., 2017). Im Vergleich zu anderen Interventionen zeigte sich in einer randomisiert-kontrollierten Studie an 42 Patienten mit MSS, dass manuelle Therapie gleichermaßen gut wie *Dry Needling* zum Behandlungserfolg beiträgt (De Meulemeester et al., 2017). Die Infil-

ration von Lokalanästhetika erbrachte in einer Studie an 127 Patienten mit MSS weder als Alternative zur noch in Kombination mit der manuellen Therapie bessere Ergebnisse (Lugo et al., 2016).

### *2.7.6 Physikalische Verfahren ohne elektrische Stimulation*

An physikalischen Verfahren ohne elektrische Stimulation kommen Ultraschall-basierte Interventionen und die Magnetstimulation als vielversprechende Methoden für die Behandlung von MTrP in Frage (Annaswamy et al., 2011). Ultraschall-basierte Interventionen zeigten in randomisiert-kontrollierten Studien an 26 bis 70 Patienten mit MTrP einen positiven Effekt auf Schmerzintensität und Schmerzschwelle (Kavadar et al., 2015; Srbely & Dickey, 2007), Bewegungsfähigkeit (Takla & Rezk-Allah, 2018) sowie Gewebesteifigkeit (Draper et al., 2010). Im Vergleich zu anderen Interventionen schnitten *Dry Needling* in einer randomisiert-kontrollierten Studie an 61 Patienten mit MSS (Aridici et al., 2016) und die Infiltration von Lokalanästhetika in einer randomisiert-kontrollierten Studie an 49 Patienten mit MTrP (Unalan et al., 2011) jeweils vergleichbar zu Ultraschall ab. Eine Kombinationsbehandlung von topischer Therapie mit Lokalanästhetika und Ultraschall wirkte in einer randomisiert-kontrollierten Studie an 50 Patienten mit MSS wiederum besser als eine alleinige Ultraschall-Behandlung (Ustun et al., 2014). Die Magnetstimulation, welche entweder intramuskulär oder transkraniell erfolgen kann, verminderte in einer randomisiert-kontrollierten Studie an 46 Patienten mit MSS bei transkranieller Simulation des Motorcortex die Schmerzen (Medeiros et al., 2016) und erhöhte in einer randomisiert-kontrollierten Studie an 19 Patienten bei direkter Stimulation der MTrP die Schmerzschwelle sowie die Bewegungsfähigkeit (Smania et al., 2003).

### *2.7.7 Physikalische Verfahren mit elektrischer Stimulation*

Physikalische Verfahren mit elektrischer Stimulation sind die transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) sowie die Radiofrequenztherapie, bei der es durch die Applikation von Strom im Gewebe zu einer Wärmeentwicklung kommt (Diego et al., 2019). Takla (2018) konnte in ihrer randomisiert-kontrollierten Studie an 70 Patienten nach der Behandlung der MTrP mit TENS eine Erhöhung der Schmerzschwelle und der Bewegungsfähigkeit feststellen. Smania und Kollegen (2005) zeigten in ihrer randomisiert-kontrollierten Studie an 53 Patienten mit MSS jedoch, dass sich die Behandlungserfolge bei TENS in der Kontrolluntersuchung nach einem Monat egalisierten, wohingegen sie bei Magnetstimulation dauerhaft erhalten blieben. Auch im Vergleich zu manueller Therapie schnitt TENS in einer randomisiert-kontrollierten Studie an 24 Patienten mit MTrP schlechter ab (Gandolfi et al., 2018). Eine Kombination von elektrischen und manuellen Verfahren schien allerdings bei der



Schmerzbehandlung effektiver zu sein als die Anwendung von lediglich einer der genannten Therapieformen, wie eine randomisiert-kontrollierte Studie an 60 Patienten mit MTrP zeigte (Gomes et al., 2018). Ahmed und Kollegen (2019) stellten in ihrem Review fest, dass die Ergebnisse bei der Behandlung mit TENS insgesamt eine große Variabilität aufwiesen. Demgegenüber wurde die Radiofrequenztherapie bisher nur in einer randomisiert-kontrollierten doppelblinden Pilotstudie an 24 Patienten mit MSS untersucht. Hier konnten die Autoren hinsichtlich der Veränderung von Schmerzen und Bewegungsfähigkeit allerdings keinen Unterschied zur Kontrollgruppe feststellen (Diego et al., 2019).

Auch wenn die verfügbaren Therapiemöglichkeiten für MTrP von Ärzten bisher als nicht ausreichend eingeschätzt werden (Fleckenstein et al., 2010), trägt die Behandlung bei chronischen Schmerzpatienten dennoch maßgeblich zu einer Schmerzreduktion und Funktionsverbesserung bei (Barbero et al., 2019; Bron, Wensing, et al., 2007). Für eine effektive Behandlung ist eine korrekte Diagnosestellung allerdings unabdingbar, da nur so langfristig eine Verbesserung der Therapiemöglichkeiten und damit der Patientenversorgung möglich ist. Allerdings existieren derzeit keine einheitlichen Kriterien für die Diagnostik von MTrP (Rivers et al., 2015; Tough et al., 2007). Durch die vorliegende Studie soll deshalb ein weiterer Beitrag zur Erarbeitung einheitlich akzeptierter Diagnosekriterien geleistet werden.

### 3 Fragestellung

Folgende Fragen wurden inferenzstatistisch betrachtet:

- Bei welchem Anteil an Patienten lag ein MTrP/MSS/für das Schmerzgeschehen relevanter Befund vor?
- Wie hoch war die Ausprägungshäufigkeit der einzelnen Diagnosekriterien für MTrP in der Gesamtstichprobe?
- Wie hoch war die Ausprägungshäufigkeit der einzelnen Diagnosekriterien für MTrP bei Patienten, bei denen ein MTrP/MSS/für das Schmerzgeschehen relevanter Befund diagnostiziert wurde, gegenüber solchen, bei denen diese Diagnosen nicht gestellt wurden?
- Ist es möglich, die Patienten auf Basis der Diagnosekriterien in Cluster einzuteilen?
- Können Diagnosekriterien für MTrP gefunden werden, die besonders relevant für die Diagnosestellung sind?

## **4 Methoden**

### **4.1 Studienbeschreibung**

#### *4.1.1 Studiendesign*

Die Studie wurde als prospektive Querschnittstudie an einem routinemäßig aufgenommenen Patientenkollektiv mit dem Ziel, die Kriterien für die Diagnostik von MTrP im Rahmen der körperlichen Untersuchung zu überprüfen, konzipiert. Die abhängige Variable war die Auftrenshäufigkeit der jeweiligen Diagnosekriterien. Als unabhängige Variable für Gruppenvergleiche galt das Vorliegen eines MTrP/MSS/für das Schmerzgeschehen relevanten Befundes nach klinischer Einschätzung. In einer Multiplen Korrespondenzanalyse (MCA) wurde abschließend die Heterogenität der Daten visualisiert. Es wurde untersucht, ob sich die Patienten entsprechend den Diagnosekriterien in Gruppen einteilen ließen, und wie hoch der Beitrag jedes Diagnosekriteriums zur Definition dieser Gruppen war.

#### *4.1.2 Studienablauf*

Alle Zielgrößen der Studie wurden im Zeitraum vom 01.08.2017 bis zum 30.10.2017 im Rahmen des interdisziplinären Assessments in der Schmerzambulanz am Campus Innenstadt der Klinik für Anästhesiologie am Klinikum der LMU München erhoben. Waren die Einschlusskriterien erfüllt und der Patient mit der Teilnahme an der Studie einverstanden, so wurden bei der körperlichen Routineuntersuchung neben der Inspektion und einer allgemeinen Bewegungsprüfung die Muskeln Musculus trapezius (M. trapezius) und Musculus levator scapulae (M. levator scapulae) auf beiden Körperseiten vollständig palpirt. Hierbei wurden Struktur, Schmerzgeschehen sowie Funktionalität von auffälligen Stellen beurteilt, der Patient beantwortete Fragen zur Symptomatik und der Untersucher gab seine Einschätzung zur Diagnosestellung ab. Die Ergebnisse wurden von der Versuchsleiterin dokumentiert und anschließend um zusätzliche Angaben aus der Patientenakte ergänzt.

### **4.2 Patientenkollektiv**

#### *4.2.1 Rekrutierung*

Die Studienpopulation wurde aus Patienten rekrutiert, die im Studienzeitraum ein interdisziplinäres Schmerz-Assessment im Rahmen eines teilstationären Aufenthaltes in der Schmerzambulanz durchliefen.

#### *4.2.2 Ein- und Ausschlusskriterien*

Einschlusskriterien waren ein Alter von über 18 Jahren sowie das persönliche Einverständnis zur Teilnahme an der Studie. Ausschlusskriterien waren Zustände, die die persönliche Urteilsfähigkeit einschränkten (akute Psychose, Intoxikation, Demenz, Delir).

#### *4.2.3 Aufklärung*

Alle Patienten wurden während der Wartezeit auf das Arztgespräch in mündlicher und schriftlicher Form über die Ziele der Studie, die Art der Untersuchung sowie die Verwendung und Sicherung der Daten aufgeklärt. Zudem wurden sie auf die Freiwilligkeit ihrer Teilnahme an der Studie, sowie ihre jederzeit bestehende Möglichkeit zum Widerruf ihres Einverständnisses hingewiesen. Die vollständige Patientenaufklärung findet sich im Anhang A.

### **4.3 Zielparameter**

#### *4.3.1 Auswahl der Diagnosekriterien*

Eine ausführliche Literaturrecherche ergab eine Vielzahl verschiedener Kriterien, die zur Diagnostik von MTrP empfohlen wurden (Chiarotto et al., 2016; Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018; Fischer, 1997; Licht, 2009; Rivers et al., 2015; Simons, 1999, 2004; Simons et al., 1999; Tough et al., 2007; Travell & Simons, 1982). Jene Kriterien, die in vorhergehenden Arbeiten empfohlen wurden, wurden in der linken Spalte in Tabelle 1 aufgelistet. Diese Diagnosekriterien wurden in Überkategorien geordnet und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der körperlichen Routineuntersuchung überprüft.

Jene empfohlenen Diagnosekriterien, die im Rahmen einer körperlichen Routineuntersuchung im klinischen Alltag überprüfbar waren, wurden für die Studie ausgewählt und sind in der rechten Spalte von Tabelle 1 aufgelistet. Zu den aufgeführten Diagnosekriterien wurden Fragen formuliert, die als Items auf das Diagnoseblatt „Myofasziale Triggerpunkte“ (Anhang D) übertragen wurden, sodass ihr Auftreten bei der körperlichen Untersuchung dokumentiert werden konnte.

In der Literatur gehörten die Diagnosekriterien Hartspannstrang, Druckschmerzpunkt sowie Übertragungsschmerz zu den wesentlichen Kriterien (Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018). In der vorliegenden Studie stellte sich neben dem Hartspannstrang noch die von Licht (2009) beschriebene Knötchenstruktur als weitere häufig vorkommende Beschreibung der Triggerpunktstruktur heraus. Im Folgenden werden die Diagnosekriterien Hartspannstrang, Knötchenstruktur, Druckschmerzpunkt sowie Übertragungsschmerz daher

als klassische Diagnosekriterien bezeichnet. Die Diagnosekriterien unwillkürliche Ausweichbewegung, lokale Zuckungsreaktion, Bewegungseinschränkung, Muskelschwäche, Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, lokale autonome Phänomene sowie Symptomverschlechterung bei Stress werden demgegenüber als ergänzende Diagnosekriterien bezeichnet. Die Bekanntheit des Schmerzes wurde in der Literatur dazu verwendet, um zwischen aktiven und latenten MTrP zu unterscheiden (Chiarotto et al., 2016; Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018; Simons, 2008). Dieses Diagnosekriterium wurde in der vorliegenden Studie ebenfalls erhoben, um eine Einschätzung über die Häufigkeit zu ermöglichen, für die weiteren Analysen erfolgte jedoch keine Einteilung in aktive oder latente MTrP.

**Tabelle 1:** Übersicht der Kriterien zur Diagnostik myofaszialer Triggerpunkte (linke Spalte) sowie die daraus abgeleiteten Diagnosekriterien (rechte Spalte) für das Diagnoseblatt „Myofasziale Triggerpunkte“

Übersicht der Diagnosekriterien aus der Literatur	abgeleitete Diagnosekriterien	
<b>Triggerpunktstruktur</b>		
• Muskelverspannung	Hartspannstrang	Klassische Diagnosekriterien
• Muskelhartspannstrang		
• Tastbare Knötchenstruktur	Knötchenstruktur	
<b>Schmerzeschehen</b>		
• Erhöhte Druckempfindlichkeit	Druckschmerzpunkt	Klassische Diagnosekriterien
• Schmerzhafter Punkt in einem Muskel		
• Tolerierter Druck gemessen mit Algometer: < 2 kg/cm <sup>2</sup>		
• Charakteristisches, für den jeweiligen Muskel spezifisches, vom Triggerpunkt ausgehendes Schmerzmuster	Übertragungsschmerz	
• (Spezifischer) Übertragungsschmerz		
• Reproduzierbarkeit der Schmerzen des Patienten durch Kompression oder Nadelung des Schmerzpunktes	Schmerz bekannt	Ergänzende Diagnosekriterien
• Wiedererkennung des Schmerzes durch den Patienten		
• Wiedererkannter Übertragungsschmerz		
• Spontanes Auftreten der Schmerzen		
• Unwillkürliche Ausweichbewegung	Unwillkürliche Ausweichbewegung	
• Auslösbare lokale Zuckungsreaktion	Lokale Zuckungsreaktion	
<b>Funktionalität</b>		
• Eingeschränkte Verlängerungsfähigkeit des Muskels	Bewegungseinschränkung	Ergänzende Diagnosekriterien
• Muskelsteife		
• Schwäche des betroffenen Muskels	Muskelschwäche	
• Schmerzen bei Kontraktion	Schmerzen bei kräftiger Kontraktion	
• Autonome Phänomene wie Rötung oder Gänsehaut	Lokale autonome Phänomene	
• Plötzlicher Beginn während oder kurz nach akutem übermäßigem Stress oder allmählicher Beginn bei chronischem übermäßigem Stress des betroffenen Muskels	Symptomverschlechterung bei Stress	
• Schmerzverstärkung bei Stress		
<b>Therapierbarkeit</b>		
• Elimination der Symptome durch Therapie des betroffenen Muskels	nicht untersucht	
• Linderung der Schmerzen durch Injektion von Lokalanästhetika	nicht untersucht	

(Chiarotto et al., 2016; Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018; Fischer, 1997; Licht, 2009; Rivers et al., 2015; Simons, 1999, 2004; Simons et al., 1999; Tough et al., 2007; Travell & Simons, 1982)

### 4.3.2 Ärztliche Einschätzung

Die Untersucher beurteilten am Ende des Diagnoseblattes „Myofasziale Triggerpunkte“ jeweils, ob die Befunde nach ärztlicher Einschätzung klinisch relevant für das aktuelle Schmerzgeschehen des Patienten waren, ob ein MSS der Halswirbelsäule (HWS), der Brustwirbelsäule (BWS) oder des Schulter-/Arm-Bereichs vorlag, und ob es sich um einen MTrP handelte.

### 4.3.3 Patientencharakteristika

Ergänzend wurden nach Abschluss der Datenerhebung folgende Informationen aus der Patientenakte entnommen (Anhang F):

- Alter (in Jahren)
- Geschlecht (m/w)
- Körpergröße (in m)
- Körpergewicht (in kg)
- Chronifizierungsgrad des Schmerzes nach Gerbershagen (Dillmann et al., 1994)
- Schmerzrelevante Diagnosen
- Body-Mass-Index (BMI) berechnet nach der Formel:

$$\text{BMI} = \frac{\text{Körpergewicht in kg}}{(\text{Körpergröße in m})^2}$$

### 4.3.4 Untersucherdaten

Jeder Untersucher beantwortete schriftlich Fragen zu folgenden Bereichen (Anhang G):

- Alter
- Geschlecht
- Facharztausbildung (Art, Datum von Beginn und Abschluss)
- Zusatzausbildungen (Art, Datum von Beginn und Abschluss)

## 4.4 Datenerhebung

### 4.4.1 Untersucher

Die körperliche Untersuchung führten Ärzte der Schmerzambulanz am Campus Innenstadt der Klinik für Anaesthesiologie am Klinikum der LMU München durch. Es handelte sich um drei Fachärzte für physikalische Medizin und Rehabilitation, einen Anästhesisten sowie einen Arzt in Ausbildung zum Facharzt für physikalische Medizin und Rehabilitation. Vier der teilnehmenden Ärzte führten die Zusatzbezeichnung Manuelle Medizin, drei die Zusatzbezeichnung Sportmedizin, zwei die Zusatzbezeichnung Akupunktur und einer die Zusatzbezeichnung

nung Notfallmedizin. Alle Untersucher waren männlich und im Alter von 32 – 54 Jahren. Tabelle 2 zeigt die Charakteristika der Studienärzte, welche die Untersuchung durchführten.

**Tabelle 2:** Charakteristika der Studienärzte

	Alter (Jahre), Geschlecht	Medizinische Ausbildung	Zusatzausbildung	Arbeitserfah- rung (Jahre)	Anzahl an Un- tersuchungen (n, %) in der Studie
Arzt 1	32, m	Physikalische und Rehabilitative Medizin (in Ausbildung)	Manuelle Medizin Spezielle Schmerztherapie Akupunktur	4	17 (27,9)
Arzt 2	52, m	Physikalische und Rehabilitative Medizin	Manuelle Medizin Sportmedizin	21	13 (21,3)
Arzt 3	54, m	Anästhesie	Akupunktur	24	6 (9,8)
Arzt 4	49, m	Physikalische und Rehabilitative Medizin	Manuelle Therapie Sportmedizin	20	2 (3,3)
Arzt 5	34, m	Physikalische und Rehabilitative Medizin	Notfallmedizin Sportmedizin Manuelle Medizin	6	23 (37,7)

#### 4.4.2 Material

Zur Dokumentation der Diagnosekriterien in den untersuchten Muskeln wurde ein Diagnoseblatt entwickelt und eingesetzt. Bei der körperlichen Untersuchung konnten die einzelnen Kriterien mit 1 = „Diagnosekriterium erfüllt“ oder 0 = „Diagnosekriterium nicht erfüllt“ jeweils auf beiden Körperseiten für die Muskeln M. trapezius und M. levator scapulae gekennzeichnet werden. Zudem enthielt das Diagnoseblatt Fragen bezüglich der Einschätzung des Therapeuten zur Diagnosestellung. Die Lokalisation der untersuchten Stelle wurde in einem 2-D-Bild dokumentiert. Das vollständige Diagnoseblatt „Myofasziale Triggerpunkte“ sowie die entsprechenden Erläuterungen finden sich in Anhang E.

Die aus der Patientenakte entnommenen Charakteristika der Patienten (Anhang F) sowie die Charakteristika des Untersuchers (Anhang G) wurden jeweils auf gesonderten Datenblättern festgehalten.

#### 4.4.3 Untersuchungsablauf

Die körperliche Untersuchung im Rahmen der Studie erfolgte nach einem standardisierten Vorgehen, welches unter oberärztlicher Anleitung festgelegt und im Vorfeld mit allen teilnehmenden Ärzten ausführlich besprochen und diskutiert wurde. Die Untersuchung beinhaltete folgende Schritte:

1. **Inspektion:** Der Untersucher inspizierte die Haltung des Patienten und achtete auf anatomische Veränderungen wie z.B. Muskelatrophien, einen Schulterschiefstand, einen Hohlrücken oder eine Kyphose. Für die weiteren Untersuchungsschritte setzte sich der Patient gemäß Abbildung 3 aufrecht auf einem Hocker, die Füße standen hüftbreit auf dem Boden, Ober- und Unterschenkel bildeten einen 90°-Winkel im Knie, der Blick war geradeaus gerichtet. Der Untersucher stand hinter dem Patienten.



Abbildung 3: Sitzposition des Patienten während der Untersuchung in Frontal- und Seitansicht.

2. **Bewegungsprüfung:** Der Untersucher prüfte den Bewegungsumfang der Halswirbelsäule vollständig gemäß dem Vorgehen aus Anhang B. Einschränkungen des physiologischen Bewegungsumfanges wurden zunächst gesondert auf dem Untersuchungsbogen der Bewegungsprüfung (Anhang C) festgehalten. Zudem wurden im Rahmen der Bewegungsprüfung eine mögliche Muskelschwäche sowie Schmerzen bei kräftiger Kontraktion detektiert.
3. **Palpation:** Der Untersucher palpizierte auf beiden Körperseiten den Faserverlauf des M. trapezius sowie des M. levator scapulae. Kam es hierbei zu irgendeiner Art von Auffälligkeit, wie z. B. dass eine Knötchenstruktur oder ein Hartspannstrang getastet wurde, der Patient einen Druckschmerzpunkt angab oder unwillkürlich auswich, so wurde das auffällige Areal genauer untersucht und gemäß dem Diagnoseblatt „Myofasziale Triggerpunkte“ vollständig beurteilt. Waren in der Bewegungsprüfung der Halswirbelsäule bereits Einschränkungen vermerkt, so wurden diese an der entsprechenden Stelle des Diagnoseblattes



ebenfalls dokumentiert. Abbildung 4 zeigt das Beispiel einer Palpation im Falle eines auffälligen Areals im pars ascendens des M. trapezius links (linkes Bild) sowie im M. levator scapulae links (rechtes Bild).

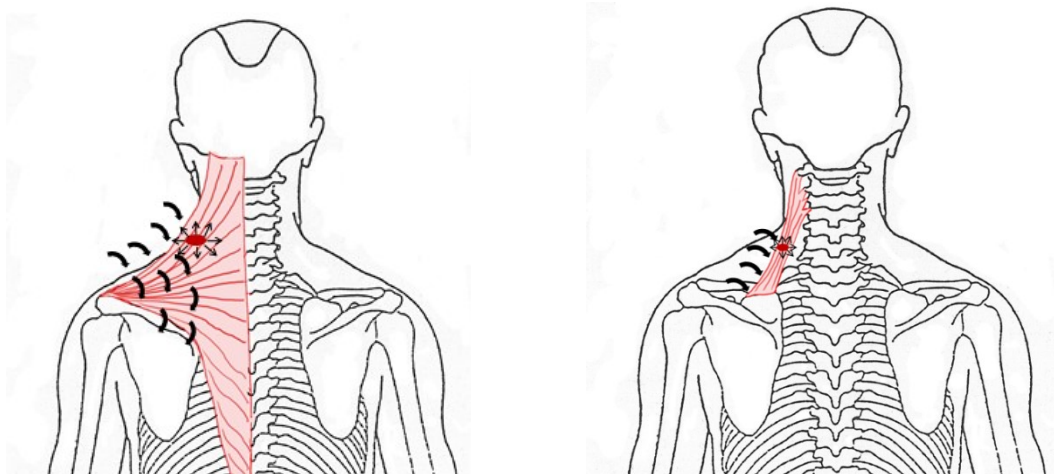


Abbildung 4: Links: Palpation des M. trapezius links. Rechts: Palpation des M. levator scapulae links.

Wurde in einem Muskel ein auffälliges Areal detektiert, so wurde dieses vollständig untersucht. Daraufhin wurde der Muskel nicht weiter palpirt, sondern es wurde zum nächsten Muskel übergegangen. Hierdurch wurde gewährleistet, dass pro Muskel jeweils nur ein auffälliges Areal gefunden und näher untersucht wurde.

#### 4.4.4 Fallzahl

Die erforderliche Stichprobengröße für die interferenzstatistischen Gruppenvergleiche mittels Fisher-Test wurde mit G\*Power 3 (Faul et al., 2007) ermittelt. Bei einem Alpha-Fehler von 5%, einer Teststärke von 80% und einer erwarteten Effektstärke von 0.4 ergab sich eine Stichprobengröße von  $N = 50$ . Bei der Datenanalyse mittels MCA handelte es sich um eine explorative Auswertung ohne statistische Signifikanztests. Die Vorabberechnung einer Mindestgröße der Stichprobe ist für die MCA daher nicht notwendig (Greenacre & Blasius, 2006).

## 4.5 Biometrie

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels der Statistiksoftware SPSS Version 24 (IBM Corp, 2016) sowie dem Statistikprogramm R Version 3.5.1 (R Core Team, 2013) mit den *packages* „FactoMineR“ (Lê et al., 2008) und „factoextra“ (Kassambara & Mundt, 2020). Die zur Auswertung verwendeten R-Befehle basieren auf der Übersicht von Kassambara (2017) und finden sich im Anhang H.

Zur deskriptiven Darstellung der Charakteristika von Patienten, Untersucher und Diagnosekriterien wurden der Mittelwert, die Standardabweichung (SD) und die Spannweite sowie relative Häufigkeiten in Prozent (%) berechnet und graphisch dargestellt.

Eine Darstellung der Häufigkeiten der Diagnosekriterien für MTrP in Abhängigkeit von der ärztlichen Einschätzung des Befundes erfolgte mit Hilfe des exakten Tests nach Fisher. Als statistisch signifikant galten p-Werte  $<0,05$ . Hierbei wurden folgende Gruppen verglichen:

- Handelte es sich bei der auffälligen Stelle um einen MTrP, ja oder nein?
- Lag bei dem Patienten ein MSS vor, ja oder nein?
- War der Befund relevant für das allgemeine Schmerzgeschehen des Patienten, ja oder nein?

Abschließend wurde untersucht, ob sich die Patienten entsprechend den Diagnosekriterien in Gruppen einteilen ließen, und wie hoch der Beitrag jedes Diagnosekriteriums zur Definition dieser Gruppen war. Die Variablen der Diagnosekriterien wurden zunächst umkodiert. Die numerische Codierung von 0 = „Diagnosekriterium nicht vorhanden“ und 1 = „Diagnosekriterium vorhanden“ wurde durch eine alphabetische Codierung mit xx\_n = „xx nicht vorhanden“ und xx\_y = „xx vorhanden“ ersetzt, wobei xx in dem neuen Datensatz für das jeweilige Diagnosekriterium stand.

Als statistisches Verfahren wurde hierfür die Multiple Korrespondenzanalyse (MCA) gewählt, welche als explorative, multivariate Datenanalyse ohne statistische Signifikanztest die Beziehung zwischen multiplen kategorialen Variablen visualisiert (Greenacre & Blasius, 2006). Dabei werden die Daten auf orthogonalen Dimensionen so dargestellt, dass sie die Kategorien der kategorialen Variablen optimal separieren (Baltes-Götz, 1998). Hierfür reduziert die MCA die Anzahl der Dimensionen, sodass die Unterschiedlichkeit der Kategorien so weit wie möglich erhalten bleibt. Zur Auswahl der optimalen Dimensionsanzahl dient ein Screeplot, welcher die pro Dimension erklärte Varianz in absteigender Hierarchie als Balkendiagramm anordnet und durch eine Linie verbindet (Kassambara, 2017). Das sogenannte empirische Kaiser-Kriterium hilft bei der Auswahl der optimalen Dimensionsanzahl, indem ein Knick in der Linie im Screeplot angibt, ab wann sich die durch eine zusätzliche Dimension erklärte Varianz nicht mehr signifikant von den erklärten Varianzen der bisherigen Dimensionen unterscheidet (Braeken & van Assen, 2017). Bei der vorliegenden Studie lag der Knick des Kaiser-Kriteriums bei zwei Dimensionen. Auf diesen zwei Dimensionen wurden Diagnosekriterien gemäß ihrer Häufigkeit und ihrem gleichzeitigen Auftreten, Patienten gemäß ihrem Profil an Diagnosekriterien angeordnet. Die quadrierten Korrelationen zwischen den Variab-

len und den Dimensionen wurden dabei als Koordinaten verwendet (Kassambara, 2017). Je näher ein Punkt am Ursprung (= Schnittpunkt der beiden Dimensionsachsen) lag, desto häufiger war das Diagnosekriterium bzw. Profil des Patienten vertreten. Diagnosekriterien, die häufig gleichzeitig beim selben Patienten vorhanden waren, lagen dichter beieinander. Ebenso lagen Patienten mit ähnlichem Profil dichter beieinander. Patienten mit gleichem Profil teilten sich denselben Punkt. Zudem verringerte sich der Abstand zwischen den Patienten, wenn sie ein ansonsten selten vorkommendes Diagnosekriterium teilten. Umgekehrt wurden Patienten mit ähnlichem Profil stärker getrennt, wenn sie sich in einem selten vorkommenden Diagnosekriterium unterschieden.

Mit Hilfe der MCA war es möglich, Diagnosekriterien anhand der Wichtigkeit ihres Beitrages zur Definition der Dimensionen einzufärben, wodurch die Relevanz einzelner Diagnosekriterien beurteilt werden konnte. Zudem wurden die Zusammenhänge zwischen den Dimensionen und den allgemeinen Patientencharakteristika (Alter, Geschlecht, Körpergröße, Körpergewicht) sowie den Untersuchern und der ärztlichen Befundeinordnung mittels Korrelationsanalysen betrachtet.

Basierend auf den Ergebnissen der MCA konnten die Patienten dann mit Hilfe einer hierarchischen Clusteranalyse in verschiedene Gruppen (= Cluster) eingeteilt werden. Die Auswahl der Clusteranzahl erfolgte über einen Klick in die entsprechende Stelle des sogenannten Dendrogrammes, welches die hierarchische Anordnung der Cluster als Baumdiagramm darstellte (Kassambara, 2017). In der vorliegenden Studie konnten die Gruppen durch eine Anzahl von vier Clustern optimal voneinander separiert werden.

## **4.6 Datenschutz und Ethik**

Alle erhobenen Daten wurden durch eine fortlaufende Identifikationsnummer (ID) für Patienten (Patienten-ID) bzw. Untersucher (Untersucher-ID) verschlüsselt. Die Zuordnung von Fragebogendaten auf personenbezogene Daten war nur durch eine getrennt aufbewahrte Identifikationstabelle möglich, welche einen Rückschluss von der ID auf den Namen ermöglichte. Der Rückschluss war notwendig, um nach Abschluss der Datenerhebung die Entlassdiagnosen aus der Patientenakte zu extrahieren. Bei der so vorgenommenen Pseudonymisierung wurden alle einschlägigen datenschutzrechtlichen Bestimmungen strikt eingehalten. Die Daten wurden ausschließlich zu wissenschaftlichen Zwecken bearbeitet und ausgewertet, wobei keine namentliche Nennung der Studienteilnehmer erfolgte. Die Speicherung erfolgt bis zehn

Jahre nach Abschluss der Studie. Anschließend werden alle Daten rückstandslos gelöscht, wobei der Datenschutz gewahrt bleibt. Bis zu diesem Zeitpunkt werden die ausgefüllten Fragebögen sowie die Identifikationstabelle in getrennten, jeweils abschließbaren Schränken im Forschungsbau der Schmerzambulanz am Campus Innenstadt der Klinik für Anästhesiologie am Klinikum der LMU München aufbewahrt. Die digitalen Datensätze sind auf dem Laufwerk des klinikeigenen Servers gespeichert, auf dessen Daten ausschließlich Mitarbeiter der Forschungsgruppe der Schmerzambulanz am Campus Innenstadt der Klinik für Anästhesiologie am Klinikum der LMU München Zugriff haben.

Die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München erklärte die Studie am 11.07.2017 für ethisch-rechtlich unbedenklich (Projektnummer: 17-317).

## 5 Ergebnisse

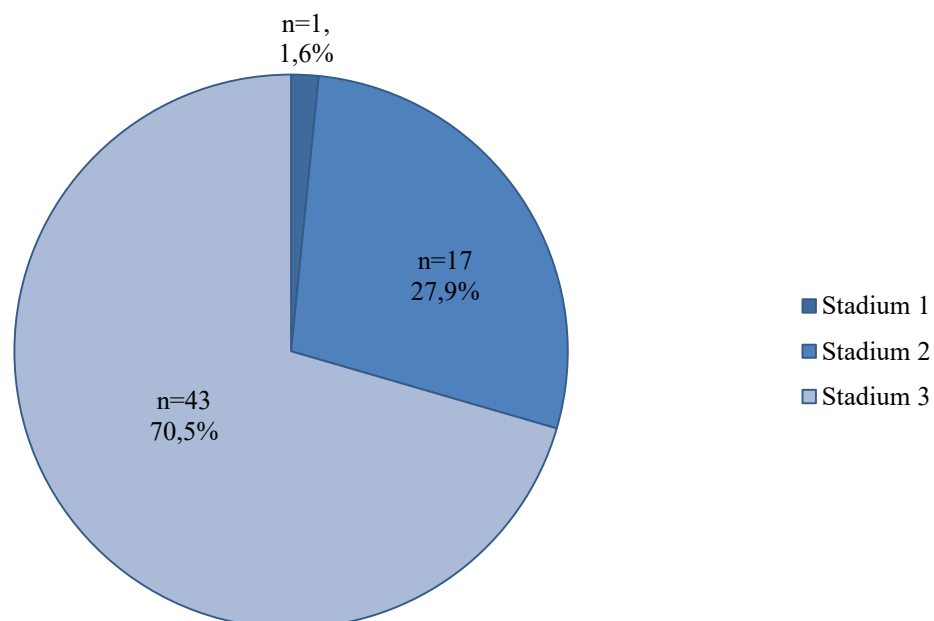
### 5.1 Allgemeine Stichprobenbeschreibung

#### 5.1.1 Stichprobengröße

Im Zeitraum vom 02.08.2017 bis zum 26.10.2017 wurden 62 Patienten zu den Studienzeitpunkten für das interdisziplinäre Assessment am Klinikum vorstellig. Eine Patientin musste von der Studie ausgeschlossen werden, da sie zum Zeitpunkt der Erhebung unter 18 Jahre alt war. Alle anderen Patienten erfüllten die geforderten Einschlusskriterien und erklärten sich mit der Teilnahme an der Studie einverstanden. Hierdurch konnten insgesamt 61 Patienten in die Auswertung aufgenommen werden, womit die geplante Fallzahl von  $n = 50$  erreicht werden konnte.

#### 5.1.2 Soziodemographische Patientencharakteristika

Die Stichprobe setzte sich aus 65,6% Frauen und 34,4% Männern zusammen. Im Durchschnitt waren die Patienten 51 Jahre alt ( $SD = 15,1$ ). Der mittlere BMI betrug 25,1 ( $SD = 5,1$ )  $\text{kg}/\text{m}^2$ . Rund 70% der Patienten wurde ein Chronifizierungsgrad nach Gerbershagen des Stadiums 3 zugeordnet, was der höchsten Stufe der Chronifizierung entspricht (Dillmann et al., 1994). Folgende Abbildung gibt die Verteilung der Chronifizierungsgrade ( $n$ , %) unter den Patienten an.



**Abbildung 5:** Verteilung der Chronifizierungsgrade ( $n$ , %) nach Gerbershagen unter den Patienten  
Stadium 1: niedrig, Stadium 2: mittel, Stadium 3: hoch (Dillmann et al., 1994)

### 5.1.3 Schmerzdiagnostische Patientencharakteristika

Die schmerzrelevanten körperlichen und psychiatrischen Diagnosen wurden anhand der 10. Revision der *International Classification of Diseases (ICD-10)* kodiert. Im Durchschnitt hatte jeder Patient 3,7 Diagnosen ( $SD = 1,5$ ) erhalten. Bei 77,0% der Patienten wurde sowohl eine somatische als auch eine psychische Diagnose vergeben. Vergleichbar viele Patienten (78,7%) hatten neben der somatischen Hauptdiagnose mindestens eine weitere somatische Nebendiagnose. Mehr als die Hälfte (52,4%) hatte zwei weitere somatische Nebendiagnosen. Die am häufigsten vergebene Diagnose war die chronische Schmerzstörung mit somatischen und psychischen Faktoren (F45.41 mit 50,0%). Rückenschmerzen (M54.- mit 45,9%) sowie Myalgie (M79.1- mit 42,6%) waren weitere häufige körperliche Diagnosen. Einen Schwerpunkt innerhalb der psychischen Diagnosen bildeten die affektiven Störungen (F30 – F39 mit 50,8%). Tabelle 3 fasst alle Diagnosen sowie deren Häufigkeiten zusammen.

**Tabelle 3:** Schmerzrelevante Diagnosen in der Studienpopulation

<b>Somatoforme Störungen</b>		<b>ICD-10</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Anhaltende somatoforme Schmerzstörung		F45.40	4	6,6
Chronische Schmerzstörung mit somatischen und psychischen Faktoren		F45.41	36	59,0
<b>Somatische Diagnosen (Mehrfachnennungen möglich, 262 Diagnosen bei 61 Patienten)</b>		<b>ICD-10</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Herpes Zoster		B02.2	1	1,6
Krankheiten des Nervensystems	Migräne / Kopfschmerz	G43.-/G44.2	9	14,8
	Krankheiten des N. Trigemini	G50.-	4	6,6
Krankheiten des Kiefergelenks		K07.6/K10.9	4	6,6
Arthropathien	Chronische Polyarthritiden	M05.30/M06.09	2	3,3
	Arthrose	M15.- – M19.-	9	14,8
	Sonstige Gelenkkrankheiten	M25.-	9	14,8
Krankheiten der Wirbelsäule	Spondylose	M47.-	2	3,3
	Zervikale Bandscheibenschäden	M50.2/M54.2	9	14,8
	Rückenschmerzen	M54.4/5/80	20	45,9
Sonstige Krankheiten der Weichteilgewebe	Sonstige Muskelkrankheiten	M62.-	2	3,3
	Schulterläsionen	M75.-	2	3,3
	Enthesopathien	M76.8/M77.9	4	6,6
	Myalgie	M79.1-	26	42,6
	Neuralgie	M79.29	1	1,6
	Schmerzen in den Extremitäten	M79.6-	3	4,9
	Fibromyalgie	M79.70	6	9,8
Sonstige Knochenkrankheiten		M89.04	2	3,3
Sonstige Knorpelkrankheiten		M94.27	1	1,6
Sonstige biomechanische Funktionsstörungen		M99.8	2	3,3
Schmerzen mit Lokalisation in anderen Teilen des Unterbauches		R10.3	3	4,9
Sonstiger chronischer Schmerz		R52.2	2	3,3
Verletzung des Plexus brachialis		S14.3	2	3,3
<b>Psychische Diagnosen (Mehrfachnennungen möglich, 121 Diagnosen bei 47 Patienten)</b>		<b>ICD-10</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Psychische und Verhaltensstörungen durch psychotrope Substanzen		F10 – F19	5	8,2
Schizophrenie		F20.0	1	1,6
Affektive Störungen		F30 – F39	31	50,8
Neurotische, Belastungs- und somatoforme Störungen		F40 – F48	11	18,0
Verhaltensauffälligkeiten mit körperlichen Störungen und Faktoren		F 54	13	21,3
Asperger-Syndrom		F84.5	1	1,6

ICD-10: *International Statistical Classification of Diseases*, 10. Revision

### 5.1.4 Charakteristika der Befunde

Bei einer Stichprobengröße von 61 Patienten wurden insgesamt 244 Muskeln untersucht. 45,5% der untersuchten Muskeln war auffällig. Bei null (in keinem untersuchten Muskel) bis vier (in jedem untersuchten Muskel) möglichen auffälligen Arealen pro Patient wurden somit insgesamt 111 auffällige Areale näher untersucht. Tabelle 4 zeigt die Häufigkeiten der näher untersuchten Areale getrennt nach Muskel und Körperseite.

**Tabelle 4:** Häufigkeiten der auffälligen Areale getrennt nach Muskel und Körperseite.

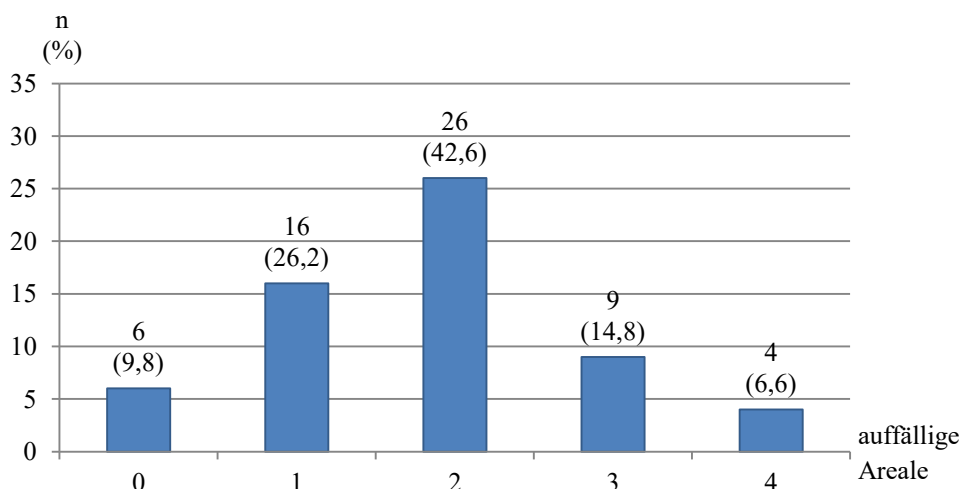
n = Anzahl der auffälligen Areale

% = Anteil der auffälligen Areale im Verhältnis zur Gesamtzahl der untersuchten Muskeln

	links n (%)	rechts n (%)	gesamt n (%)
<b>M. trapezius</b>	41 (16,8)	42 (17,2)	83 (34,0)
<b>M. levator scapulae</b>	13 (5,3)	15 (6,1)	28 (11,5)
<b>gesamt</b>	54 (22,1)	57 (23,4)	111 (45,5)

Dabei hatten 67,2% der Patienten ein auffälliges Areal im M. trapezius links, 68,9% im M. trapezius rechts, 21,3% im M. levator scapulae links und 24,6% im M. levator scapulae rechts. Insgesamt wurden im M. trapezius jeweils rund dreimal mehr auffällige Areale identifiziert als im M. levator scapulae.

90,2% der Patienten wiesen mindestens ein auffälliges Areal auf. Im Schnitt wurde bei jedem Patienten 1,8 ( $SD = 1$ ) auffällige Areale näher untersucht. Bei 9,8% der Patienten waren keinerlei auffällige Areale zu finden. Abbildung 6 stellt die Häufigkeiten der auffälligen Areale graphisch dar.



**Abbildung 6:** Anzahl (Prozent) an Patienten mit einer bestimmten Anzahl (0 – 4) an auffälligen Arealen

## 5.2 Deskriptive Auswertung der Diagnosekriterien

### 5.2.1 Häufigkeit der Diagnosekriterien

Tabelle 5 listet die im auffälligen Areal des jeweils untersuchten Muskels gefundenen Diagnosekriterien auf. Besonders häufig traten in der diagnostischen Beschreibung der auffälligen Areale das Diagnosekriterium Hartspannstrang, gefolgt von Druckschmerzpunkt, Knötchenstruktur sowie Übertragungsschmerz auf. Diese werden im Folgenden als klassische Diagnosekriterien definiert. Sowohl der Druckschmerzpunkt als auch die Knötchenstruktur lagen meist im Hartspannstrang vor. Der durch Palpation ausgelöste Druckschmerz war den Patienten in vier von fünf Fällen bekannt. Ein Übertragungsschmerz trat bei 22 (36,1%) der Patienten auf. Insgesamt war der Übertragungsschmerz in drei Viertel der Fälle den Patienten vorab bekannt.

Tabelle 5: Häufigkeit der Diagnosekriterien

	M. trapezius		M. levator scapulae		Patienten gesamt n (%)	
	links n (%)	rechts n (%)	links n (%)	rechts n (%)		
<b>Struktur</b>						
Hartspannstrang	38 (62,3)	40 (65,6)	11 (18,0)	13 (21,3)	52 (85,2)	
Knötchenstruktur	im Hartspannstrang	19 (31,1)	17 (27,9)	8 (13,1)	3 (4,9)	29 (47,5)
	ohne Hartspannstrang	2 (3,3)	0	0	0	2 (3,3)
<b>Schmerz</b>						
Druckschmerzpunkt	im Hartspannstrang	30 (49,2)	28 (45,9)	10 (16,4)	8 (13,1)	45 (73,8)
	ohne Hartspannstrang	4 (6,6)	4 (6,6)	1 (1,6)	3 (4,9)	8 (13,1)
Übertragungsschmerz	bekannt	23 (37,7)	26 (42,6)	9 (14,8)	6 (9,8)	35 (57,4)
	nicht bekannt	13 (21,3)	15 (24,6)	5 (8,2)	5 (8,2)	22 (36,1)
Unwillkürliche Ausweichbewegung	7 (11,5)	6 (9,8)	2 (3,3)	0	9 (14,8)	
Lokale Zuckungsreaktion	1 (1,6)	0	1 (1,6)	2 (3,3)	12 (19,7)	
<b>Funktion</b>						
Bewegungseinschränkung	10 (16,4)	7 (11,5)	0	0	1 (1,6)	
Muskelschwäche	6 (9,8)	2 (3,3)	0	0	0	
Schmerzen bei kräftiger Kontraktion	14 (23,0)	9 (14,8)	3 (4,9)	4 (6,6)	15 (24,6)	
Lokale autonome Phänomene	2 (3,3)	2 (3,3)	0	0	3 (4,9)	
Symptomverschlechterung bei Stress	15 (24,6)	11 (18,0)	5 (8,2)	5 (8,2)	17 (27,9)	

Relative Häufigkeiten (%) beziehen sich auf die Gesamtzahl der Patienten (n=61)

Ergänzende Diagnosekriterien wurden im Vergleich zu den klassischen Diagnosekriterien weit seltener beobachtet. So trat eine lokale Zuckungsreaktion lediglich einmal im M. trapezius links auf. Autonome Phänomene wurden bei drei Patienten (4,9%) beobachtet. Eine unwillkürliche Ausweichbewegung kam bei zwölf Patienten (19,7%) vor. Eine Symptomverschlechterung bei Stress beschrieben 17 (27,9%) der untersuchten Patienten. Eine Bewegungseinschränkung und Schmerzen bei kräftiger Kontraktion traten bei jeweils 15 (24,6%),



eine Muskelschwäche bei acht (13,1%) Patienten auf. Alle Diagnosekriterien wurden im M. trapezius rund dreimal häufiger detektiert als im M. levator scapulae.

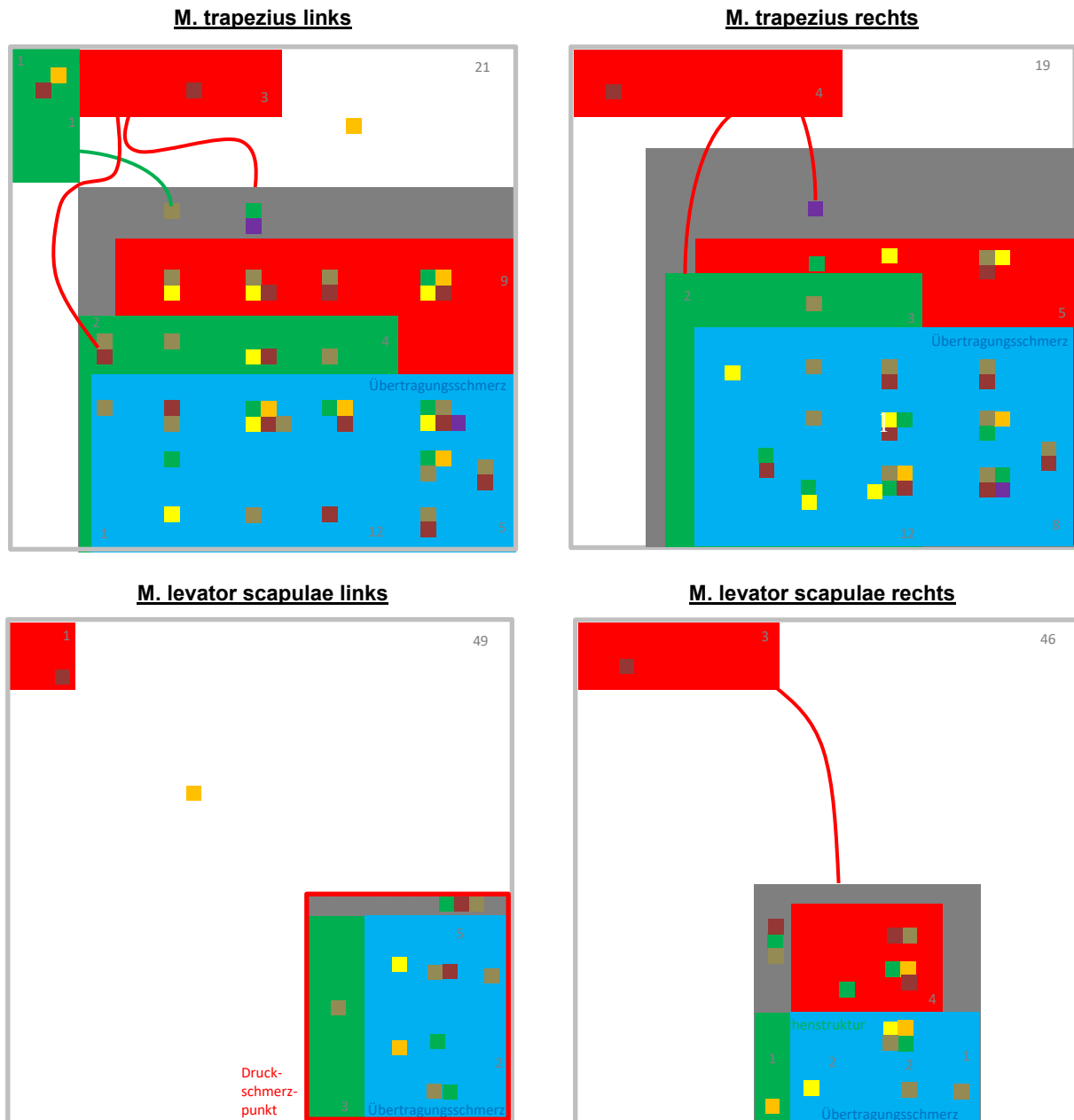
### *5.2.2 Gemeinsames Auftreten der Diagnosekriterien*

Zur Visualisierung der Häufigkeiten und des gemeinsamen Auftretens der Diagnosekriterien stellt Abbildung 7 alle Diagnosekriterien getrennt nach Muskel und Körperseite in Form von Vierecken dar. Die klassischen Diagnosekriterien Hartspannstrang (grau), Druckschmerzpunkt (rot), Knötchenstruktur (grün) und Übertragungsschmerz (blau) wurden mittels rechteckiger Flächen symbolisiert, deren Größe annäherungsweise der Häufigkeit des jeweiligen Diagnosekriteriums entsprach. Traten zwei oder mehrere Diagnosekriterien gemeinsam auf, wurde dieser Sachverhalt durch sich überlappende Flächen dargestellt. Für jede Fläche wurde das jeweilige n durch die kleine Zahl innerhalb des entsprechenden Rechtecks markiert. Die ergänzenden Diagnosekriterien (unwillkürliche Ausweichbewegung, lokale Zuckungsreaktion, Bewegungseinschränkung, Muskelschwäche, Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, lokale autonome Phänomene und Verschlechterung bei Stress) sind in Form der kleineren Rechtecke visualisiert. Dabei entsprach jedes Konglomerat aus mehreren farbigen Vierecken einem Patienten, der mehrere der ergänzenden Diagnosekriterien gemeinsam aufwies. Einzelne Patienten hatten zudem beispielsweise eine Knötchenstruktur in einem Hartspannstrang sowie zugleich einen Druckschmerzpunkt neben dem Hartspannstrang. Solche Verbindungen wurden durch Linien gekennzeichnet.

Der Druckschmerzpunkt lag im Durchschnitt zu 90,8% und die Knötchenstruktur bis auf zwei Fälle immer in einem Hartspannstrang. Die Auslösbarkeit eines Übertragungsschmerzes setzte immer einen Hartspannstrang voraus. Zudem traten die Diagnosekriterien Knötchenstruktur und Übertragungsschmerz zumeist in Kombination mit einem Druckschmerzpunkt auf. Insbesondere im M. trapezius wurde der Übertragungsschmerz häufiger beobachtet, wenn neben dem Hartspannstrang auch eine Knötchenstruktur vorhanden war (links: 5 von 19 ohne Knötchen gegenüber 13 von 19 mit Knötchen; rechts: 8 von 23 ohne Knötchen gegenüber 12 von 17 mit Knötchen).

Bis auf eine Ausnahme waren ergänzende Diagnosekriterien nur dann zu finden, wenn mindestens eines der klassischen Diagnosekriterien vorhanden war. Die Häufigkeiten der ergänzenden Diagnosekriterien nahm zudem mit der Anzahl der klassischen Diagnosekriterien tendenziell zu. So waren im Fall der lokalen Zuckungsreaktion im M. trapezius links auch alle vier klassischen Diagnosekriterien zu finden. Die unwillkürliche Ausweichbewegung trat nur in Verbindung mit einem Druckschmerz in einem Hartspannstrang auf. Eine Bewegungsein-

schränkung, Schmerzen bei kräftiger Kontraktion und eine Muskelschwäche wurden vermehrt, jedoch nicht ausschließlich in Muskeln beobachtet, bei denen auch ein Druckschmerz im Hartspannstrang identifiziert worden war. Wer eine Symptomverschlechterung bei Stress bejahte, bei dem wurde auch ein Hartspannstrang oder aber ein Druckschmerzpunkt mit Knötchenstruktur festgestellt. Lokale autonome Phänomene traten nur in Verbindung mit einem Hartspannstrang auf.



**Abbildung 7:** Visualisierung des gemeinsamen Auftretens der Diagnosekriterien  
 ■ Unwillkürliche Ausweichbewegung ■ Lokale Zuckungsreaktion ■ Bewegungseinschränkung ■ Muskelschwäche  
 ■ Schmerzen bei kräftiger Kontraktion ■ Lokale autonome Phänomene ■ Verschlechterung bei Stress

## 5.3 Assoziation der Diagnosekriterien mit dem Untersuchungsergebnis

### 5.3.1 Häufigkeit der klinischen Befunde und Diagnose

Wie Tabelle 6 zeigt, lagen nach Diagnose der Untersucher bei 65,6% der Patienten und in 16,4% bis 45,9% der Muskeln ein MTrP vor. Die Diagnose MSS wurde bei 52,5% der Patienten auf der Basis von Befunden in 11,5% bis 36,1% der Muskeln gestellt. Zumeist handelte es sich dabei um ein MSS der Halswirbelsäule. Insgesamt erhielten 80,0% der Patienten mit einem MTrP auch die Diagnose eines MSS. Bei 20,0% der Patienten wurde im Fall eines MTrP kein MSS diagnostiziert. Umgekehrt wurde die Diagnose MSS bis auf einen Fall nur gestellt, wenn der muskuläre Befund als MTrP eingeordnet worden war. Bei 34,4% der Patienten wurde weder ein MTrP festgestellt noch die Diagnose MSS vergeben.

Bei 55,7% der Patienten trug der Befund an der auffälligen Stelle relevant zum allgemeinen Schmerzgeschehen bei. Dabei hatten 77,5% der Patienten mit einem MTrP und 87,5% der Patienten mit einem MSS einen für das Schmerzgeschehen relevanten Befund. In einzelnen Fällen wurde der Befund trotz der Diagnose MSS nicht als relevant für das Schmerzgeschehen eingeschätzt. Umgekehrt stellten die Untersucher auch bei 10% bis 25% der aus ihrer Sicht für das Schmerzgeschehen relevanten Befunde keinen MTrP oder kein MSS fest.

**Tabelle 6:** Klinische Diagnosen der auffälligen Befunde

	M. trapezius		M. levator scapulae		Patienten gesamt n (%)
	links n (%)	rechts n (%)	links n (%)	rechts n (%)	
Myofaszialer Triggerpunkt (MTrP)	28 (45,9)	24 (39,3)	11 (18,0)	10 (16,4)	40 (65,6)
Myofasziales Schmerzsyndrom (MSS)	22 (36,1)	22 (36,1)	10 (16,4)	7 (11,5)	32 (52,5)
MSS der Halswirbelsäule	14 (23,0)	13 (21,3)	4 (6,6)	3 (4,9)	18 (29,5)
MSS der Brustwirbelsäule	2 (3,3)	2 (3,3)	3 (4,9)	3 (4,9)	5 (8,2)
MSS von Schulter/Arm	6 (9,8)	7 (11,5)	3 (4,9)	1 (1,6)	9 (14,8)
Befunde relevant für das Schmerzgeschehen	25 (41,0)	25 (41,0)	11 (18,0)	8 (13,1)	34 (55,7)

### 5.3.2 Zusammenhang zwischen der Auftretenshäufigkeit der Diagnosekriterien und der ärztlichen Einschätzung

Sofern ein Hartspannstrang mit Druckschmerz und Übertragungsschmerz vorlag, wurden die Befunde ausnahmslos als MTrP klassifiziert. Sofern nur zwei dieser Diagnosekriterien vorlagen, wurden 48% (10 von 21) bzw. 20% (4 von 20) der Befunde im M. trapezius links und rechts als MTrP eingestuft; im M. levator scapulae war dies mit 100% (4 von 4) links und 67% (6 von 9) rechts weit häufiger der Fall.

Der Zusammenhang zwischen der Auftretenshäufigkeit der Diagnosekriterien und der ärztlichen Einschätzung, ob es sich nach Meinung der Untersucher bei der auffälligen Stelle um einen MTrP handelte, ob ein MSS vorlag oder ob der Befund relevant für das allgemeine Schmerzgeschehen des Patienten war, wurde mit Hilfe des exakten Tests nach Fischer inferenzstatistisch ausgewertet. Die einzelnen Ergebnisse der exakten Tests nach Fischer sind aus Tabelle 7 für die Gruppen mit und ohne MTrP, aus Tabelle 8 für die Gruppen mit und ohne MSS sowie aus Tabelle 9 für die Gruppen mit und ohne einen für das Schmerzgeschehen relevanten Befund zu entnehmen.

**Tabelle 7:** Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Diagnosekriterien für MTrP (n, %) und der Feststellung eines MTrP.

MTrP nach Untersuchereinschätzung													
		M. trapezius						M. levator scapulae					
		links		p	rechts		p	links		p	rechts		p
		ja n (%)	nein n (%)		ja n (%)	nein n (%)		ja n (%)	nein n (%)		ja n (%)	nein n (%)	
HS	ja	27 (44,3)	11 (18,0)	0,000*	24 (39,3)	16 (26,2)	0,000*	11 (18,0)	0 (0,0)	0,000*	10 (16,4)	3 (4,9)	0,000*
	nein	1 (1,6)	22 (36,1)		0 (0,0)	21 (34,4)		0 (0,0)	50 (82,2)		0 (0,0)	48 (78,7)	
KSHS	ja	15 (24,6)	4 (6,6)	0,001*	14 (23,0)	3 (4,9)	0,000*	8 (13,1)	0 (0,0)	0,000*	2 (3,3)	1 (1,6)	0,067
	nein	13 (21,3)	29 (47,5)		10 (16,4)	34 (55,7)		3 (4,9)	50 (82,2)		8 (13,1)	50 (82,0)	
KSoHS	ja	2 (3,3)	0 (0,0)	0,207	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.
	nein	26 (42,6)	33 (54,1)		24 (39,3)	37 (60,7)		11 (18,0)	50 (82,2)		10 (16,4)	51 (83,6)	
DSHS	ja	26 (42,6)	4 (6,6)	0,000*	23 (37,7)	5 (8,2)	0,000*	10 (16,4)	0 (0,0)	0,000*	8 (13,1)	0 (0,0)	0,000*
	nein	2 (3,3)	29 (47,5)		1 (1,6)	32 (52,5)		1 (1,6)	50 (82,2)		2 (3,3)	51 (83,6)	
DSoHS	ja	1 (1,6)	3 (4,9)	0,618	0 (0,0)	4 (6,6)	0,147	0 (0,0)	1 (1,6)	1,000	0 (0,0)	3 (4,9)	1,000
	nein	27 (44,3)	30 (49,2)		24 (39,3)	33 (54,1)		11 (18,0)	49 (80,3)		10 (16,4)	48 (78,7)	
ÜS	ja	17 (27,9)	1 (1,6)	0,000*	20 (32,8)	0 (0,0)	0,000*	7 (11,5)	0 (0,0)	0,000*	4 (6,6)	1 (1,6)	0,002*
	nein	11 (18,0)	32 (52,5)		4 (6,6)	37 (60,7)		4 (6,6)	50 (82,0)		6 (9,8)	50 (82,0)	
UA	ja	7 (11,5)	0 (0,0)	0,003*	5 (8,2)	1 (1,6)	0,031*	1 (1,6)	0 (0,0)	0,180	2 (3,3)	0 (0,0)	0,025*
	nein	21 (34,4)	33 (54,1)		19 (31,1)	36 (59,0)		10 (16,4)	50 (82,2)		8 (13,1)	51 (83,6)	
LZ	ja	1 (1,6)	0 (0,0)	0,459	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.
	nein	27 (44,3)	33 (54,1)		24 (39,3)	37 (60,7)		11 (18,0)	50 (82,2)		10 (16,4)	51 (83,6)	
BE	ja	9 (14,8)	1 (1,6)	0,004*	7 (11,5)	0 (0,0)	0,001*	3 (4,9)	0 (0,0)	0,005*	4 (6,6)	1 (1,6)	0,002*
	nein	19 (31,1)	32 (52,5)		17 (27,9)	37 (60,7)		8 (13,1)	50 (82,2)		6 (9,8)	50 (82,0)	
MS	ja	5 (8,2)	1 (1,6)	0,085	2 (3,3)	0 (0,0)	0,151	1 (1,6)	1 (1,6)	0,331	2 (3,3)	1 (1,6)	0,067
	nein	23 (37,7)	32 (52,5)		22 (36,1)	37 (60,7)		10 (16,4)	49 (80,3)		8 (13,1)	50 (82,0)	
SK	ja	12 (19,7)	2 (3,3)	0,002*	8 (13,1)	1 (1,6)	0,002*	2 (3,3)	1 (1,6)	0,081	3 (4,9)	1 (1,6)	0,012*
	nein	16 (26,2)	31 (50,8)		16 (26,2)	36 (59,0)		9 (14,8)	49 (80,3)		7 (11,5)	50 (82,0)	
AP	ja	1 (1,6)	1 (1,6)	1,000	1 (1,6)	1 (1,6)	1,000	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.
	nein	27 (44,3)	32 (52,5)		23 (37,7)	36 (59,0)		11 (18,0)	50 (82,2)		10 (16,4)	51 (83,6)	
VS	ja	12 (19,7)	3 (4,9)	0,003*	10 (16,4)	1 (1,6)	0,000*	5 (8,2)	0 (0,0)	0,000*	4 (6,6)	1 (1,6)	0,002*
	nein	16 (26,2)	30 (49,2)		14 (23,0)	36 (59,0)		6 (9,8)	50 (82,2)		6 (9,8)	50 (82,0)	

HS = Hartspannstrang, KSHS = Knötchenstruktur im Hartspannstrang, KSoHS = Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang, DSHS = Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, DSoHS = Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang, ÜS = Übertragungsschmerz, UA = Unwillkürliche Ausweichbewegung, LZ = Lokale Zuckungsreaktion, BE = Bewegungseinschränkung, MS = Muskelschwäche, SK = Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, AP = Lokale autonome Phänomene, VS = Symptomverschlechterung bei Stress

n.b. = nicht berechnet, \* = signifikant ( $p < 0,05$ )

**Tabelle 8:** Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Diagnosekriterien für MTrP (n, %) und der Diagnose MSS.

MSS nach Untersuchereinschätzung													
		M. trapezius						M. levator scapulae					
		links		p	rechts		p	links		p	rechts		p
		ja	nein		ja	nein		ja	nein		ja	nein	
<b>HS</b>	ja	22 (36,1)	16 (26,2)	0,000*	22 (36,1)	18 (29,5)	0,000*	10 (16,4)	1 (1,6)	0,000*	7 (11,5)	6 (9,8)	0,000*
	nein	0 (0,0)	23 (37,7)		0 (0,0)	21 (34,4)		0 (0,0)	50 (82,0)		0 (0,0)	48 (78,7)	
<b>KSHS</b>	ja	13 (21,3)	6 (9,8)	0,001*	13 (21,3)	4 (6,6)	0,000*	7 (11,5)	1 (1,6)	0,000*	2 (3,3)	1 (1,6)	0,032*
	nein	9 (14,8)	33 (54,1)		9 (14,8)	35 (57,4)		3 (4,9)	50 (82,0)		5 (8,2)	53 (86,9)	
<b>KSoHS</b>	ja	1 (1,6)	1 (1,6)	1,000	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.
	nein	21 (34,4)	38 (62,3)		22 (36,1)	39 (63,9)		10 (16,4)	51 (83,6)		7 (11,5)	54 (88,5)	
<b>DSHS</b>	ja	21 (34,4)	9 (14,8)	0,000*	21 (34,4)	7 (11,5)	0,000*	9 (14,8)	1 (1,6)	0,000*	6 (9,8)	2 (3,3)	0,000*
	nein	1 (1,6)	30 (49,2)		1 (1,6)	32 (52,5)		1 (1,6)	50 (82,0)		1 (1,6)	52 (85,2)	
<b>DSoHS</b>	ja	0 (0,0)	4 (6,6)	0,287	0 (0,0)	4 (6,6)	0,287	0 (0,0)	1 (1,6)	1,000	0 (0,0)	3 (4,9)	1,000
	nein	22 (36,1)	35 (57,4)		22 (36,1)	35 (57,4)		10 (16,4)	50 (82,0)		7 (11,5)	51 (83,6)	
<b>ÜS</b>	ja	15 (24,6)	3 (4,9)	0,000*	19 (31,1)	1 (1,6)	0,000*	7 (11,5)	0 (0,0)	0,000	4 (6,6)	1 (1,6)	0,000
	nein	7 (11,5)	36 (59,0)		3 (4,9)	38 (62,3)		3 (4,9)	51 (83,6)		3 (4,9)	53 (86,9)	
<b>UA</b>	ja	6 (9,8)	1 (1,6)	0,007*	5 (8,2)	1 (1,6)	0,020*	1 (1,6)	0 (0,0)	0,164	2 (3,3)	0 (0,0)	0,011*
	nein	16 (26,2)	38 (62,3)		17 (27,9)	38 (62,3)		9 (14,8)	51 (83,6)		5 (8,2)	54 (88,5)	
<b>LZ</b>	ja	1 (1,6)	0 (0,0)	0,361	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.
	nein	21 (34,4)	39 (63,9)		22 (26,1)	39 (63,9)		10 (16,4)	51 (83,6)		7 (11,5)	54 (88,5)	
<b>BE</b>	ja	7 (11,5)	3 (4,9)	0,027*	6 (9,8)	1 (1,6)	0,007*	3 (4,9)	0 (0,0)	0,003*	3 (4,9)	2 (3,3)	0,009*
	nein	15 (24,6)	36 (59,0)		16 (26,2)	38 (62,3)		7 (11,5)	51 (83,6)		4 (6,6)	52 (85,2)	
<b>MS</b>	ja	4 (6,6)	2 (3,3)	0,176	2 (3,3)	0 (0,0)	0,126	1 (1,6)	1 (1,6)	0,303	2 (0,0)	1 (1,6)	0,032*
	nein	18 (29,5)	37 (60,7)		20 (32,8)	39 (63,9)		9 (14,8)	50 (82,0)		5 (8,2)	53 (86,9)	
<b>SK</b>	ja	10 (16,4)	4 (6,6)	0,003*	8 (13,1)	1 (1,6)	0,001*	2 (3,3)	1 (1,6)	0,067	3 (4,9)	1 (1,6)	0,004*
	nein	12 (19,7)	35 (57,4)		14 (23,0)	38 (62,3)		8 (13,1)	50 (82,0)		4 (6,6)	53 (86,9)	
<b>AP</b>	ja	1 (1,6)	1 (1,6)	1,000	1 (1,6)	1 (1,6)	1,000	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.
	nein	21 (34,4)	38 (62,3)		21 (34,4)	38 (62,3)		10 (16,4)	51 (83,6)		7 (11,5)	54 (88,5)	
<b>VS</b>	ja	12 (19,7)	3 (4,9)	0,000*	10 (16,4)	1 (1,6)	0,000*	5 (8,2)	0 (0,0)	0,000*	4 (6,6)	1 (1,6)	0,000*
	nein	10 (16,4)	36 (59,0)		12 (19,7)	38 (62,3)		5 (8,2)	51 (83,6)		3 (4,9)	53 (86,9)	

HS = Hartspannstrang, KSHS = Knötchenstruktur im Hartspannstrang, KSoHS = Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang, DSHS = Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, DSoHS = Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang, ÜS = Übertragungsschmerz, UA = Unwillkürliche Ausweichbewegung, LZ = Lokale Zuckungsreaktion, BE = Bewegungseinschränkung, MS = Muskelschwäche, SK = Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, AP = Lokale autonome Phänomene, VS = Symptomverschlechterung bei Stress

n.b. = nicht berechnet, \* = signifikant ( $p < 0,05$ )

**Tabelle 9:** Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Diagnosekriterien für MTrP (n, %) und der Feststellung eines für das Schmerzgeschehen relevanten Befundes.

		Befund relevant für das Schmerzgeschehen nach Untersuchereinschätzung											
		M. trapezius						M. levator scapulae					
		links		p	rechts		p	links		p	rechts		p
		ja	nein		ja	nein		ja	nein		ja	nein	
HS	ja	24 (39,3)	14 (23,0)	0,000*	24 (39,3)	16 (26,2)	0,000*	10 (16,4)	1 (1,6)	0,000*	7 (11,5)	6 (9,8)	0,000*
	nein	1 (1,6)	22 (36,1)		1 (1,6)	20 (32,8)		1 (1,6)	49 (80,3)		1 (1,6)	47 (77,0)	
KSHS	ja	14 (23,0)	5 (8,2)	0,001*	14 (23,0)	3 (4,9)	0,000*	7 (11,5)	1 (1,6)	0,000*	2 (3,3)	1 (1,6)	0,043*
	nein	11 (18,0)	31 (50,8)		11 (18,0)	33 (54,1)		4 (6,6)	49 (80,3)		6 (9,8)	52 (85,2)	
KSoHS	ja	1 (1,6)	1 (1,6)	1,000	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.
	nein	24 (39,3)	35 (57,4)		25 (41,0)	36 (59,0)		11 (18,0)	50 (82,0)		8 (13,1)	53 (86,9)	
DSHS	ja	22 (36,1)	8 (13,1)	0,000*	23 (37,7)	5 (8,2)	0,000*	9 (14,8)	1 (1,6)	0,000*	5 (8,2)	3 (4,9)	0,000*
	nein	3 (4,9)	28 (45,9)		2 (3,3)	31 (50,8)		2 (3,3)	49 (80,3)		3 (4,9)	50 (82,0)	
DSoHS	ja	2 (3,3)	2 (3,3)	1,000	1 (1,6)	3 (4,9)	0,638	1 (1,6)	0 (0,0)	0,180	1 (1,6)	2 (3,3)	0,349
	nein	23 (37,7)	34 (55,7)		24 (39,3)	33 (54,1)		10 (16,4)	50 (82,0)		7 (11,5)	51 (83,6)	
ÜS	ja	15 (24,6)	3 (4,9)	0,000*	18 (29,5)	2 (3,3)	0,000*	6 (9,8)	1 (1,6)	0,000*	5 (8,2)	0 (0,0)	0,000*
	nein	10 (16,4)	33 (54,1)		7 (11,5)	34 (55,7)		5 (8,2)	49 (80,3)		3 (4,9)	53 (86,9)	
UA	ja	5 (8,2)	2 (3,3)	0,112	6 (9,8)	0 (0,0)	0,003*	1 (1,6)	0 (0,0)	0,180	2 (3,3)	0 (0,0)	0,015*
	nein	20 (32,8)	34 (55,7)		19 (31,1)	36 (59,0)		10 (16,4)	50 (82,0)		6 (9,8)	53 (86,9)	
LZ	ja	1 (1,6)	0 (0,0)	0,410	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.
	nein	24 (39,3)	36 (59,0)		25 (41,0)	36 (59,0)		11 (18,0)	50 (82,0)		8 (13,1)	53 (86,9)	
BE	ja	6 (9,8)	4 (6,6)	0,292	7 (11,5)	0 (0,0)	0,001*	3 (4,9)	0 (0,0)	0,005*	2 (3,3)	3 (4,9)	0,124
	nein	19 (31,1)	32 (52,5)		18 (29,5)	36 (59,0)		8 (13,1)	50 (82,0)		6 (9,8)	50 (82,0)	
MS	ja	3 (4,9)	3 (4,9)	0,682	2 (3,3)	0 (0,0)	0,164	0 (0,0)	2 (3,3)	1,000	1 (1,6)	2 (3,3)	0,349
	nein	22 (36,1)	33 (54,1)		23 (37,7)	36 (59,0)		11 (18,0)	48 (78,7)		7 (11,5)	51 (83,6)	
SK	ja	11 (18,0)	3 (4,9)	0,002*	9 (14,8)	0 (0,0)	0,000*	3 (4,9)	0 (0,0)	0,005*	3 (4,9)	1 (1,6)	0,006*
	nein	14 (23,0)	33 (54,1)		16 (26,2)	36 (59,0)		8 (13,1)	50 (82,0)		5 (8,2)	52 (85,2)	
AP	ja	1 (1,6)	1 (1,6)	1,000	1 (1,6)	1 (1,6)	1,000	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.	0 (0,0)	0 (0,0)	n.b.
	nein	24 (39,3)	35 (57,4)		24 (39,3)	35 (57,4)		11 (18,0)	50 (82,0)		8 (13,1)	53 (86,9)	
VS	ja	14 (23,0)	1 (1,6)	0,000*	10 (16,4)	1 (1,6)	0,000*	5 (8,2)	0 (0,0)	0,000*	5 (8,2)	0 (0,0)	0,000*
	nein	11 (18,0)	35 (57,4)		15 (24,6)	35 (57,4)		6 (9,8)	50 (82,0)		3 (4,9)	53 (86,9)	

HS = Hartspannstrang, KSHS = Knötchenstruktur im Hartspannstrang, KSoHS = Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang, DSHS = Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, DSoHS = Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang, ÜS = Übertragungsschmerz bekannt, UA = Unwillkürliche Ausweichbewegung, LZ = Lokale Zuckungsreaktion, BE = Bewegungseinschränkung, MS = Muskelschwäche, SK = Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, AP = Lokale autonome Phänomene, VS = Symptomverschlechterung bei Stress

n.b. = nicht berechnet, \* = signifikant ( $p < 0,05$ )

In allen Einzelvergleichen zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Ausprägungshäufigkeit der Diagnosekriterien Hartspannstrang (HS), Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang (DSHS), Übertragungsschmerz (ÜS) sowie Verschlechterung bei Stress (VS) und der klinischen Einschätzung, ob es sich bei der untersuchten Stelle um einen MTrP, ein MSS bzw. einen für das Schmerzgeschehen relevanten Befund handelte. Gleiches galt für die Knötchenstruktur im Hartspannstrang (KSHS). Einzig im M. levator scapulae rechts konnte bei der Frage, ob ein MTrP vorlag, nicht auf Basis der Häufigkeit einer KSHS signifikant unterschieden werden. Die Häufigkeit einer Bewegungseinschränkung (BE) unterschied immer signifikant bei den Fragen, ob ein MTrP bzw. ein MSS vorlag, die Schmerzen bei kräftiger Kontraktion hingegen bei der Frage, ob der Befund relevant für das Schmerzgeschehen war. Die Ausprägungshäufigkeit der Diagnosekriterien Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang (KSoHS), Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang (DSoHS) sowie Muskelschwäche (MS) trug jeweils nicht zur Unterscheidung der Gruppen bei. Nie oder für eine sinnvolle Analyse zu selten kamen die Diagnosekriterien lokale Zuckungsreaktion (LZ) sowie autonome Phänomene (AP) vor.

## 5.3 Charakterisierung der Datenstruktur mittels der MCA

### 5.3.1 Definition der Dimensionen

Zur Ergebnisdarstellung der Multiplen Korrespondenzanalyse (MCA) wurden die Daten graphisch im Raum dargestellt. Abbildung 8 zeigt, dass gemäß dem empirischen Kaiser-Kriterium zwei Dimensionen optimal sind, wodurch 44,6% bis 59,9% der Varianz im Datensatz erklärt werden können.

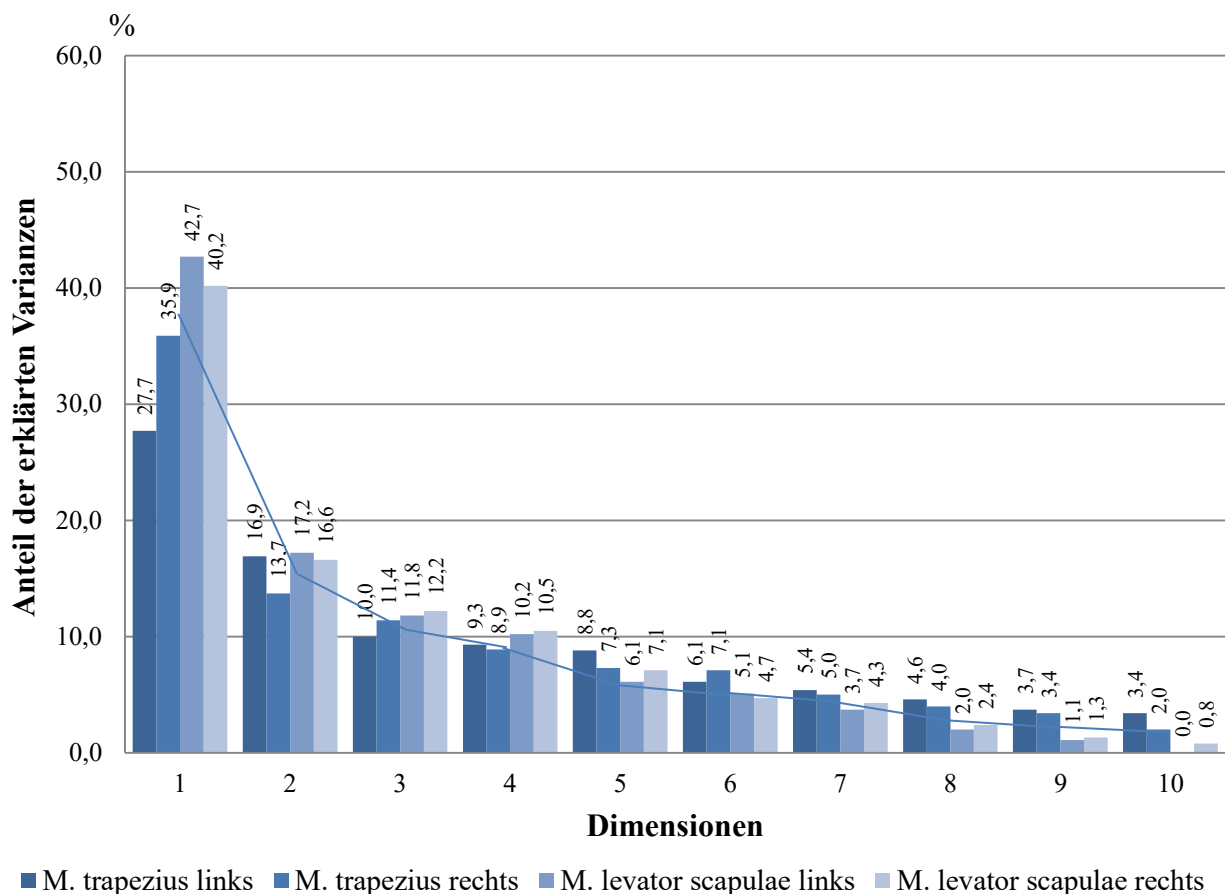


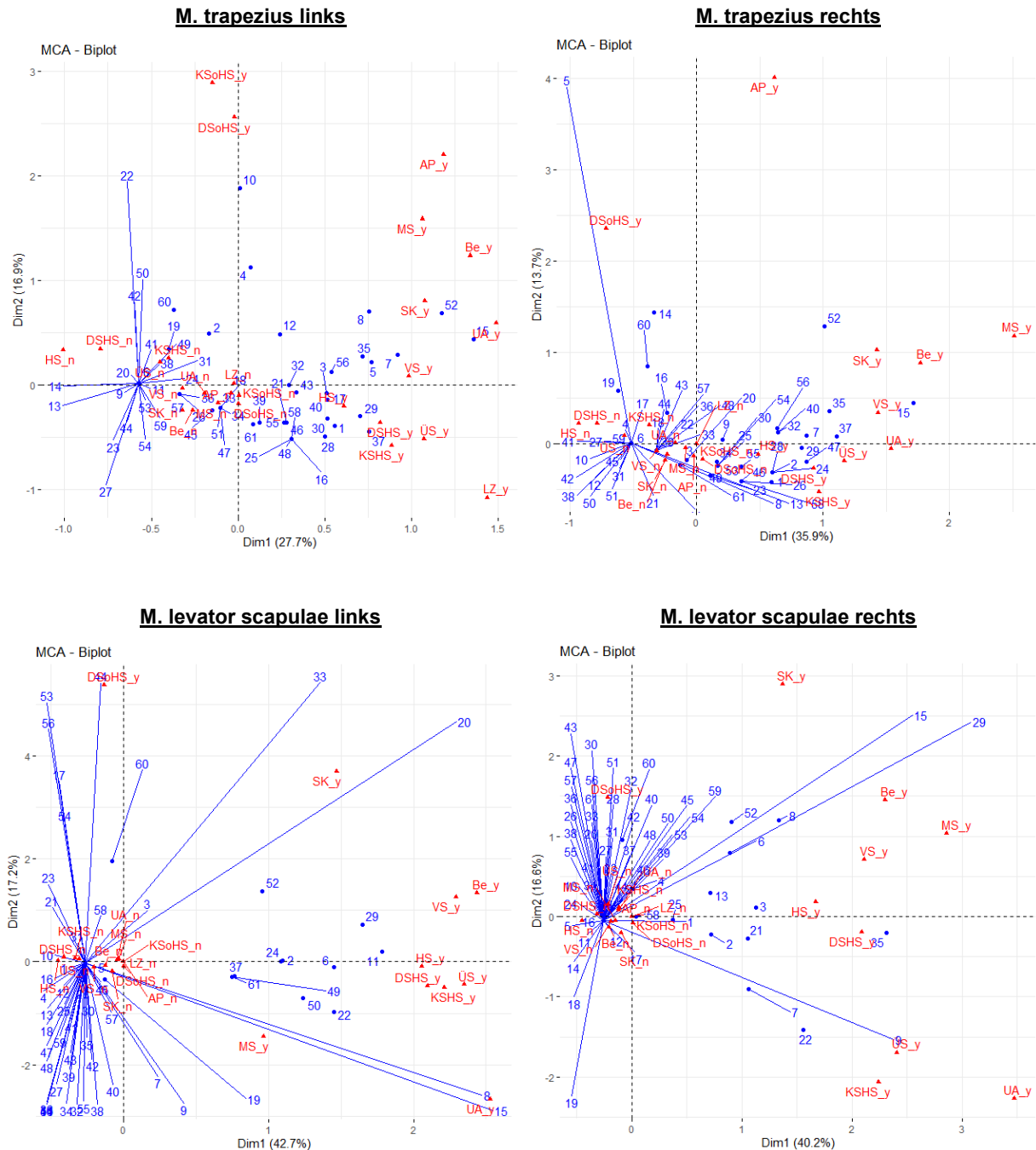
Abbildung 8: Anteil der pro Dimension erklärten Varianzen getrennt nach Muskeln

Die Biplots in Abbildung 9 stellen für jeden untersuchten Muskel die Anordnung der Diagnosekriterien (rot) sowie der Patienten (blau) auf den Dimensionen 1 und 2 dar.

Bei allen Muskeln liegen die Variablen für „Diagnosekriterium nicht vorhanden“ ( $_n$ ) zumeist näher am Ursprung und dichter beieinander als die Punkte für „Diagnosekriterium vorhanden“ ( $_y$ ). Dies bedeutet, dass bei den einzelnen Diagnosekriterien negativ-Befunde häufiger waren als positiv-Befunde (vgl. auch Tabelle 5), und dass letztere zudem eine höhere Variabilität ihrer Kombinationen innerhalb eines Patienten aufwiesen.

Dimension 1 (= horizontale Achse) teilt bei allen Muskeln die Patienten in diejenigen, bei welchen keines oder nur wenige Diagnosekriterien gefunden wurden, und diejenigen, bei

welchen viele Diagnosekriterien gefunden wurden, ein. Dimension 2 (= vertikale Achse) stellt die Unterschiede im Profil der Diagnosekriterien, also in der Ausprägung der Diagnosekriterien innerhalb eines Patienten, dar.



**Abbildung 9:** Biplots

MCA = Multiple Korrespondenzanalyse, Dim1 = Dimension 1, Dim2 = Dimension 2

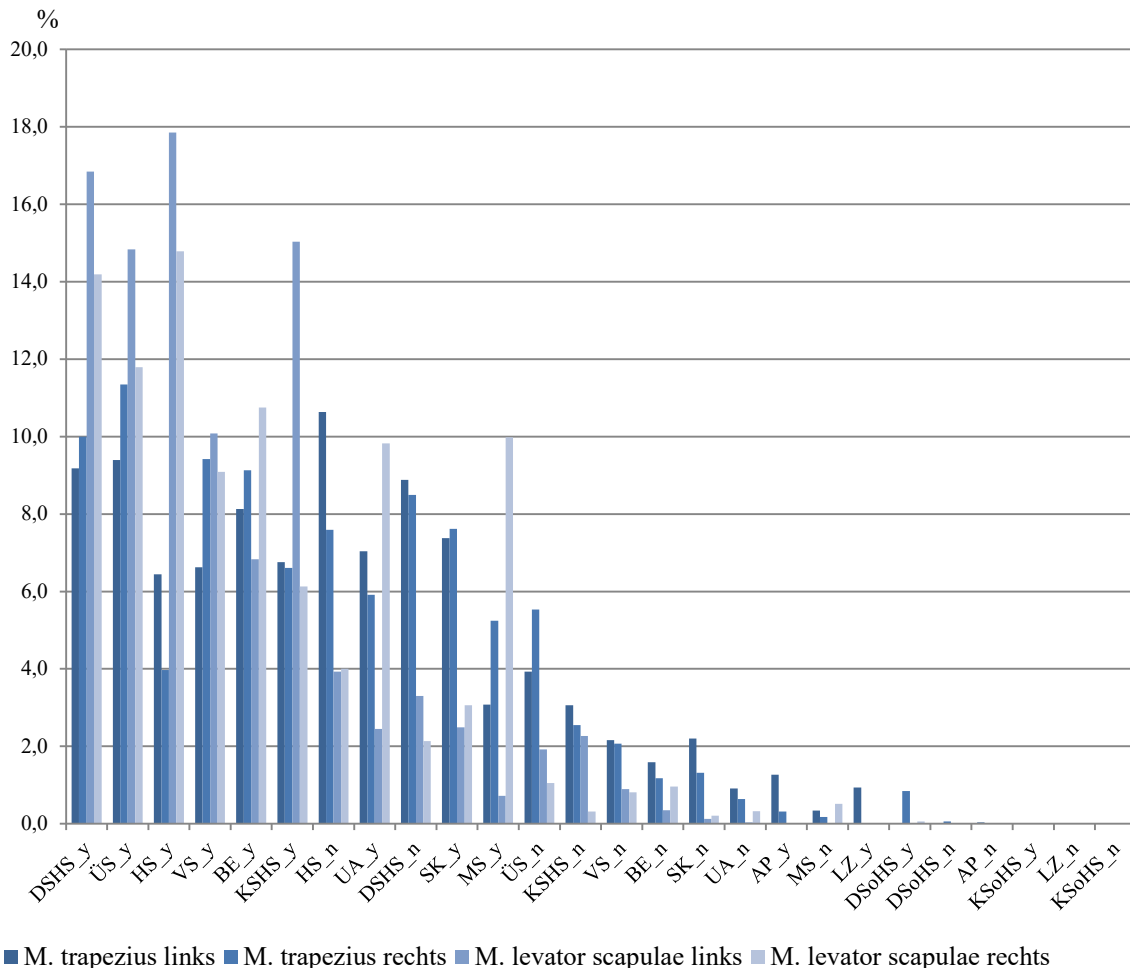
HS = Hartspannstrang, KSHS = Knötchenstruktur im Hartspannstrang, KSoHS = Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang, DSHS = Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, DSoHS = Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang, ÜS = Übertragungsschmerz, UA = Unwillkürliche Ausweichbewegung, LZ = Lokale Zuckungsreaktion, BE = Bewegungseinschränkung, MS = Muskelschwäche, SK = Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, AP = Lokale autonome Phänomene, VS = Symptomverschlechterung bei Stress

y = Diagnosekriterium vorhanden, n = Diagnosekriterium nicht vorhanden



### 5.3.2 Beitrag der Diagnosekriterien zur Definition der Dimensionen

Zur Definition der Dimensionen trugen nicht alle Diagnosekriterien in gleichem Maße bei. In ihrer Anwesenheit (= Diagnosekriterium war vorhanden, y) und Abwesenheit (= Diagnosekriterium war nicht vorhanden, n) definierten die Diagnosekriterien die Dimensionen 1 (Abbildung 10) wie folgt:

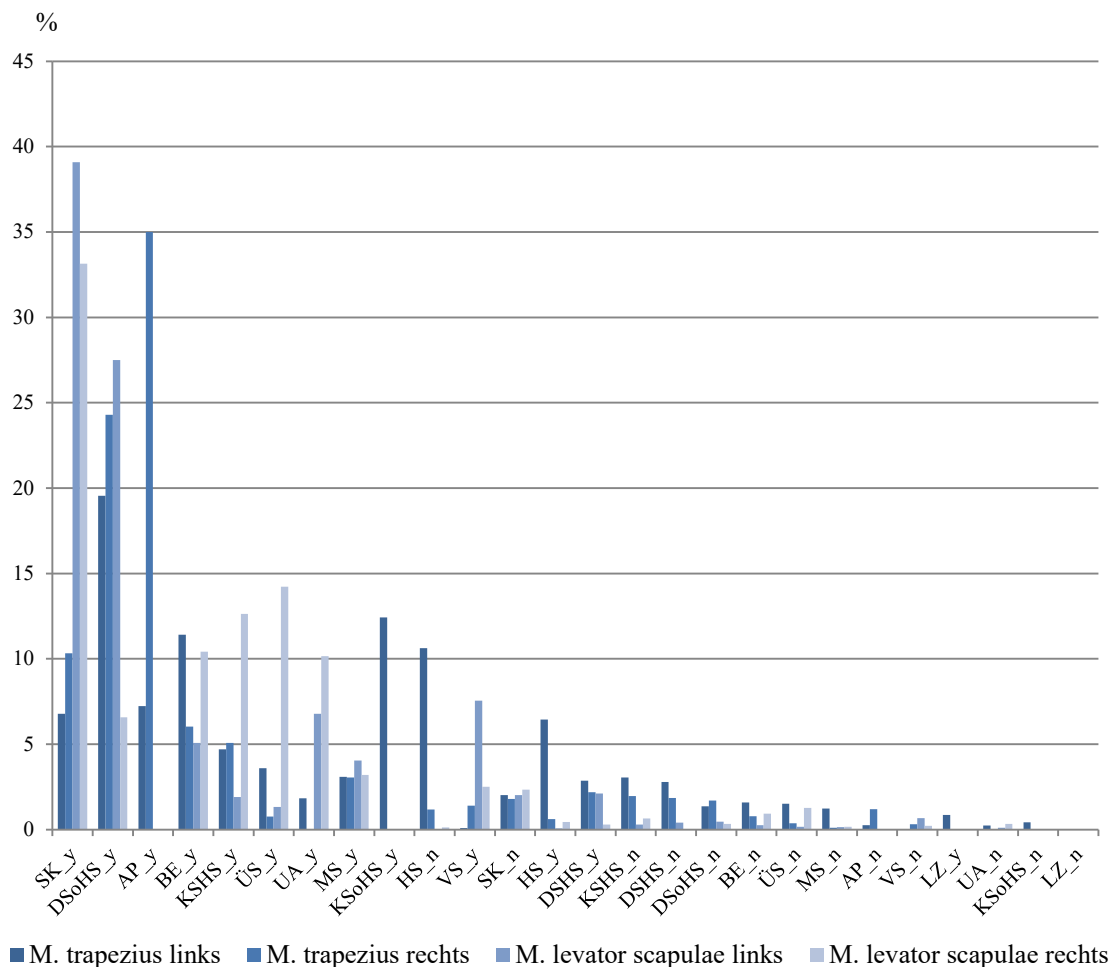


**Abbildung 10:** Beitrag der Variablen (in %) zu Dimension 1

HS = Hartspannstrang, KSHS = Knötchenstruktur im Hartspannstrang, KSoHS = Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang, DSHS = Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, DSoHS = Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang, ÜS = Übertragungsschmerz, UA = Unwillkürliche Ausweichbewegung, LZ = Lokale Zuckungsreaktion, BE = Bewegungseinschränkung, MS = Muskelschwäche, SK = Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, AP = Lokale autonome Phänomene, VS = Symptomverschlechterung bei Stress  
y = vorhanden, n = nicht vorhanden

Für die Dimension 1 spielten vor allem das Vorhandensein eines Hartspannstranges (HS\_y), eines Druckschmerzpunktes in einem Hartspannstrang (DSHS\_y) sowie die Auslösbarkeit eines Übertragungsschmerzes (ÜS\_y) eine Rolle. Für die Definition der Dimension 1 waren diese drei Diagnosekriterien im M. levator scapulae jeweils wichtiger als im M. trapezius, wobei dieser Unterschied für den Hartspannstrang am größten war.

Weniger eindeutig interpretieren ließen sich die Diagnosekriterien in ihrem Beitrag zur Definition von Dimension 2 (Abbildung 11):

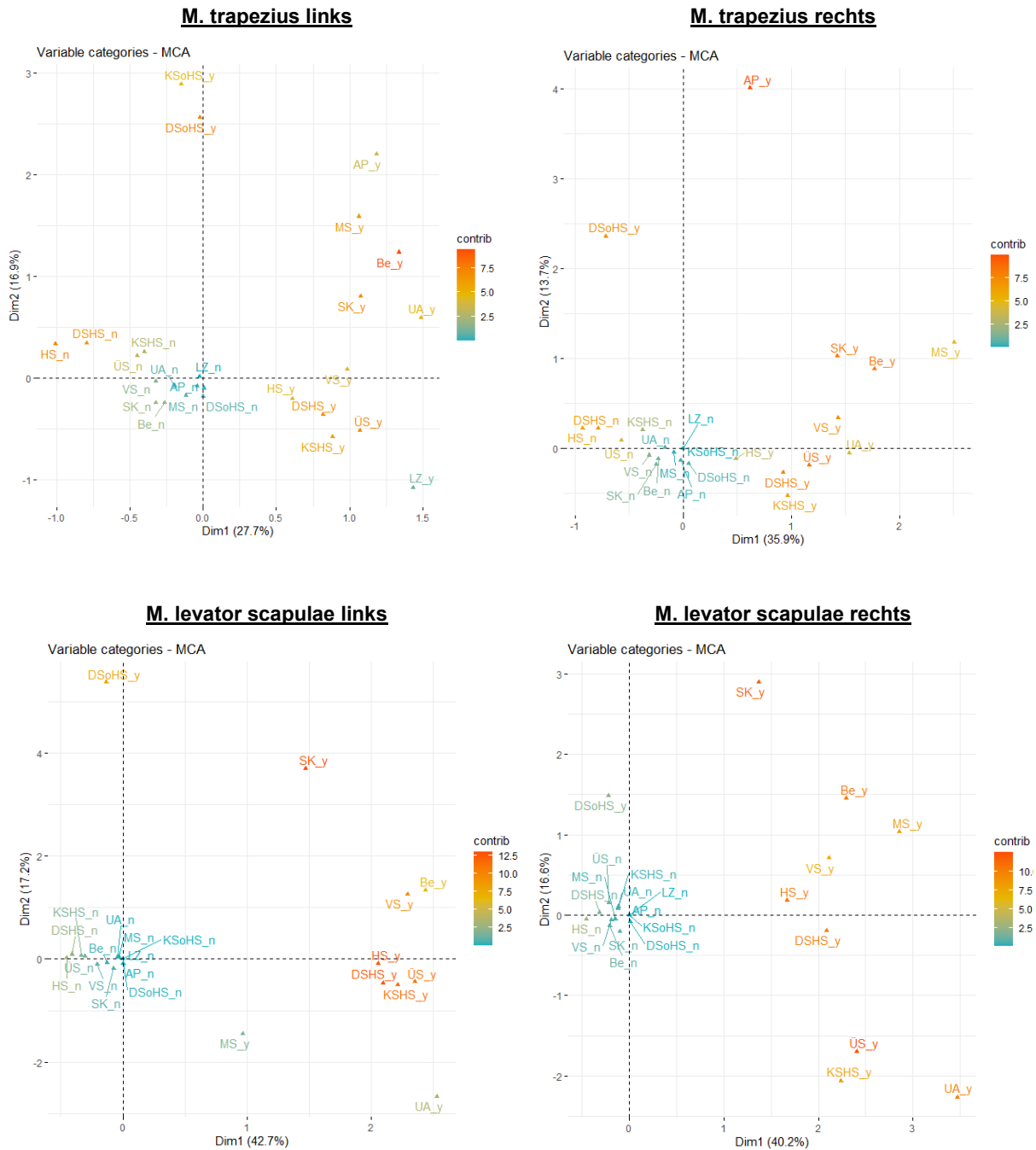


**Abbildung 11:** Beitrag der Variablen (in %) zu Dimension 2

HS = Hartspannstrang, KSHS = Knötchenstruktur im Hartspannstrang, KSoHS = Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang, DSHS = Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, DSoHS = Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang, ÜS = Übertragungsschmerz, UA = Unwillkürliche Ausweichbewegung, LZ = Lokale Zuckungsreaktion, BE = Bewegungseinschränkung, MS = Muskelschwäche, SK = Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, AP = Lokale autonome Phänomene, VS = Symptomverschlechterung bei Stress  
y = vorhanden, n = nicht vorhanden

Für die Dimension 2 spielten für MTrP vermehrt untypische Befunde wie das Vorhandensein eines Druckschmerzes ohne Hartspannstrang (DSoHS\_y), für den M. levator scapulae Schmerzen bei kräftiger Kontraktion (SK\_y) und für den M. trapezius lokale autonome Phänomene (AP\_y) eine Rolle.

Wie die Biplots auf Abbildung 9 stellt Abbildung 12 die Diagnosekriterien auf den Dimensionen 1 und 2 dar, wobei die Diagnosekriterien hier zudem gemäß ihrem Beitrag zur Definition der Dimensionen 1 und 2 von türkis (geringer Beitrag) bis rot (starker Beitrag) eingefärbt wurden.



**Abbildung 12:** Einföhrung der Diagnosekriterien nach ihrem Beitrag zur Definition der Dimensionen 1 und 2  
MCA = Multiple Korrespondenzanalyse, Dim1 = Dimension 1, Dim2 = Dimension 2  
HS = Hartspannstrang, KSHS = Knöthenstruktur im Hartspannstrang, KSoHS = Knöthenstruktur ohne Hartspannstrang,  
DSHS = Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, DSoHS = Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang, ÜS = Übertra-  
gungsschmerz, UA = Unwillkürliche Ausweichbewegung, LZ = Lokale Zuckungsreaktion, BE = Bewegungseinschränkung,  
MS = Muskelschwäche, SK = Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, AP = Lokale autonome Phänomene, VS = Symptomver-  
schlechterung bei Stress  
y = Diagnosekriterium vorhanden, n = Diagnosekriterium nicht vorhanden

Die klassischen Diagnosekriterien Hartspannstrang (HS), Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang (DSHS), Knötchenstruktur im Hartspannstrang (KHSH) sowie Übertragungsschmerz (ÜS) trugen in ihrer Anwesenheit (y) und im M. trapezius mehr als im M. levator scapulae auch in ihrer Abwesenheit (n) maßgeblich zur Definition der Dimensionen 1 und 2 bei, stellten dabei jedoch am ehesten die beiden Extreme der Dimension 1 dar. Der Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang (DSoHS) leiste ebenfalls seinen Beitrag, diesen allerdings vor allem auf Dimension 2. Bei den ergänzenden Diagnosekriterien trugen für die Kombination aus Dimension 1 und 2 vor allem die Bewegungseinschränkung (BE) und Schmerzen bei kräftiger Kontraktion (SK) bei. Diese Diagnosekriterien spielten auf beiden Dimensionen eine Rolle.

### 5.3.4 Korrelation der Diagnosekriterien mit den Dimensionen

Abbildung 13 bis Abbildung 16 zeigen die Korrelation der einzelnen Diagnosekriterien mit den Dimensionen 1 und 2. Ergänzende Variablen, die nicht in die Berechnung der MCA einfließen, aber dennoch erhoben und mit den Dimensionen korreliert wurden, sind grün dargestellt.

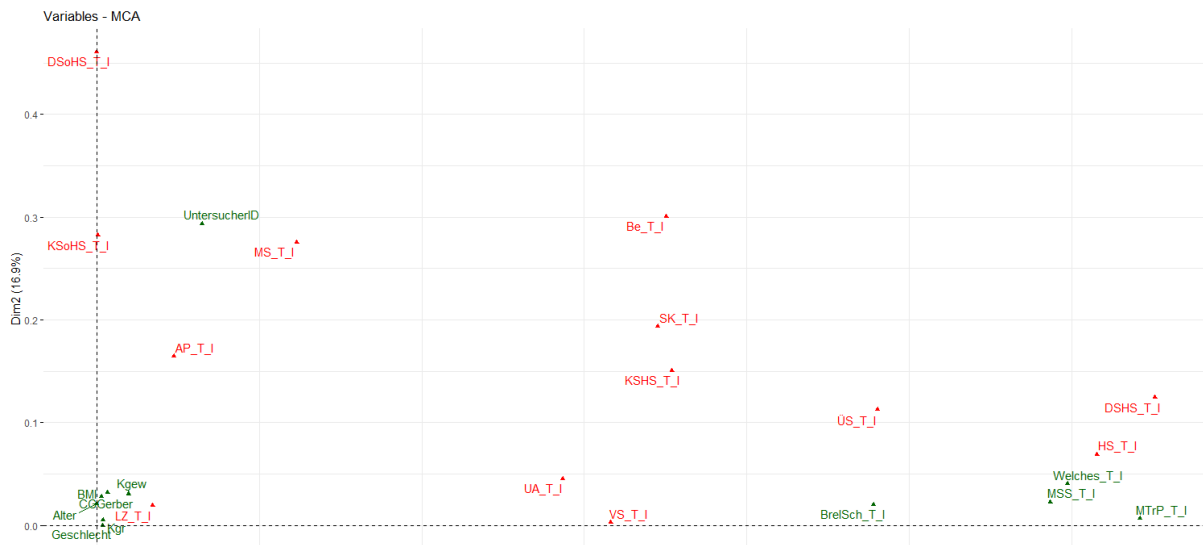


Abbildung 13: Korrelation der Diagnosekriterien und Supplementaries des M. trapezius links mit den Dimensionen 1 und 2

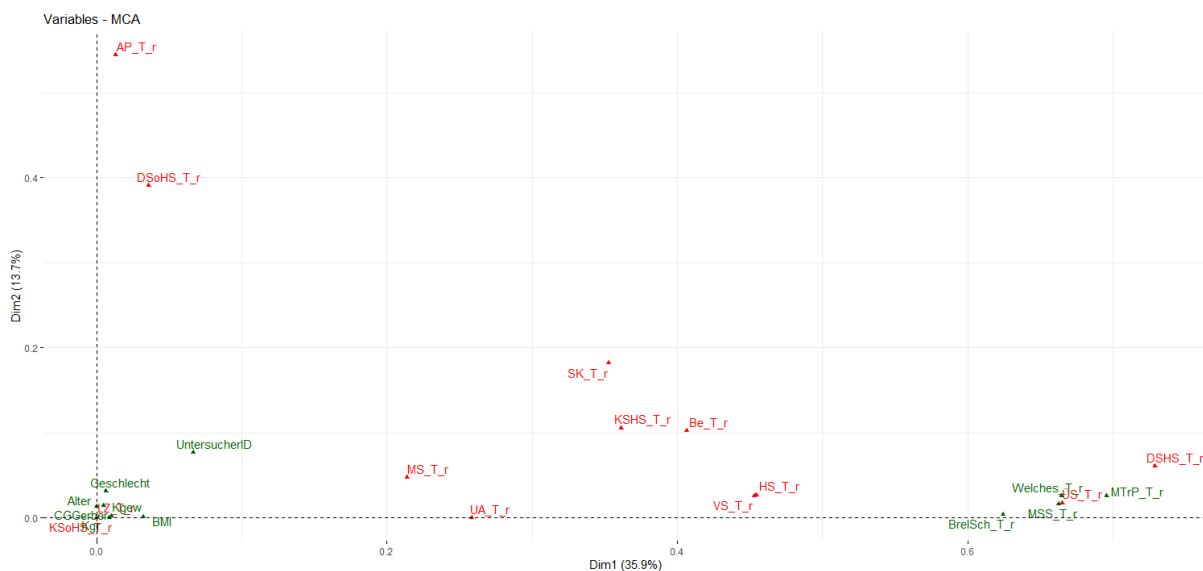


Abbildung 14: Korrelation der Diagnosekriterien und Supplementaries des M. trapezius rechts mit den Dimensionen 1 und 2

**Legende** (Abbildung 13 und Abbildung 14):

MCA = Multiple Korrespondenzanalyse, Dim1 = Dimension 1, Dim2 = Dimension 2

HS = Hartspannstrang, KSHS = Knötchenstruktur im Hartspannstrang, KSoHS = Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang, DSHS = Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, DSoHS = Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang, ÜS = Übertragungsschmerz, UA = Unwillkürliche Ausweichbewegung, LZ = Lokale Zuckungsreaktion, BE = Bewegungseinschränkung, MS = Muskelschwäche, SK = Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, AP = Lokale autonome Phänomene, VS = Symptomverschlechterung bei Stress

Kgr = Körpergröße, Kgew = Körpergewicht, BMI = Body-Mass-Index, CGGerber = Chronifizierungsgrad nach Gerbershagen, UntersucherID = Untersucher-Identifikationsnummer, MTrP = myofaszialer Triggerpunkt, MSS = myofasiales Schmerzsyndrom, Welches = Welches myofasiale Schmerzsyndrom, BrelSch = Befund relevant für das Schmerzgeschehen  
T = M. trapezius, l = links, r = rechts



Da die MCA die Dimensionen auf Basis der Diagnosekriterien berechnete, ähnelt die Korrelation der Diagnosekriterien mit den Dimensionen dem Beitrag der Diagnosekriterien zu den Dimensionen (vgl. Abbildung 10 bis Abbildung 12). Ausgeschlossen sind hiervon die zusätzlichen Variablen (grün), welche nicht in die Berechnung der MCA einfließen. Für diese wurden deshalb Korrelationskoeffizienten berechnet und signifikante Ergebnisse in Tabelle 10 dargestellt.

**Tabelle 10:** Korrelationskoeffizienten (R2) der zusätzlichen Variablen mit den jeweiligen Muskeln

	<b>M. trapezius</b>		<b>M. levator scapulae</b>	
	<b>links</b>	<b>rechts</b>	<b>links</b>	<b>rechts</b>
<b>Dimension 1</b>				
MTrP	0,642**	0,696**	0,930**	0,663**
MSS	0,587**	0,663**	0,891**	0,709**
Welches	0,597**	0,665**	0,926**	0,777**
BrelSch	0,478**	0,624**	0,751**	0,538**
<b>Dimension 2</b>				
Untersucher ID	0,293**	–	–	–
<b>Keine Korrelation</b>				
Alter	–	–	–	–
Geschlecht	–	–	–	–
Körpergröße	–	–	–	–
Körpergewicht	–	–	–	–
Body-Mass-Index	–	–	–	–
Chronifizierungsgrad	–	–	–	–

\*\* =  $p < 0,01$

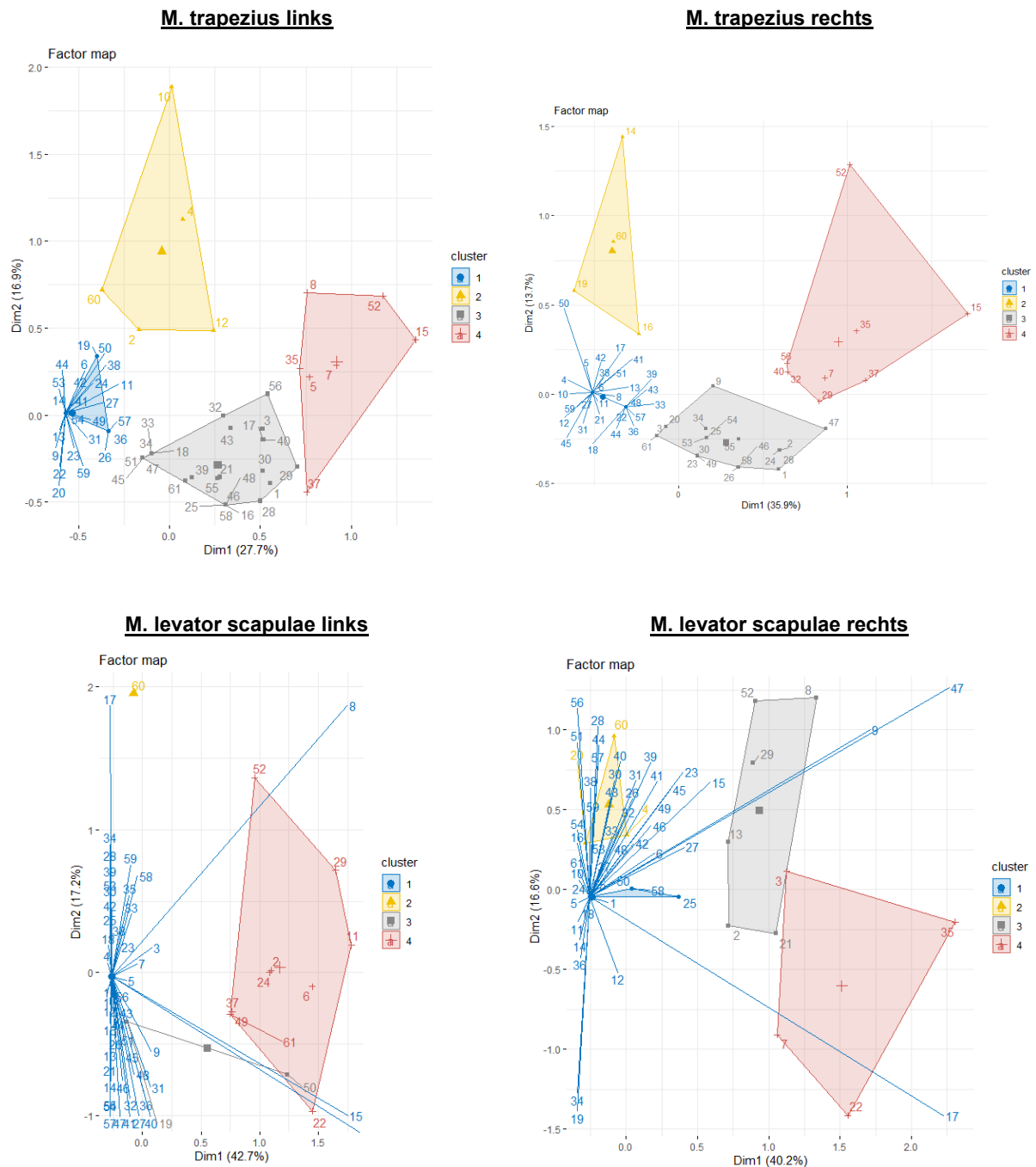
In allen Muskeln korrelierten die Diagnosekriterien Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang (DSHS) und Hartspannstrang (HS) mit Dimension 1, sowie weitgehend die Variablen Übertragungsschmerz (Üb) und Verschlechterung bei Stress (VS). Zudem korrelierte mit Dimension 1, ob ein myofaszialer Triggerpunkt (MTrP) oder ein myofasiales Schmerzsyndrom (MSS) vorlag und, falls ja, welches myofasiale Schmerzsyndrom (Welches) bestand, und ob der Befund relevant für das Schmerzgeschehen (BrelSch) war. Die Korrelation der zusätzlichen Variablen mit Dimension 1 war jeweils signifikant mit  $p < 0,01$ .

Nahezu ausschließlich mit Dimension 2 korrelierten die Diagnosekriterien Druckschmerz ohne Hartspannstrang (DSoHS) und, sofern vorhanden, Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang (KSoHS) sowie lokale autonome Phänomene (AP). Von den zusätzlichen Variablen korrelierte mit Dimension 2 einzig die Untersucher-Identifikationsnummer (UntersucherID), wobei dieser Zusammenhang nur im M. trapezius rechts signifikant ( $p < 0,01$ ) war.

Die zusätzlichen Variablen Alter, Body-Mass-Index (BMI), Körpergröße (Kgr) und Körpergewicht (Kgew), Geschlecht und Chronifizierungskoeffizient nach Gerbershagen (CGGerber) korrelierten mit keiner der beiden Dimensionen vermehrt.

### 5.3.5 Einteilung der Patienten in Cluster

Aufbauend auf der MCA teilte eine hierarchische Clusteranalyse auf Basis der Hauptkomponenten (Husson et al., 2010) in einem zweiten Schritt die Patienten basierend auf ihrem Profil an Diagnosekriterien in Cluster ein. Abbildung 17 zeigt die einzelnen jeweils Cluster getrennt nach Muskeln und Körperseite.



**Abbildung 17:** Einteilung der Patienten in Cluster  
Dim1 = Dimension 1, Dim2 = Dimension 2



Zur Einteilung der Patienten in unterschiedliche Gruppen stellte sich für jeden Muskel und Körperseite eine Einteilung in vier verschiedene Cluster als optimal heraus.

Cluster 1 (blau) umfasst n=148 auffällige Stellen und beschreibt Patienten, bei welchen zumeist entweder kein Diagnosekriterium oder ein Hartspannstrang allein gefunden werden konnte. Einmalig trat auch eine Muskelschwäche allein und einmalig ein Hartspannstrang in Kombination mit einem Druckschmerzpunkt auf.

Cluster 2 (gelb) umfasst n=13 auffällige Stellen und beschreibt Patienten, welchen alle ein Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang und/oder eine Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang gemein war. Ungefähr die Hälfte der auffälligen Stellen (n = 6) wiesen zusätzlich einen Hartspannstrang, einmalig sogar mit Knötchenstruktur auf. Einige Patienten aus Cluster 2 hatten zudem ergänzende Diagnosekriterien, zumeist Schmerzen bei kräftiger Kontraktion.

Cluster 3 (grau) umfasst n=53 auffällige Stellen und beschreibt Patienten, die eine Kombination aus den klassischen Diagnosekriterien aufwiesen, wobei ein Hartspannstrang bis auf eine Ausnahme immer und ein Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang fast immer an der Kombination beteiligt waren, welche gegebenenfalls durch eine Knötchenstruktur im Hartspannstrang und/oder einen Übertragungsschmerz erweitert wurde. Ergänzende Diagnosekriterien waren hingegen nur wenige zu finden. Diese waren Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, Verschlechterung bei Stress, unwillkürliche Ausweichbewegung oder Bewegungseinschränkung. Ergänzende Diagnosekriterien traten fast immer allein, selten zu zweit und zweimal zu dritt auf.

Cluster 4 (rot) umfasst n=30 auffällige Stellen und beschreibt Patienten, bei denen ebenfalls eine Kombination aus den klassischen Diagnosekriterien wie in Cluster 3 gefunden wurde. In Cluster 4 wiesen die Patienten allerdings zudem mehrere der ergänzenden Diagnosekriterien (unwillkürliche Ausweichbewegung, lokale Zuckungsreaktion, Bewegungseinschränkung, Muskelschwäche, Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, lokale autonome Phänomene sowie Symptomverschlechterung bei Stress) auf.

Diese Zusammenhänge zeichneten sich im M. trapezius wesentlich deutlicher als im M. levator scapulae ab, da dort die Größe der einzelnen Cluster aufgrund der schon deutlich geringeren Stichprobengröße aus sehr wenigen, zum Teil nur ein bis drei Personen bestand. Die beschriebenen Tendenzen der Cluster-Charakteristika waren allerdings auch im M. leva-

tor scapulae zu erkennen. Eine detaillierte Übersicht der Diagnosekriterien pro Cluster sowie der klinischen Einschätzung zur Diagnose findet sich in Tabelle 11.

Diagnosekriterien	Cluster 1				Cluster 2				Cluster 3				Cluster 4			
	M. trapezius		M. levator scapulae		M. trapezius		M. levator scapulae		M. trapezius		M. levator scapulae		M. trapezius		M. levator scapulae	
	links n=24	rechts n=28	links n=48	rechts n=48	links n=5	rechts n=4	links n=1	rechts n=3	links n=25	rechts n=20	links n=2	rechts n=6	links n=7	rechts n=9	links n=10	rechts n=4
HS	3	9	-	2	3	2	-	1	25	20	1	6	7	9	10	4
KSHS	-	-	-	-	1	1	-	-	14	12	1	-	4	4	7	3
KSoHS	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DSHS	-	-	-	1	-	-	-	-	23	19	1	4	6	9	9	3
DSoHS	-	-	-	-	3	4	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-
ÜS	-	-	-	-	-	-	-	-	11	12	1	2	4	7	6	3
UA	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	4	3	1	2
LZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
BE	-	-	-	-	2	-	-	-	1	2	-	3	7	5	3	2
MS	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	1	4	2	-	2
SK	-	-	-	-	3	1	1	1	6	-	-	3	5	8	2	-
AP	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
VS	-	-	-	-	2	-	-	-	10	4	-	4	3	7	5	1
MTrP	-	-	-	2	2	-	-	-	19	15	1	5	7	9	10	3
MSS	-	-	-	-	1	-	-	-	15	13	1	4	6	9	9	3
BrelSch	-	-	-	-	3	1	1	1	17	15	-	4	5	9	10	3

**Tabelle 11:** Anzahl der Diagnosekriterien pro Cluster

HS = Hartspannstrang, KSHS = Knötchenstruktur im Hartspannstrang, KSoHS = Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang, DSHS = Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, DSoHS = Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang, ÜS = Übertragungsschmerz, UA = Unwillkürliche Ausweichbewegung, LZ = Lokale Zuckungsreaktion, BE = Bewegungseinschränkung, MS = Muskelschwäche, SK = Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, AP = Lokale autonome Phänomene, VS = Symptomverschlechterung bei Stress, MTrP = myofaszialer Triggerpunkt, MSS = myofasiales Schmerzsyndrom, BrelSch = Befund relevant für das Schmerzgeschehen

Tabelle 12 zeigt, wie häufig bestimmte Kombinationen aus klassischen Diagnosekriterien in den jeweiligen Clustern getrennt nach Muskel und Körperseite auftraten. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass für eine Zuteilung in Cluster 3 oder 4 mindestens ein Hartspannstrang (HS) sowie ein weiteres der klassischen Diagnosekriterien Knötchenstruktur im Hartspannstrang (KSHS), Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang (DSHS) oder Übertragungsschmerz (ÜS) vorhanden sein mussten.

**Tabelle 12:** Anzahl der Kombinationen an klassischen Diagnosekriterien  
(schwarz = Diagnosekriterium vorhanden, ausgegraut = Diagnosekriterium nicht vorhanden)

Muskel	Cluster	Kombination der Diagnosekriterien										Gesamt (n)	
		HS DSHS KSHS ÜS	HS DSHS KSHS ÜS	HS DSHS KSHS ÜS	HS DSHS KSHS ÜS	HS DSHS KSHS ÜS	HS DSHS KSHS ÜS	HS DSHS KSHS ÜS	HS DSHS KSHS ÜS	HS DSHS KSHS ÜS	HS DSHS KSHS ÜS		
<i>M. trapezius</i>	<i>links</i>	1	21	3	-	-	-	-	-	-	-	-	24
		2	2	2	-	-	1	-	-	-	-	-	5
		3	-	-	8	-	1	3	3	1	9	-	25
		4	-	-	1	-	-	2	1	-	3	-	7
	<i>rechts</i>	1	19	9	-	-	-	-	-	-	-	-	28
		2	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	4
		3	-	-	4	-	1	4	3	-	8	-	20
		4	-	-	1	-	-	4	-	-	4	-	9
<i>M. levator scapulae</i>	<i>links</i>	1	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48
		2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		3	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
		4	-	1	-	-	-	2	3	-	4	-	10
	<i>rechts</i>	1	46	1	1	-	-	-	-	-	-	-	48
		2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3
		3	-	1	3	1	-	1	-	-	-	-	6
		4	-	-	-	-	1	1	-	-	2	-	4

HS = Hartspannstrang, KSHS = Knötchenstruktur im Hartspannstrang, DSHS = Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, ÜS = Übertragungsschmerz

Tabelle 13 listet die Anzahl der auffälligen Stellen getrennt nach Cluster und Untersucher auf. Insgesamt war bei allen Untersuchern Cluster 1 am häufigsten vertreten, gefolgt von Cluster 3, Cluster 4 und zuletzt Cluster 2. Je mehr Patienten und damit je mehr auffällige Stellen ein Untersucher untersuchte, desto eher waren alle Cluster pro Untersucher vertreten.

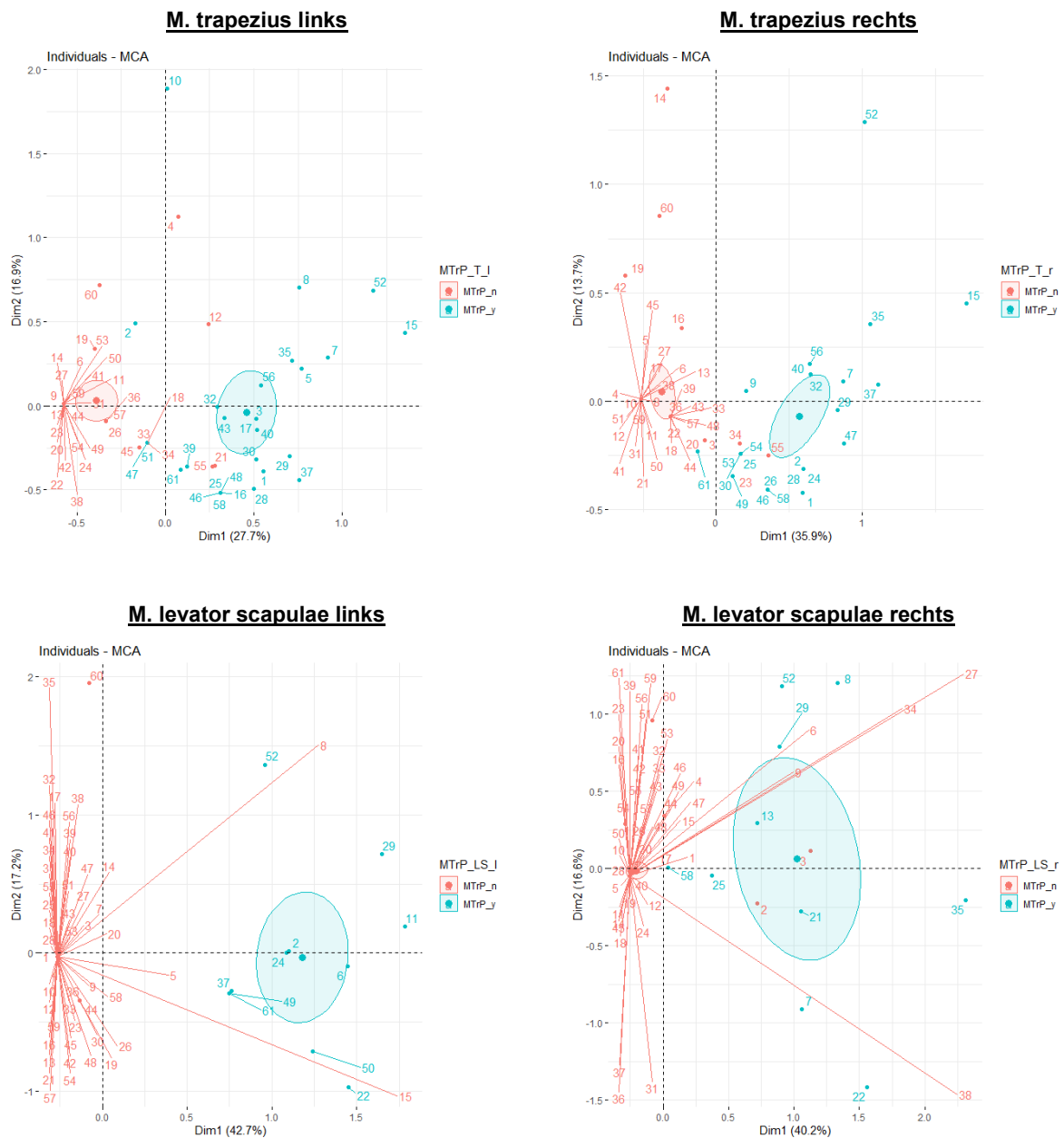
Untersucher	Cluster 1				Cluster 2				Cluster 3				Cluster 4				Gesamt
	<i>M. trapezius</i>		<i>M. levator scapulae</i>		<i>M. trapezius</i>		<i>M. levator scapulae</i>		<i>M. trapezius</i>		<i>M. levator scapulae</i>		<i>M. trapezius</i>		<i>M. levator scapulae</i>		
	<i>l.</i>	<i>r.</i>	<i>l.</i>	<i>r.</i>	<i>l.</i>	<i>r.</i>	<i>l.</i>	<i>r.</i>	<i>l.</i>	<i>r.</i>	<i>l.</i>	<i>r.</i>	<i>l.</i>	<i>r.</i>	<i>l.</i>	<i>r.</i>	
1	7	6	11	16	1	2	-	-	8	7	1	-	1	2	5	1	68
2	4	4	10	9	1	-	-	1	7	7	-	3	1	2	3	-	52
3	1	4	5	3	2	-	-	1	1	1	-	-	2	1	1	2	24
4	1	1	2	1	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	8
5	11	13	20	19	1	2	1	1	9	4	1	2	2	4	1	1	92

**Tabelle 13:** Anzahl der auffälligen Stellen getrennt nach Clustern und Untersucher

*l.* = links, *r.* = rechts

### 5.3.2 Einteilung nach Einschätzung des Untersuchers

Die klinische Einschätzung der Untersucher, ob bei den Patienten ein MTrP, ein MSS oder ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund vorlag, zeigen Abbildung 18 bis Abbildung 20. Hierfür wurden die Ergebnisse der Patienten danach eingefärbt, ob die Diagnose eines MTrP, eines MSS oder eines für das Schmerzgeschehen relevanten Befundes nach Meinung des Untersuchers auf die Patienten zutraf (hellblau) oder nicht (hellrot). Eine Ellipse zeigt das Konfidenzintervall um den jeweiligen Mittelpunkt der Gruppen an.



**Abbildung 18:** Patienten mit und ohne MTrP  
MCA = Multiple Korrespondenzanalyse, Dim1 = Dimension 1, Dim2 = Dimension 2  
MTrP = Myofaszialer Triggerpunkt, T = Musculus trapezius, LS = Musculus levator scapulae  
l = links, r = rechts  
n = nicht vorhanden, y = vorhanden

Ähnlich fielen die Ergebnisse der Darstellungen auf Abbildung 19 aus, welche die Patienten, bei denen nach Meinung des Untersuchers ein MSS vorlag (MSS\_y, hellblau), im Vergleich zu jenen, bei denen kein MSS vorlag (MSS\_n, hellrot), zeigen.



**Abbildung 19:** Patienten mit und ohne MSS

MCA = Multiple Korrespondenzanalyse, Dim1 = Dimension 1, Dim2 = Dimension 2

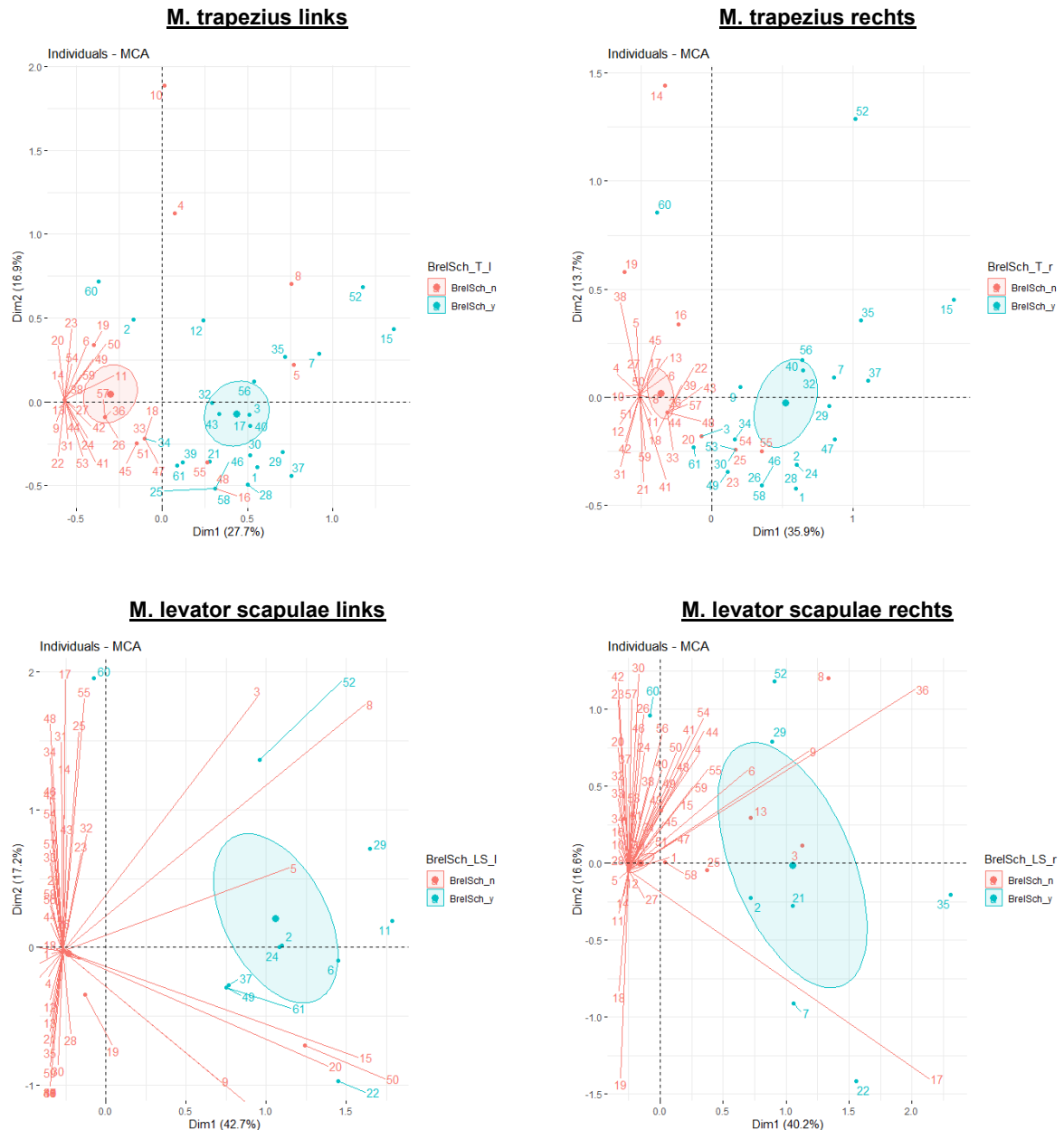
MSS = Myofasiales Schmerzsyndrom, T = Musculus trapezius, LS = Musculus levator scapulae

l = links, r = rechts

n = nicht vorhanden, y = vorhanden

Vergleicht man die Clustereinteilung von Abbildung 17 mit den Abbildungen 18 und 19, so wird die Diagnose eines MTRP sowie eines MSS vor allem bei Patienten aus Cluster 3 und 4, weniger jedoch aus Cluster 2 und so gut wie gar nicht aus Cluster 1 gestellt. Eine Diagnosestellung war umso wahrscheinlicher, je höher die Clusterzuordnung ausfiel.

Die Darstellungen der Patienten, bei welchen nach Meinung der Untersucher der Befund als für das Schmerzgeschehen relevant einzuordnen war (BrelSch\_y, hellblau), im Vergleich zu jenen, bei denen dies nicht der Fall war (BrelSch\_n, hellrot), zeigen sich in Abbildung 20.



**Abbildung 20:** Patienten mit und ohne einem für das Schmerzgeschehen relevantem Befund  
MCA = Multiple Korrespondenzanalyse, Dim1 = Dimension 1, Dim2 = Dimension 2  
BrelSch = für das Schmerzgeschehen relevanter Befund, T = Musculus trapezius, LS = Musculus levator scapulae  
l = links, r = rechts  
n = nicht vorhanden, y = vorhanden

Beim Vergleich der Clustereinteilung von Abbildung 17 mit Abbildung 20 wird auch ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund eher bei Patienten aus Cluster 3 und Cluster 4, jedoch weniger bei Patienten aus Cluster 1 und 2 festgestellt. Auch diese Diagnosestellung war umso wahrscheinlicher, je höher die Clustereinteilung ausfiel.

Dieser Zusammenhang zeigte sich in absoluten sowie relativen Zahlen bereits in Tabelle 11 (siehe S. 66). Dort wurde in Cluster 1 ein MTrP nur bei zwei auffälligen Stellen (1,4%) festgestellt. Ein MSS sowie ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund trat in dieser Gruppe nicht auf. Ebenso war auch in Cluster 2 ein MTrP nur bei zwei auffälligen Stellen (15,4%) feststellbar. Ein MSS lag nach Untersuchermeinung einmalig (7,7%) vor, ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund hingegen bei fast der Hälfte der Fälle (46,2%). In Cluster 3 waren die Untersucher bei 75,5% der auffälligen Stellen der Meinung, dass hier ein MTrP vorlag. Die Diagnose eines MSS wurde zu 62,3% vergeben, ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund lag zu 67,9% vor. In Cluster 4 schließlich wurden fast alle auffälligen Stellen (96,7%) nach klinischer Einschätzung als MTrP bezeichnet. Ein MSS lag nach Untersuchermeinung zu 90,0% vor, ebenso ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund.



## 6 Diskussion

### 6.1 Relevanz der Diagnosekriterien

In der vorliegenden Arbeit zeigte sich, dass Patienten auf der Basis der Diagnosekriterien in unterschiedliche Gruppen eingeteilt werden können. Zudem zeichnete sich ab, welche Kombination von Diagnosekriterien der klinischen Einschätzung eines MTrP zugrunde liegen könnte.

#### *6.1.1 Festlegung eines diagnostischen Sets für MTrP*

Auf Basis der Diagnosekriterien ergaben sich aus der Multiplen Korrespondenzanalyse (MCA) vier sinnvoll voneinander unterscheidbare Patientengruppen (Cluster). Bei Patienten der ersten Gruppe (Cluster 1) war bei der Untersuchung in der Regel kein Diagnosekriterium oder ausschließlich ein Hartspannstrang allein zu finden. In Gruppe zwei (Cluster 2) wiesen alle Patienten einen Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang und/oder eine Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang sowie vereinzelt ergänzende Diagnosekriterien, zumeist Schmerzen bei kräftiger Kontraktion auf. In der dritten Gruppe (Cluster 3) hatten die Patienten bis auf eine Ausnahme immer einen Hartspannstrang plus mindestens ein weiteres klassisches Diagnosekriterium (zumeist Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, seltener Knötchenstruktur im Hartspannstrang und/oder Übertragungsschmerz), jedoch kaum ergänzende Diagnosekriterien. In Gruppe vier (Cluster 4) wiesen die Patienten sowohl eine Kombination aus drei oder vier der klassischen Diagnosekriterien als auch mehrere ergänzende Diagnosekriterien auf.

Für eine Zuteilung zu Cluster 3 oder 4 ergab sich aus der MCA ein Hartspannstrang in Kombination mit mindestens einem weiteren der klassischen Diagnosekriterien. Umgekehrt führte ein Hartspannstrang allein (Cluster 1) ebenso wie ein Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang und eine Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang (Cluster 2) zu einer anderen Clustereinteilung. Von den weiteren klassischen Diagnosekriterien lieferte den größten Beitrag zu Dimension 1 der Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang sowie der Übertragungsschmerz. Der Beitrag der Knötchenstruktur im Hartspannstrang für die Definition von Dimension 1 fiel etwas geringer aus (vgl. Abbildung 12). Ergänzende Diagnosekriterien waren im Vergleich zu den klassischen Diagnosekriterien in ihrem Beitrag zur Definition von Dimension 1 eher nachrangig, allerdings gaben sie den Ausschlag für die Unterscheidung zwischen Cluster 3 und 4. Während bei Patienten in Cluster 3 vor allem klassische Diagnosekriterien vorhanden waren, bildeten Patienten mit sowohl klassischen als auch ergänzenden Diagnosekriterien Cluster 4 und lagen auf Dimension 1 weiter rechts.

Die Cluster besitzen dabei auch eine klinische Relevanz. Vergleicht man die Einteilung der Patienten nach der klinischen Einschätzung (vgl. Abbildung 18 bis Abbildung 20) mit der Einteilung der Patienten in Cluster, so erhielten Patienten aus Cluster 1 eher keine Diagnose. Patienten aus Cluster 2 hatten nach klinischer Einschätzung häufig einen für das Schmerzgeschehen relevanten Befund, wiesen jedoch nach Untersuchereinschätzung keinen MTrP und kein MSS auf, wohingegen bei Patienten aus Cluster 3 vermehrt und in Cluster 4 fast sicher sowohl ein MTrP, ein MSS als auch ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund festgestellt wurde.

Bei Betrachtung der Lage der Cluster innerhalb der Dimensionen der MCA unterschied Dimension 1 zwischen dem Vorkommen und nicht Vorkommen von Diagnosekriterien. Dimension 1 trennte Cluster 1/2 von Cluster 3 und Cluster 4. Je weiter rechts das Cluster auf Dimension 1 lag, desto mehr Diagnosekriterien waren vorhanden. Dimension 2 hingegen trennte vorhandene Diagnosekriterien weiter auf. Auf dieser Dimension wurden vor allem Cluster 1 (keine Diagnosekriterien vorhanden) von Cluster 2 (wenig spezifische Diagnosekriterien vorhanden) voneinander unterschieden.

Es gab verschiedene Arten von Diagnosekriterien. Einige kamen insgesamt zwar häufig vor, waren jedoch nicht automatisch mit der Feststellung eines MTrP, eines MSS oder eines für das Schmerzgeschehen relevanten Befundes assoziiert. Dies galt besonders für den Hartspannstrang, welcher signifikant häufiger bei Patienten auftrat, bei denen der Untersucher ein MTrP, ein MSS bzw. ein für das Schmerzgeschehen relevanten Befund festgestellt hatte. Seine Abwesenheit hingegen war fast ausschließlich mit keiner Diagnosestellung verbunden, weshalb er dennoch als signifikantes Diagnosekriterium für die klinische Einschätzung galt, ob ein MTrP, MSS oder ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund festgestellt wurde. Andere Diagnosekriterien waren hingegen eher selten, führten jedoch fast ausschließlich dazu, dass nach klinischer Einschätzung ein MTrP, MSS oder ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund festgestellt wurde. Dies galt insbesondere für den Übertragungsschmerz sowie die unwillkürliche Ausweichbewegung. Beim Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang hingegen sprach die Anwesenheit eher für und die Abwesenheit eher gegen die Feststellung eines MTrP, MSS oder eines für das Schmerzgeschehen relevanten Befundes.

Ein Hartspannstrang kam somit bei den Patienten der vorliegenden Studie zwar häufig vor, war jedoch ohne das Auftreten weiterer Diagnosekriterien nicht relevant für die klinische Einschätzung eines MTrP (entspricht Cluster 1). Gleichzeitig ging nahezu allen weiteren Diagnosekriterien, die zur klinischen Einschätzung eines MTrP führten, ein Hartspannstrang voraus.

Umgekehrt führte ein Druckschmerz ohne Hartspannstrang ebenso wie eine Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang eher nicht zur Diagnosestellung, auch wenn ggf. vereinzelt ergänzende Diagnosekriterien wie Schmerzen bei kräftiger Kontraktion, Bewegungseinschränkung, autonome Phänomene, Verschlechterung bei Stress oder Muskelschwäche auftraten und der Befund somit durchaus als relevant für das Schmerzgeschehen eingeschätzt wurde (entspricht Cluster 2). Der Hartspannstrang kann somit als notwendiges, jedoch nicht hinreichendes Diagnosekriterium bezeichnet werden. In der vorliegenden Studie benötigten Kliniker für die Feststellung eines MTrP zusätzlich mindestens ein weiteres der klassischen Diagnosekriterien Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, Knötchenstruktur im Hartspannstrang oder Übertragungsschmerz (entspricht Cluster 3). Das Auftreten der ergänzenden Diagnosekriterien machte eine Diagnosestellung noch wahrscheinlicher (entspricht Cluster 4). So erhielten im M. trapezius die meisten Patienten aus Cluster 3, jedoch alle Patienten aus Cluster 4 die Diagnose eines MTrP und fast alle die Diagnose eines MSS sowie eines für das Schmerzgeschehen relevanten Befundes.

### *6.1.2 Vergleich mit einem Expertenkonsens*

Der Konsens einer Expertenumfrage von Fernández-de-las-Peñas und Dommerholt (2018) definierte die drei Diagnosekriterien Hartspannstrang, Druckschmerzpunkt sowie Übertragungsschmerz als wesentlich für die Diagnose eines MTrP, wobei für die Diagnosestellung mindestens zwei der drei Kriterien vorhanden sein sollten. In den Ergebnissen der vorliegenden Studie findet sich dieser Konsens wieder. Auch hier lieferten die klassischen Diagnosekriterien Hartspannstrang, Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang sowie Übertragungsschmerz den größten Beitrag für die Definition von Dimension 1 und trugen signifikant zu der Unterscheidung bei, ob nach klinischer Einschätzung ein MTrP, ein MSS oder ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund vorlag. Damit sind die Diagnosekriterien Hartspannstrang, Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang sowie Übertragungsschmerz sowohl gemäß dem Expertenkonsens als auch gemäß der vorliegenden Studie zentrale Kriterien für die Diagnosestellung.

Allerdings deutete die vorliegende Studie darauf hin, dass der Hartspannstrang als wesentliches Diagnosekriterium erwogen werden sollte und somit eines der zwei Diagnosekriterien ausmachen müsste. Zudem wurde die Knötchenstruktur untersucht. Diese wurde in vorergehenden Übersichtsarbeiten zwar immer wieder von Studien als mögliches Diagnosekriterium erwähnt (Chiarotto et al., 2016; Licht, 2009; Rivers et al., 2015; Tough et al., 2007), als wesentlich allerdings entweder gar nicht (Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018) oder maximal von 20% der Experten (Rivers et al., 2015) beschrieben. In der vorliegenden Studie

wurde die Knötchenstruktur ähnlich wie der Übertragungsschmerz bei knapp der Hälfte der Patienten in mindestens einem der untersuchten Muskeln in der klinischen Untersuchung festgestellt. Die Knötchenstruktur lag hierbei fast immer in einem Hartspannstrang, eine Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang war insgesamt nur bei zwei Patienten zu finden. Dabei trat die Knötchenstruktur im Hartspannstrang zumeist in Kombination mit einem Druckschmerz im Hartspannstrang oder einem Übertragungsschmerz auf. Zwar lieferte die Knötchenstruktur im Hartspannstrang einen Beitrag zur Definition der Dimension 1 der MCA, dieser war jedoch geringer als derjenige der Diagnosekriterien Hartspannstrang, Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang sowie Übertragungsschmerz, sodass die Bedeutung der Knötchenstruktur im Hartspannstrang geringer ist.

Ergänzende Diagnosekriterien galten als wichtige Indikatoren, um die Diagnosestellung zu sichern. So trennte die Anzahl ergänzender Diagnosekriterien zwischen Cluster 3 (Diagnose eines MTrP wahrscheinlich) und Cluster 4 (Diagnose eines MTrP sicher). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch vorhergehende Übersichtsarbeiten, welche die hier als ergänzende Diagnosekriterien bezeichneten Befunde zwar jeweils nicht als wesentlich für MTrP, jedoch durchaus als MTrP-assoziiert (Rivers et al., 2015) bzw. als MTrP-bestätigend (Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018) einstufen. Die ergänzenden Diagnosekriterien werden im folgenden Kapitel ausführlich betrachtet.

### *6.1.3 Spezifische Betrachtung der ergänzenden Diagnosekriterien*

Den wichtigsten Beitrag für die Diagnose eines MTrP lieferten unter den ergänzenden Diagnosekriterien die Verschlechterung bei Stress sowie die Bewegungseinschränkung. Beide Diagnosekriterien kamen in der vorliegenden Studie bei ca. einem Viertel der Patienten und vor allem in Cluster 3 und 4 vor. Mit ihrem Beitrag zu Dimension 1 lagen beide Diagnosekriterien hinter dem Hartspannstrang, dem Druckschmerz im Hartspannstrang sowie dem Übertragungsschmerz, allerdings noch vor der Knötchenstruktur im Hartspannstrang. Bei der Frage, ob nach klinischer Einschätzung ein MTrP vorlag, unterschieden beide Diagnosekriterien in allen Muskeln signifikant zwischen ja und nein. In der Umfrage von Rivers und Kollegen (2015) wurde die Verschlechterung bei Stress von 75% der Experten als MTrP-assoziiert bewertet und die Bewegungseinschränkung von 68%, auch wenn beide Diagnosekriterien nur von knapp 10% als wesentliche Diagnosekriterien eingestuft wurden. Die Experten der Delphi-Studie bewerten die Bewegungseinschränkung auch nur zu 6,5% als wesentlich (Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018). Die Verschlechterung bei Stress wurde im Rahmen der Delphi-Studie nicht berücksichtigt. Der Expertenkonsens steht im Einklang zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie, die besagen, dass Bewegungseinschränkung und

Verschlechterung bei Stress als ergänzende Diagnosekriterien der Diagnosesicherung dienen, jedoch nicht essenziell für die Diagnosestellung sind.

Die unwillkürliche Ausweichbewegung sowie Schmerzen bei kräftiger Kontraktion unterschieden zumindest noch im M. trapezius beidseits sowie im M. levator scapulae rechts signifikant zwischen der klinischen Einschätzung eines MTrP ja/nein und wurden bei ca. einem Viertel (Schmerzen bei kräftiger Kontraktion) bzw. einem Fünftel (unwillkürliche Ausweichbewegung) der Patienten gefunden. Bei ihrem Beitrag zur Definition von Dimension 1 lagen sie allerdings hinter allen klassischen Diagnosekriterien. Die unwillkürliche Ausweichbewegung trat vor allem in Cluster 3 und 4 auf, Schmerzen bei kräftiger Kontraktion hingegen kamen auch in Cluster 2 vor und waren dadurch deutlich weniger trennscharf. In der Delphi-Studie wurde die unwillkürliche Ausweichbewegung von weniger als 7%, die Schmerzen bei kräftiger Kontraktion von weniger als 4% der Experten als wesentlich bewertet (Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018). In Übereinstimmung mit dem Expertenkonsens kommt der unwillkürlichen Ausweichbewegung eine nachrangige Bedeutung zu. Weiterhin sind die Schmerzen bei kräftiger Kontraktion aufgrund der geringen Trennschärfe kein gutes Diagnosekriterium für MTrP.

Ebenso könnte auch die Muskelschwäche den Ergebnissen der vorliegenden Studie zufolge von der Liste der Diagnosekriterien für MTrP gestrichen werden. Sie konnte zwar bei 13% der Patienten festgestellt werden, trat hierbei jedoch in allen Clustern mindestens einmal auf und unterschied weder, ob nach klinischer Einschätzung ein MTrP vorlag, noch leistete sie einen sinnvollen Beitrag zur Definition von Dimension 1. Dieses Ergebnis steht zunächst in deutlichem Widerspruch zu vorhergehenden Veröffentlichungen, in denen die Muskelschwäche wiederholt als Diagnosekriterium genannt wurde (Licht, 2009; Tough et al., 2007). In der Expertenumfrage von Rivers und Kollegen (2015) schätzten 70% die Muskelschwäche als MTrP-assoziiert ein, von nur 8% wurde das Diagnosekriterium allerdings als wesentlich bezeichnet. In der Delphi-Umfrage war die Muskelschwäche schließlich noch als Diagnosekriterium für MTrP auswählbar, wurde von den Experten jedoch nicht als relevant eingeschätzt (Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018), was letztlich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie übereinstimmt.

Die lokale Zuckungsreaktion trat in der vorliegenden Studie insgesamt zu selten auf, um valide Einschätzungen zu deren Relevanz treffen zu können. Sie konnte nur bei einem Patienten in Cluster 4 ausgelöst werden. Entsprechend trug das Kriterium zur Definition von Dimension 1 nicht bei. Simons (2004) war der Meinung, dass die lokale Zuckungsreaktion wenig reli-

abel ist, weshalb er sie aus der Liste der wesentlichen Diagnosekriterien entfernte und stattdessen zu den „hilfreichen diagnostischen Befunden“ zählte. Gleichzeitig stellte er fest, dass dieses Diagnosekriterium ein hochspezifischer Indikator für einen MTrP zu sein scheint. Auch andere Autoren sahen die geringe Reliabilität der lokalen Zuckungsreaktion als Problem (Tough et al., 2007). Dennoch wird sie nach wie vor in der Liste der Diagnosekriterien für MTrP aufgeführt (Chiarotto et al., 2016; Licht, 2009) und wurde in einer Expertenumfrage immerhin von 30% sogar als wesentliches Diagnosekriterium eingeschätzt (Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018). Letztendlich deuten auch die Ergebnisse der vorliegenden Studie darauf hin, dass die lokale Zuckungsreaktion zwar zu selten auftritt, um als notwendiges Diagnosekriterium zu fungieren, dass sie jedoch bei Vorhandensein deutlich für einen MTrP-Befund spricht.

Lokale autonome Phänomene traten während der Untersuchung bei nur drei Patienten (4,9 %) auf, trugen ebenfalls nicht zur Definition von Dimension 1 bei und waren sowohl in Cluster 2 als auch Cluster 4 zu finden. Ihr Auftreten war nicht klar assoziiert mit der klinischen Einschätzung, ob ein MTrP, ein MSS oder ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund vorlag. Die Beschreibung der lokalen autonomen Phänomene als Diagnosekriterium für MTrP geht ursprünglich auf Travell und Simons (1982) zurück und wurde später auch von anderen Autoren wiederholt aufgegriffen (Licht, 2009; Tough et al., 2007). In der Expertenumfrage von Rivers (2015) wurden die lokalen autonomen Phänomene nur von ca. der Hälfte der Experten als MTrP-assoziiert eingeschätzt, ca. ein Drittel hielten das Diagnosekriterium für irrelevant. Die aktuelle Expertenumfrage nahm die lokalen autonomen Phänomene schließlich gar nicht mehr in ihre Liste an möglicher Diagnosekriterien auf (Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018). Aufgrund der Seltenheit des Diagnosekriteriums und der geringen Trennschärfe ist auch auf Basis der Ergebnisse der vorliegenden Studie davon auszugehen, dass lokale autonome Phänomene kein sinnvolles Kriterium für die MTrP-Diagnostik darstellen.

## **6.2 Aktive vs. latente MTrP**

MTrP wurden in der vorliegenden Studie in ihrer Gesamtheit betrachtet und es erfolgte keine weitere Unterteilung. Per Definition von Travell und Simons (2002) kann zwischen aktiven MTrP und latenten MTrP unterschieden werden. Aktive MTrP schmerzen spontan, während sich latente MTrP erst durch Palpation als schmerzhaft erweisen. In bisherigen Studien wurde dies mittels der Frage nach der Bekanntheit des Schmerzes eruiert: Ist dem Patienten der

durch Palpation ausgelöste Druckschmerz bzw. Übertragungsschmerz bereits bekannt, so handelt es sich per Definition um einen aktiven MTrP, kennt er diesen Druckschmerz nicht, ist von einem latenten MTrP auszugehen (Chiarotto et al., 2016; Fernández-de-Las-Peñas & Dommerholt, 2018; Simons, 2008). In der vorliegenden Studie war 57,4% der Patienten der Druckschmerzpunkt und 36,1% der Patienten der ausgelöste Übertragungsschmerz bereits bekannt. Somit handelte es sich bei mehr als der Hälfte der untersuchten MTrP um aktive MTrP. Im weiteren Verlauf der vorliegenden Studie erfolgte zur Untersuchung der Diagnosekriterien allerdings keine Unterteilung der Datenergebnisse in aktive und latente MTrP. Eine solche Unterscheidung erschien für die Entwicklung eines diagnostischen Sets für die (Erst-)Diagnose eines MTrP im Rahmen der körperlichen Untersuchung, welche sowohl aktive als auch latente MTrP einschließen sollte, nicht zielführend.

### **6.3 Charakteristika der Studienpopulation**

Sämtliche Patienten der Stichprobe waren chronische Schmerzpatienten, welche die Schmerzambulanz eines Universitätsklinikums aufsuchten. 70% bekamen den Chronifizierungsgrad 3 nach Gerbershagen zugewiesen, was dem höchstmöglichen Chronifizierungsgrad entspricht (Dillmann et al., 1994). Den Chronifizierungsgrad 2 oder 3 hatten sogar 98% der Patienten. Somit kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei der Stichprobe um vergleichsweise stark erkrankte Patienten mit Dauerschmerzgeschehen in mehreren Körperregionen handelte, die bereits mehrere Arztwechsel, schmerzbedingte Krankenhausaufenthalte, Rehabilitationen oder schmerzbezogene Operationen hinter sich hatten, unter Umständen einen missbräuchlichen Konsum von Medikamenten aufwiesen und schmerzbedingt überdurchschnittlich negative Konsequenzen in der familiären, beruflichen und psychophysiologischen Stabilität zeigten, ohne über angemessene Bewältigungsstrategien für die Schmerzen zu verfügen. Fast 60% der Patienten erhielten die Diagnose einer chronischen Schmerzstörung mit somatischen und psychischen Faktoren. Trotz der Untersuchung komplexer Patienten war es möglich, vier deutlich voneinander unterscheidbare Cluster zu finden. Dabei kam durch die Wahl einer Studienpopulation von ausschließlich chronischen Schmerzpatienten eine einheitliche Stichprobe zustande. Eine Verzerrung der Ergebnisse durch die Untersuchung einer inhomogenen Stichprobe, bei der starke Unterschiede zwischen den Schmerzcharakteristika der Patienten bereits für einen großen Anteil an gefundener Varianz in den Daten verantwortlich sein würde, konnte hierdurch deutlich reduziert werden.

Bei 66% der Patienten der vorliegenden Studie wurde in der klinischen Untersuchung mindestens ein MTrP festgestellt. Bei mehr als der Hälfte der Patienten lag nach Untersuchermeinung ein MSS bzw. ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund vor. Es handelte sich dabei zumeist um ein MSS der Halswirbelsäule, die sich in epidemiologischen Studien als der häufigste Ort für chronische Schmerzen herausstellte (Häuser et al., 2013). Damit entsprach die Art des häufigsten MSS in der Studienpopulation dem häufigsten MSS in der Bevölkerung.

Des Weiteren bestand die Stichprobe in der vorliegenden Studie zu zwei Dritteln, also dem überwiegenden Anteil, aus Frauen. In Bezug auf die Geschlechteraufteilung entsprach die Zusammensetzung damit weitgehend der Zusammensetzung von chronischen Schmerzpatienten anderer Studienpopulationen (Cerezo-Téllez et al., 2016; Chen & Nizar, 2011; Fernández-de-las-Peñas et al., 2007; Grieve et al., 2013). Im Hinblick auf die externe Validität kann man folglich schließen, dass die Ergebnisse der vorliegenden Studie sehr gut auf eine typische Population chronischer Schmerzpatienten übertragen werden können. Dadurch, dass es sich bei der Stichprobe ausschließlich um chronische Schmerzpatienten handelte, können die Ergebnisse allerdings nicht auf andere Patienten übertragen werden. Auch fehlte in der vorliegenden Studie eine gesunde Kontrollgruppe, sodass keine Aussagen zu der Diagnostik von MTrP in der Allgemeinbevölkerung gemacht werden können.

Die Ergebnisse zeigten, dass zwischen den zusätzlich untersuchten Variablen Alter, Body-Mass-Index, Körpergröße, Körpergewicht, Chronifizierungsgrad nach Gerbershagen sowie dem Geschlecht und dem Profil der Diagnosekriterien kein Zusammenhang gefunden werden konnte. Hieraus kann geschlussfolgert werden, dass diese Variablen keinen Einfluss auf die Studienergebnisse hatten. Die Studie von Chen und Nizar (2011) konnte zwar ebenfalls keinen Einfluss von Alter, Körpergewicht (vergleichbar mit dem BMI) und Schmerzdauer (vergleichbar mit dem Chronifizierungsgrad) auf die Entwicklung eines myofaszialen Schmerzsyndroms feststellen, identifizierte das weibliche Geschlecht allerdings klar als signifikanten Risikofaktor, was die Autoren daraus schlossen, dass in den Studienpopulationen deutlich höhere Fallzahlen von Frauen gegenüber Männern vorlagen. In der vorliegenden Studie lag in der Fallzahl ein Verhältnis von zwei Drittel Frauen zu einem Drittel Männer vor, wie es auch in anderen Studien der Fall war (Cerezo-Téllez et al., 2016; Couppé et al., 2007; Grieve et al., 2013; Mayoral Del Moral et al., 2018). Somit kann das weibliche Geschlecht einen Risikofaktor für die Entwicklung eines chronischen Schmerzsyndroms darstellen, allerdings hat es gemäß den Ergebnissen der vorliegenden Studie keinen Einfluss auf die MTrP-Diagnostik.



## 6.4 Einfluss des Untersuchers

Die Variable, die für den jeweiligen Untersucher kodierte, korrelierte im M. trapezius links signifikant mit Dimension 2, also mit der Unterscheidung vorhandener Diagnosekriterien. Aufgrund dieses Befundes könnte davon ausgegangen werden, dass der Einfluss des Untersuchers und das Profil der innerhalb der jeweiligen Patientenkohorte aufgefundenen Diagnosekriterien zumindest zu einem gewissen Maß voneinander abhängen. Tatsächlich unterschieden sich die Untersucher in Alter, Ausbildungsstand, Facharzttrichtung sowie Zusatzausbildung und hatten lediglich das Geschlecht (männlich) gemeinsam. Vorhergehende Studien zeigten, dass die Ausbildung und Erfahrung des Untersuchers einen großen Einfluss auf die Zuverlässigkeit der Befunde in der körperlichen Untersuchung hatte (De Groef et al., 2018; Hsieh et al., 2000; Lew et al., 1997; Mayoral Del Moral et al., 2018; Myburgh et al., 2011; Nascimento et al., 2018). Generell variierten die Reliabilitätsschätzungen von verschiedenen Untersuchern je nach Muskel (Gerwin et al., 1997; Sanz et al., 2016), Diagnosekriterium (Bron, Franssen, et al., 2007; Gerwin et al., 1997; Njoo & Van der Does, 1994) und Studie (Lucas et al., 2009). Aus einer Meta-Analyse verschiedener Studien von Lucas und Kollegen (2009) ging hervor, dass subjektive Zeichen wie Anspannung und Schmerzreproduktion reliabler waren als objektive Zeichen wie Hartspannstrang und lokale Zuckungsreaktion. Hierdurch lässt sich in Übereinstimmung mit der Literatur die Korrelation der Untersucher-Variable im M. trapezius links mit der Dimension 2 erklären.

Allerdings ist hervorzuheben, dass in den übrigen untersuchte Muskeln die Korrelation zwischen der Untersucher-Variable und den Dimensionen nicht signifikant war. Auch wenn sich die Untersucher in Ausbildungsstand, Facharzttrichtung und Zusatzausbildung unterschieden, handelte es sich dennoch um Ärzte, die mit der Schmerzambulanz eines Universitätsklinikums in einer hochspezialisierten Einrichtung praktizierten und dementsprechend routiniert in der Diagnostik und Behandlung der Ursachen chronischer Schmerzen waren. Somit konnten alle auf eine Vielzahl an Erfahrungen in der Untersuchung von MTrP zurückgreifen, da diese als häufige Ursache chronischer Schmerzen im Rahmen der körperlichen Untersuchung bei den Assessments der chronischen Schmerzpatienten in der Schmerzambulanz routinemäßig mit untersucht werden. Zudem erhielten die Untersucher im Vorfeld eine Einweisung bezüglich der MTrP-Diagnostik im Rahmen der Studie. Ein standardisierter Untersuchungsablauf sowie eine hohe Expertise in der Untersuchung von MTrP konnte somit gewährleistet werden.

Die sogenannte Interrater-Reliabilität, also die Übereinstimmung der Untersucher bei ihren Ergebnissen, wurde in der vorliegenden Studie nicht überprüft. Hierdurch kann keine Aussage

darüber getroffen werden, ob sich die Untersucher darin unterscheiden, welche Diagnosekriterien sie in der körperlichen Untersuchung anwandten, und ob die gefundenen Ergebnisse damit unabhängig vom Untersucher Gültigkeit haben.

## **6.5 Diskussion der Methodik**

### *6.5.1 Untersuchungsmethode*

Alle Diagnosekriterien wurden im Rahmen einer körperlichen Untersuchung durch Inspektion, Bewegungsprüfung und Palpation ermittelt. Es kann allerdings nicht davon ausgegangen werden, dass durch die körperliche Untersuchung absolut objektive und reliable Untersuchungsbefunde festgestellt wurden. In vorhergehenden Studien variierte die Reliabilität der körperlichen Untersuchung für die Diagnostik von MTrP für jedes Diagnosekriterium (Bron, Franssen, et al., 2007; Gerwin et al., 1997; Njoo & Van der Does, 1994), jeden Muskel (Gerwin et al., 1997; Sanz et al., 2016) und jede Studie (Lucas et al., 2009), ebenso wie auch die Reliabilität zwischen verschiedenen Untersuchern (De Groef et al., 2018; Hsieh et al., 2000; Lew et al., 1997; Mayoral Del Moral et al., 2018; Myburgh et al., 2011; Nascimento et al., 2018).

Besonders im Falle tief liegender Muskeln sind der Diagnosemethode der körperlichen Untersuchung für MTrP Grenzen gesetzt: Im Schnitt konnten die Untersucher Diagnosekriterien im tiefer gelegenen M. levator scapulae im direkten Vergleich zum oberflächlich liegenden M. trapezius um zwei Drittel seltener identifizieren. Der Sachverhalt könnte zwar auch darin begründet sein, dass der M. trapezius allein aufgrund seiner deutlich größeren Muskelfläche im Vergleich zum M. levator scapulae mehr Möglichkeiten zur Ausbildung auffälliger Areale bietet. So wurden im M. trapezius insgesamt 83 (34%) auffällige Areale untersucht, im M. levator scapulae fanden sich hingegen nur 28 (11,5%) derartiger Stellen. Allerdings ist der M. trapezius aufgrund seiner oberflächlichen Lage auch erheblich leichter palpierbar als der M. levator scapulae. Bereits Hsieh und Kollegen (2000) stellten fest, dass sich das Ertasten eines Hartspannstranges in tief liegenden Muskeln für den Untersucher als außerordentliche Schwierigkeit darstellt, und auch Simons (2004) räumte ein, dass der Hartspannstrang als Diagnosekriterium nicht immer tastbar, und dadurch nicht immer reliabel identifizierbar ist. Studien zur MTrP-Diagnostik mittels Ultraschall betonen hingegen, dass im Gegensatz zur körperlichen Untersuchung MTrP per Ultraschall auch in tiefer liegenden Muskelschichten identifiziert werden können (Rha et al., 2011; Shankar & Reddy, 2012).

Gleichzeitig ist diese Methode der körperlichen Untersuchung im Vergleich zu den anderen Diagnosemöglichkeiten (B-Bild-Sonographie, Elastographie via Sonographie oder MRT; Elektromyographie) dasjenige Verfahren, welches auf Grund niedriger Kosten und hoher Praktikabilität für den klinischen Praxisalltag die höchste Eignung aufweist, sodass eine hohe Validität für die klinische Praxis gegeben ist. Letztendlich ist somit ein Standard bezüglich der geeignetsten Untersuchungsmethode für die MTrP-Diagnostik noch ausstehend.

### *6.5.2 Untersuchungsablauf*

In der Studie wurde je Patient von den Untersuchenden 30 Minuten ausschließlich für die körperliche Untersuchung aufgewandt, eine in jedem Fall ausreichende Zeitspanne, um eine ausführliche orthopädische Untersuchung der Patienten vorzunehmen. Hierbei wurden alle Diagnosekriterien für MTrP, die bisher in der Literatur genannt wurden, einzeln betrachtet und versucht, diese in den untersuchten Muskeln aufzufinden. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die beiden ausgewählten Muskeln umfassend und sorgfältig auf das Vorhandensein von Diagnosekriterien für MTrP hin untersucht wurden. Auf diese Weise konnte gewährleistet werden, dass auch seltenen Diagnosekriterien, wie z.B. der lokalen Zuckungsreaktion, ausreichend Aufmerksamkeit gewidmet wurde und diese Kriterien nicht allein deshalb selten auftraten, weil sie selten untersucht wurden. Dem derzeitigen Stand der Forschung zufolge handelte es sich hierbei um die erste Studie, welche eine vollständige Untersuchung aller im Rahmen der körperlichen Untersuchung in Frage kommenden Diagnosekriterien für MTrP, die bisher in der Literatur beschrieben wurden, bewertete.

### *6.5.3 Statistische Auswertung*

Für die Auswertung der Studienergebnisse wurde die multiple Korrespondenzanalyse (MCA) hinzugezogen. Die MCA ist ein statistisches Verfahren, welches es ermöglicht, die Beziehung zwischen kategorialen Variablen darzustellen. Dabei konnten sowohl Patienten als auch Diagnosekriterien parallel betrachtet werden, weil die Daten basierend auf ihrer Beziehung zueinander angeordnet wurden. Entscheidend für die Lage der Diagnosekriterien im zweidimensionalen Raum war einerseits ihre Häufigkeit in der Stichprobe, andererseits ihr gemeinsames Auftreten innerhalb eines Patienten. Zudem konnte durch Einfärbung der Diagnosekriterien ihre Bedeutsamkeit optisch dargestellt werden. Patienten wurden entsprechend ihrem Profil an Diagnosekriterien angeordnet. Eine Clusteranalyse teilt die Patienten basierend auf den Ergebnissen der MCA in Gruppen ein. Die MCA ermöglichte in der Auswertung der Hauptergebnisse allerdings keine Signifikanztests, da sie eine Auswertung rein deskriptiver Daten darstellte, welche auf subjektiver Basis interpretiert werden mussten. So musste für die Definition der Dimensionen eine Interpretation festgelegt werden, welche die Datenstruktur am

besten beschreibt. Auch gab es keine Signifikanzen oder Cut-off-Werte für die Abgrenzung zwischen den Variablen, sodass die Abbildungen der einzelnen Variablen auf den Dimensionen individuell interpretiert werden mussten. Die Anzahl an Clustern musste danach festgelegt werden, welche am besten zu der Datenstruktur passte. Dennoch ist die MCA ein gut geeignetes Verfahren, um einerseits die Heterogenität der Daten zu visualisieren, andererseits die Relevanz der einzelnen Diagnosekriterien zu beurteilen.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse mittels Signifikanztest erfolgte mit Hilfe des exakten Tests nach Fischer, welcher als gut geeignetes Verfahren für dichotome Variablen mit einer geringen Anzahl an Beobachtungen gilt. Hierdurch konnten Unterschiede in der Häufigkeit der Diagnosekriterien unterteilt in die Fragestellungen, ob es sich bei der auffälligen Stelle nach klinischer Einschätzung um einen MTrP handelte, ob bei dem Patienten ein MSS vorlag und ob der Befund als relevant für das allgemeine Schmerzgeschehen des Patienten eingeschätzt wurde, auf ihre Signifikanz hin untersucht werden. Allerdings mussten für jede dieser Fragestellungen, für jeden Muskel und für jedes Diagnosekriterium ein eigener Test berechnet werden. Insgesamt wurden auf diese Weise 135 Einzelvergleiche ausgewertet. Unter dem gewählten Signifikanzniveau von jeweils  $p < 0,05$  betrug die Irrtumswahrscheinlichkeit pro Test 5%, d.h. mit einer Wahrscheinlichkeit von 5% war der gefundene Unterschied in der Realität kein Unterschied (Fehler 1. Art). Bei der multiplen Testung von 135 Einzelvergleichen und einem Signifikanzniveau von 5% lag die kumulierte Irrtumswahrscheinlichkeit somit bei  $1 - 0,95^{135} = 99,9\%$ . Es kann deshalb mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der exakten Tests nach Fischer statistische Fehler enthalten und somit nicht alle der gefundenen signifikanten Unterschiede auf tatsächliche Unterschiede zurückgehen. Dennoch ermöglichte die Auswertung eine Einschätzung darüber, welche Diagnosekriterien gut und welche weniger gut zwischen den Ergebnissen der klinischen Einschätzung unterscheiden.

## **6.6 Limitationen**

Im Zuge der Datenauswertung traten einzelne, nicht nachträglich korrigierbare Beschränkungen für die wissenschaftliche Aussagekraft der Studie zutage, die bezüglich ihrer Relevanz untersucht und mit Vorschlägen für nachfolgende Forschungen versehen wurden.

Die vorliegende Studie wurde mit einer Fallzahl von  $N = 61$  Personen durchgeführt. Gemäß der Fallzahl-Berechnung mit G\*Power 3 (Faul et al., 2007) wurde für die statistischen Tests

eine Stichprobengröße von  $N = 50$  berechnet, so dass die Fallzahl grundsätzlich als ausreichend groß galt. Trotz der auch im Vergleich zu vorhergehenden Studien zur MTrP Diagnostik (Hsieh et al., 2000; Mayoral Del Moral et al., 2018; Sanz et al., 2016; Sciotti et al., 2001) großen Fallzahl reichte diese jedoch nicht aus, um seltene Diagnosekriterien hinreichend gut zu untersuchen, da diese nicht in ausreichend hoher Anzahl auftraten. Der Umstand bedingt, dass zu diesen seltenen Diagnosekriterien keine oder nur sehr unsichere Aussagen gemacht werden konnten. Auch waren alle Diagnosekriterien im *M. levator scapulae* insgesamt wesentlich seltener zu finden als im *M. trapezius*, so dass Erkenntnisse, die im *M. trapezius* deutlich wahrnehmbar waren, im *M. levator scapulae* nur in Ansätzen gefunden werden konnten. Beispielsweise war die Aufteilung der Patientenkohorte in vier unterschiedliche Cluster, die im *M. trapezius* sehr gut voneinander unterschieden werden konnten, im *M. levator scapulae* wesentlich schwieriger abzugrenzen, teilweise bestand ein einzelnes Cluster hier nur aus ein bis drei Personen. Hierdurch unterschied sich die Klarheit der Aussagen, die zu den Diagnosekriterien im *M. levator scapulae* gemacht werden konnten, deutlich von jenen im *M. trapezius*. Eine größere Fallzahl hätte dazu beigetragen, dass Ergebnisse auch im *M. levator scapulae* durch höhere Nennungen vermehrt untersucht und hinsichtlich ihrer Relevanz eingeordnet hätten werden können.

Da in Rahmen der vorliegenden Studie mit *M. trapezius* und *M. levator scapulae* lediglich zwei Muskeln des menschlichen Körpers untersucht wurden, beziehen sich die Studienaussagen auch lediglich auf diese Partien. Zwar wurden die Muskeln explizit zur Untersuchung für die Studie ausgewählt, da sie als häufige Orte für MTrP gelten (Chiarotto et al., 2016). Allerdings sind die Muskeln in Bezug auf Größe, Lage und Zugänglichkeit unterschiedlich schwierig zu untersuchen. Hierdurch sollte gewährleistet werden, dass ausreichende Möglichkeiten zur Untersuchung möglichst vieler Diagnosekriterien an auffälligen Stellen bestanden, überdies konnten so die Diagnosekriterien in zwei verschiedenen Situationen getestet werden. Trotz der Heterogenität der Muskeln entstanden in beiden ähnliche Ergebnisse und vergleichbare Cluster. Ob sich diese Ergebnisse allerdings auf andere Muskeln, etwa auf von Schulterschmerzen betroffene Armmuskeln oder auf Beinmuskeln bei Hüftschmerzen, übertragen lassen, ist aus der vorliegenden Datenlage nicht zu erschließen.

Eine mögliche Verzerrung, die zu einer Überschätzung des Einflusses bestimmter einzelner Untersucher auf die Ergebnisse geführt haben kann, ist der Umstand, dass die an der Studie beteiligten Ärzte jeweils eine unterschiedlich große Menge an Studienpatienten untersuchten. So reichte die Spannweite der untersuchten Patienten pro Untersucher von zwei (3,3%) bis 23 (37,7%). Hierdurch konnten seltene Diagnosekriterien, wie etwa die lokale Zuckungsreaktion,

bei Untersuchern, deren Ergebnisse aufgrund von geringen Patientenzahlen nur wenig Anteil an der Studie hatten, lediglich mit verschwindend niedriger Wahrscheinlichkeit auftreten. Diese Tatsache könnte bereits dafür gesorgt haben, ein unterschiedliches Profil an Diagnosekriterien pro Untersucher zu verursachen. Zudem erfolgte die Zuteilung der Patienten zum jeweiligen Untersucher nicht randomisiert. Stattdessen wurden alle Patienten von dem Arzt des Studienteams untersucht, der an diesem Tag für die ärztliche Diagnostik in der Schmerzambulanz zuständig war. Hierdurch war die Zuordnung der Patienten nicht unabhängig.

## **6.7 Schlussfolgerungen für die Praxis**

Die vorliegende Studie untersuchte erstmals die bisher in der Literatur beschriebenen Diagnosekriterien, die im Rahmen der körperlichen Untersuchung zur Diagnostik von myofaszialen Triggerpunkten (MTrP) und damit zur Diagnosestellung eines myofaszialen Schmerzsyndroms (MSS) herangezogen werden können, hinsichtlich ihrer Relevanz für die Diagnosestellung. Auf Basis der Diagnosekriterien konnten die Patienten in vier unterschiedliche Gruppen eingeteilt werden:

- 1) Patienten ohne Diagnosekriterien oder mit lediglich einem Hartspannstrang.
- 2) Patienten mit Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang und/oder Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang sowie vereinzelt ergänzenden Diagnosekriterien.
- 3) Patienten, die eine Kombination aus den klassischen Diagnosekriterien, zumeist Hartspannstrang und Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, aufwiesen, wohingegen ergänzende Diagnosekriterien nur einige wenige zu finden waren.
- 4) Patienten, die ebenfalls eine Kombination aus den klassischen Diagnosekriterien wie in Gruppe 3, zudem allerdings mehrere der ergänzenden Diagnosekriterien aufwiesen.

Nach klinischer Einschätzung der Untersucher handelte es sich bei 75,5% der auffälligen Stellen aus Cluster 3 und 96,7% aus Cluster 4 um einen MTrP, jedoch bei keiner der Stellen aus Cluster 1 und 2. Es wäre denkbar, dass Cluster 1 Patienten ohne relevante Diagnose enthält. Bei Patienten aus Cluster 2 liegt zwar ein muskulärer Befund vor, ursächlich für die Beschwerden könnte jedoch kein MTrP, sondern eine andere Diagnose sein, wie etwa das Impingement-Syndrom, Fibromyalgie oder eine Arthrose. Die Befunde aus Cluster 3 machten die klinische Einschätzung für einen MTrP wahrscheinlich, jedoch waren sich die Untersucher hier nicht vollständig sicher, wohingegen die Befunde aus Cluster 4 fast ausschließlich zur Feststellung eines MTrP führten. Um eine nähere Einschätzung bezüglich der Hypothese,

dass es sich bei den Befunden aus Cluster 3 und 4 nicht jedoch aus Cluster 1 und 2 um einen MTrP handelt, zu erhalten, könnten die Patienten aus den jeweiligen Clustern mit einer zweiten, zur Diagnostik von MTrP geeigneten Untersuchungsmethode, wie z.B. der B-Bild-Sonographie oder der Elastographie mittels Magnetresonanztomographie, untersucht und die Diagnose der auffälligen Stellen mit der klinischen Einschätzung verglichen werden.

In einem nächsten Schritt könnten von den in den jeweiligen Clustern vertretenen Diagnosekriterien ein Set an Kriterien für die Diagnostik von MTrP abgeleitet werden. Bisher kann festgehalten werden, dass ein Hartspannstrang zwar häufig gefunden wurde, allein jedoch wenig aussagekräftig war. Er galt als notwendiges, jedoch nicht hinreichendes Diagnosekriterium. Cluster 3 oder 4 fasste Patienten zusammen, die zusätzlich zum Hartspannstrang mindestens ein weiteres der klassischen Diagnosekriterien (Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, Knötchenstruktur im Hartspannstrang oder Übertragungsschmerz) aufwiesen. Alle Patienten in Cluster 4 zeigten zudem ergänzende Diagnosekriterien. Als besonders relevant stellten sich hierbei die Bewegungseinschränkung, die Angabe des Patienten einer Verschlechterung der Symptomatik unter Stress, sowie die unwillkürliche Ausweichbewegung heraus. Als wenig aussagekräftig erwiesen sich die Kriterien Muskelschwäche, lokale Zuckungsreaktion sowie lokale autonome Phänomene. Diese Diagnosekriterien waren für die Beurteilung ihrer Relevanz entweder zu selten vorhanden, oder stellten sich gemäß den Ergebnissen der MCA als irrelevant heraus. Schmerzen bei kräftiger Kontraktion waren zu unspezifisch und sind somit ebenfalls als nachrangig zu bewerten.

Sollte ein Set an Diagnosekriterien aufgestellt werden, so müsste dies hinsichtlich seiner Objektivität, Reliabilität und Validität wissenschaftlich weiter untersucht werden, um so einen „gold standard“ für die Diagnostik von MTrP zu schaffen. Auf Basis dessen wäre es im Verlauf möglich, eine standardisierte Ausbildung für Untersucher zu ermöglichen, um diese in der Diagnostik von myofaszialen Triggerpunkten zu schulen und diese im klinischen Praxisalltag diagnostizierbar zu machen. Hierdurch wäre es möglich, Patienten mit Schmerzen etwa bereits bei der Vorstellung beim Hausarzt daraufhin zu untersuchen, ob MTrP als Ursache für die Schmerzen in Frage kämen, und dementsprechend in einer früheren Phase der Erkrankung eine geeignete Behandlung einzuleiten. Bestünde die Möglichkeit, eine unkomplizierte, schnelle und treffsichere Diagnosestellung durch eine erhöhte Anzahl an Diagnostikern durchzuführen, könnte Schmerzpatienten nicht nur ein verlängerter Leidensweg erspart bleiben, sondern möglicherweise auch die Chronifizierung der Schmerzen mit all den negativen bio-psycho-sozialen Folgen verhindert werden, was wiederum Kosten und Aufwand für das Gesundheitssystem senken würde.

## Literaturverzeichnis

- Ahmed, S., Haddad, C., Subramaniam, S., Khattab, S., & Kumbhare, D. (2019). The Effect of Electric Stimulation Techniques on Pain and Tenderness at the Myofascial Trigger Point: A Systematic Review. *Pain Med*. <https://doi.org/10.1093/pm/pty278>
- Ahmed, S., Subramaniam, S., Sidhu, K., Khattab, S., Singh, D., Babineau, J., & Kumbhare, D. A. (2019). Effect of Local Anesthetic Versus Botulinum Toxin-A Injections for Myofascial Pain Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin J Pain*, 35(4), 353-367. <https://doi.org/10.1097/ajp.0000000000000681>
- Alvarez, D. J., & Rockwell, P. G. (2002). Trigger points: diagnosis and management. *Am Fam Physician*, 65(4), 653-660.
- Annaswamy, T. M., De Luigi, A. J., O'Neill, B. J., Keole, N., & Berbrayer, D. (2011). Emerging concepts in the treatment of myofascial pain: a review of medications, modalities, and needle-based interventions. *Pm r*, 3(10), 940-961. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.06.013>
- Aridici, R., Yetisgin, A., Boyaci, A., Tutoglu, A., Bozdogan, E., Sen Dokumaci, D., Kilicaslan, N., & Boyaci, N. (2016). Comparison of the Efficacy of Dry Needling and High-Power Pain Threshold Ultrasound Therapy with Clinical Status and Sonoelastography in Myofascial Pain Syndrome. *Am J Phys Med Rehabil*, 95(10), e149-158. <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000000600>
- Ay, S., Evcik, D., & Tur, B. S. (2010). Comparison of injection methods in myofascial pain syndrome: a randomized controlled trial. *Clin Rheumatol*, 29(1), 19-23. <https://doi.org/10.1007/s10067-009-1307-8>
- Ballyns, J. J., Shah, J. P., Hammond, J., Gebreab, T., Gerber, L. H., & Sikdar, S. (2011). Objective sonographic measures for characterizing myofascial trigger points associated with cervical pain. *J Ultrasound Med*, 30(10), 1331-1340.
- Ballyns, J. J., Turo, D., Otto, P., Shah, J. P., Hammond, J., Gebreab, T., Gerber, L. H., & Sikdar, S. (2012). Office-based elastographic technique for quantifying mechanical properties of skeletal muscle. *J Ultrasound Med*, 31(8), 1209-1219.
- Baltes-Götz, B. (1998). Hauptkomponentenanalyse für kategoriale Daten mit SPSS-HOMALS
- Barbero, M., Schneebeli, A., Koetsier, E., & Maino, P. (2019). Myofascial pain syndrome and trigger points: evaluation and treatment in patients with musculoskeletal pain. *Curr Opin Support Palliat Care*, 13(3), 270-276. <https://doi.org/10.1097/spc.0000000000000445>
- Bendtsen, L., & Jensen, R. (2000). Amitriptyline reduces myofascial tenderness in patients with chronic tension-type headache. *Cephalalgia*, 20(6), 603-610. <https://doi.org/10.1046/j.1468-2982.2000.00087.x>
- Benecke, R., Heinze, A., Reichel, G., Hefter, H., & Gobel, H. (2011). Botulinum type A toxin complex for the relief of upper back myofascial pain syndrome: how do fixed-location injections compare with trigger point-focused injections? *Pain Med*, 12(11), 1607-1614. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2011.01163.x>
- Bohlooli, N., Ahmadi, A., Maroufi, N., Sarrafzadeh, J., & Jaberzadeh, S. (2016). Differential activation of scapular muscles, during arm elevation, with and without trigger points. *J Bodyw Mov Ther*, 20(1), 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.02.004>
- Boyles, R., Fowler, R., Ramsey, D., & Burrows, E. (2015). Effectiveness of trigger point dry needling for multiple body regions: a systematic review. *J Man Manip Ther*, 23(5), 276-293. <https://doi.org/10.1179/2042618615y.0000000014>
- Braeken, J., & van Assen, M. A. L. M. (2017). An empirical Kaiser criterion. *Psychological Methods*, 22(3), 450-466. <https://doi.org/10.1037/met0000074>
- Breivik, H., Collett, B., Ventafridda, V., Cohen, R., & Gallacher, D. (2006). Survey of chronic pain in Europe: prevalence, impact on daily life, and treatment. *Eur J Pain*, 10(4), 287-333. <https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2005.06.009>
- Bron, C., Dommerholt, J., Stegenga, B., Wensing, M., & Oostendorp, R. A. (2011). High prevalence of shoulder girdle muscles with myofascial trigger points in patients with shoulder pain. *BMC Musculoskelet Disord*, 12, 139. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-12-139>



- Bron, C., & Dommerholt, J. D. (2012). Etiology of Myofascial Trigger Points. *Curr Pain Headache Rep*, 16(5), 439-444. <https://doi.org/10.1007/s11916-012-0289-4>
- Bron, C., Franssen, J., Wensing, M., & Oostendorp, R. A. (2007). Interrater reliability of palpation of myofascial trigger points in three shoulder muscles. *J Man Manip Ther*, 15(4), 203-215. <https://doi.org/10.1179/106698107790819477>
- Bron, C., Wensing, M., Franssen, J. L. M., & Oostendorp, R. A. B. (2007). Treatment of myofascial trigger points in common shoulder disorders by physical therapy: A randomized controlled trial [ISRCTN75722066]. *BMC Musculoskelet Disord*, 8, 107. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-8-107>
- Bukharaeva, E. A., Salakhutdinov, R. I., Vyskocil, F., & Nikolsky, E. E. (2005). Spontaneous quantal and non-quantal release of acetylcholine at mouse endplate during onset of hypoxia. *Physiol Res*, 54(2), 251-255.
- Castaldo, M., Ge, H. Y., Chiarotto, A., Villafane, J. H., & Arendt-Nielsen, L. (2014). Myofascial trigger points in patients with whiplash-associated disorders and mechanical neck pain. *Pain Med*, 15(5), 842-849. <https://doi.org/10.1111/pme.12429>
- Cerezo-Télez, E., Torres-Lacomba, M., Mayoral-Del Moral, O., Sanchez-Sanchez, B., Dommerholt, J., & Gutierrez-Ortega, C. (2016). Prevalence of Myofascial Pain Syndrome in Chronic Non-Specific Neck Pain: A Population-Based Cross-Sectional Descriptive Study. *Pain Med*. <https://doi.org/10.1093/pm/pnw114>
- Chen, C. K., & Nizar, A. J. (2011). Myofascial pain syndrome in chronic back pain patients. *Korean J Pain*, 24(2), 100-104. <https://doi.org/10.3344/kjp.2011.24.2.100>
- Chen, Q., Basford, J., & An, K. N. (2008). Ability of magnetic resonance elastography to assess taut bands. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 23(5), 623-629. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.12.002>
- Chen, Q., Bensamoun, S., Basford, J. R., Thompson, J. M., & An, K. N. (2007). Identification and quantification of myofascial taut bands with magnetic resonance elastography. *Arch Phys Med Rehabil*, 88(12), 1658-1661. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.07.020>
- Chen, Q., Wang, H. J., Gay, R. E., Thompson, J. M., Manduca, A., An, K. N., Ehman, R. E., & Basford, J. R. (2016). Quantification of Myofascial Taut Bands. *Arch Phys Med Rehabil*, 97(1), 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.09.019>
- Chiarotto, A., Clijnsen, R., Fernandez-de-Las-Penas, C., & Barbero, M. (2016). Prevalence of Myofascial Trigger Points in Spinal Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch Phys Med Rehabil*, 97(2), 316-337. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.09.021>
- Christensen, H. W., Vach, W., Manniche, C., Haghfelt, T., Hartvigsen, L., & Hoiland-Carlsen, P. F. (2003). Palpation for muscular tenderness in the anterior chest wall: an observer reliability study. *J Manipulative Physiol Ther*, 26(8), 469-475. [https://doi.org/10.1016/s0161-4754\(03\)00103-9](https://doi.org/10.1016/s0161-4754(03)00103-9)
- Cojocaru, M. C., Cojocaru, I. M., Voiculescu, V. M., Cojan-Carlea, N. A., Dumitru, V. L., & Berteanu, M. (2015). Trigger points--ultrasound and thermal findings. *J Med Life*, 8(3), 315-318.
- Coles, N. A., Larsen, J. T., & Lench, H. C. (2019). A meta-analysis of the facial feedback literature: Effects of facial feedback on emotional experience are small and variable. *Psychol Bull*, 145(6), 610-651. <https://doi.org/10.1037/bul0000194>
- Couppé, C., Torelli, P., Fuglsang-Frederiksen, A., Andersen, K. V., & Jensen, R. (2007). Myofascial trigger points are very prevalent in patients with chronic tension-type headache: a double-blinded controlled study. *Clin J Pain*, 23(1), 23-27. <https://doi.org/10.1097/01.ajp.0000210946.34676.7d>
- De Groef, A., Van Kampen, M., Dieltjens, E., De Geyter, S., Vos, L., De Vrieze, T., Geraerts, I., & Devoogdt, N. (2018). Identification of Myofascial Trigger Points in Breast Cancer Survivors with Upper Limb Pain: Interrater Reliability. *Pain Med*, 19(8), 1650-1656. <https://doi.org/10.1093/pm/pnx299>
- De Meulemeester, K. E., Castelein, B., Coppieters, I., Barbe, T., Cools, A., & Cagnie, B. (2017). Comparing Trigger Point Dry Needling and Manual Pressure Technique for the Management

- of Myofascial Neck/Shoulder Pain: A Randomized Clinical Trial. *J Manipulative Physiol Ther*, 40(1), 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2016.10.008>
- Demyttenaere, K., Bruffaerts, R., Lee, S., Posada-Villa, J., Kovess, V., Angermeyer, M. C., Levinson, D., de Girolamo, G., Nakane, H., Mneimneh, Z., Lara, C., de Graaf, R., Scott, K. M., Gureje, O., Stein, D. J., Haro, J. M., Bromet, E. J., Kessler, R. C., Alonso, J., & Von Korff, M. (2007). Mental disorders among persons with chronic back or neck pain: results from the World Mental Health Surveys. *Pain*, 129(3), 332-342. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2007.01.022>
- Desai, M. J., Saini, V., & Saini, S. (2013). Myofascial Pain Syndrome: A Treatment Review. *Pain Ther*, 2(1), 21-36. <https://doi.org/10.1007/s40122-013-0006-y>
- Dessie, S. G., Von Bargen, E., Hacker, M. R., Haviland, M. J., & Elkadry, E. (2019). A randomized, double-blind, placebo-controlled trial of onabotulinumtoxin A trigger point injections for myofascial pelvic pain. *Am J Obstet Gynecol*, 221(5), 517.e511-517.e519. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2019.06.044>
- Dideriksen, J. L., Farina, D., Baekgaard, M., & Enoka, R. M. (2010). An integrative model of motor unit activity during sustained submaximal contractions. *J Appl Physiol* (1985), 108(6), 1550-1562. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01017.2009>
- Diego, I. M. A., Fernandez-Carnero, J., Val, S. L., Cano-de-la-Cuerda, R., Calvo-Lobo, C., Piedrola, R. M., Oliva, L. C. L., & Rueda, F. M. (2019). Analgesic effects of a capacitive-resistive monopolar radiofrequency in patients with myofascial chronic neck pain: a pilot randomized controlled trial. *Rev Assoc Med Bras* (1992), 65(2), 156-164. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.65.2.156>
- Dillmann, U., Nilges, P., Saile, H., & Gerbershagen, H. U. (1994). [Assessing disability in chronic pain patients.]. *Schmerz*, 8(2), 100-110. <https://doi.org/10.1007/bf02530415> (Behinderungseinschätzung bei chronischen Schmerzpatienten.)
- Dommerholt, J., Bron, C., & Franssen, J. (2006). Myofascial Trigger Points: An Evidence-Informed Review. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 14(4), 203-221. <https://doi.org/10.1179/106698106790819991>
- Draper, D. O., Mahaffey, C., Kaiser, D., Eggett, D., & Jarmin, J. (2010). Thermal ultrasound decreases tissue stiffness of trigger points in upper trapezius muscles. *Physiother Theory Pract*, 26(3), 167-172. <https://doi.org/10.3109/09593980903423079>
- Ebell, H. (2013). Achtsamkeit und Selbstheilung. *Zeitschrift für Komplementärmedizin*, 5, 19-23. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1343573>
- Edwards, R. R., Dworkin, R. H., Sullivan, M. D., Turk, D. C., & Wasan, A. D. (2016). The Role of Psychosocial Processes in the Development and Maintenance of Chronic Pain. *J Pain*, 17(9 Suppl), T70-92. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2016.01.001>
- Eisenberger, N. I., Jarcho, J. M., Lieberman, M. D., & Naliboff, B. D. (2006). An experimental study of shared sensitivity to physical pain and social rejection. *Pain*, 126(1-3), 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2006.06.024>
- Espejo-Antunez, L., Tejada, J. F., Albornoz-Cabello, M., Rodriguez-Mansilla, J., de la Cruz-Torres, B., Ribeiro, F., & Silva, A. G. (2017). Dry needling in the management of myofascial trigger points: A systematic review of randomized controlled trials. *Complement Ther Med*, 33, 46-57. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2017.06.003>
- Ettlin, T., Schuster, C., Stoffel, R., Bruderlin, A., & Kischka, U. (2008). A distinct pattern of myofascial findings in patients after whiplash injury. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(7), 1290-1293. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.11.041>
- Falsiroli Maistrello, L., Geri, T., Gianola, S., Zaninetti, M., & Testa, M. (2018). Effectiveness of Trigger Point Manual Treatment on the Frequency, Intensity, and Duration of Attacks in Primary Headaches: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Front Neurol*, 9, 254. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00254>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>

- Fernández-de-las-Peñas, C., Alonso-Blanco, C., & Miangolarra, J. C. (2007). Myofascial trigger points in subjects presenting with mechanical neck pain: a blinded, controlled study. *Man Ther*, 12(1), 29-33. <https://doi.org/10.1016/j.math.2006.02.002>
- Fernández-de-Las-Peñas, C., & Dommerholt, J. (2018). International Consensus on Diagnostic Criteria and Clinical Considerations of Myofascial Trigger Points: A Delphi Study. *Pain Med*, 19(1), 142-150. <https://doi.org/10.1093/pm/pnx207>
- Fernández-de-Las-Peñas, C., Ge, H. Y., Alonso-Blanco, C., Gonzalez-Iglesias, J., & Arendt-Nielsen, L. (2010). Referred pain areas of active myofascial trigger points in head, neck, and shoulder muscles, in chronic tension type headache. *J Bodyw Mov Ther*, 14(4), 391-396. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.06.008>
- Fernández-Pérez, A. M., Villaverde-Gutierrez, C., Mora-Sanchez, A., Alonso-Blanco, C., Sterling, M., & Fernandez-de-Las-Penas, C. (2012). Muscle trigger points, pressure pain threshold, and cervical range of motion in patients with high level of disability related to acute whiplash injury. *J Orthop Sports Phys Ther*, 42(7), 634-641. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.4117>
- Ferrante, F. M., Bearn, L., Rothrock, R., & King, L. (2005). Evidence against trigger point injection technique for the treatment of cervicothoracic myofascial pain with botulinum toxin type A. *Anesthesiology*, 103(2), 377-383. <https://doi.org/10.1097/0000542-200508000-00021>
- Firmani, M., Miralles, R., & Casassus, R. (2015). Effect of lidocaine patches on upper trapezius EMG activity and pain intensity in patients with myofascial trigger points: A randomized clinical study. *Acta Odontol Scand*, 73(3), 210-218. <https://doi.org/10.3109/00016357.2014.982704>
- Fischer, A. A. (1997). New developments in diagnosis of myofascial pain and fibromyalgia. *Phys Med Rehabil Clin North Am*, 8(1), 153-169.
- Fishbain, D. A., Cutler, R. B., Rosomoff, H. L., & Rosomoff, R. S. (2000). Clonazepam open clinical treatment trial for myofascial syndrome associated chronic pain. *Pain Med*, 1(4), 332-339. <https://doi.org/10.1046/j.1526-4637.2000.00044.x>
- Fleckenstein, J., Zaps, D., Rüger, L. J., Lehmeier, L., Freiberg, F., Lang, P. M., & Irnich, D. (2010). Discrepancy between prevalence and perceived effectiveness of treatment methods in myofascial pain syndrome: results of a cross-sectional, nationwide survey. *BMC Musculoskelet Disord*, 11, 32-32. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-32>
- Gandolfi, M., Geroin, C., Vale, N., Marchioretto, F., Turrina, A., Dimitrova, E., Tamburini, S., Serina, A., Castellazzi, P., Meschieri, A., Ricard, F., Saltuari, L., Picelli, A., & Smania, N. (2018). Does myofascial and trigger point treatment reduce pain and analgesic intake in patients undergoing onabotulinumtoxinA injection due to chronic intractable migraine? *Eur J Phys Rehabil Med*, 54(1), 1-12. <https://doi.org/10.23736/s1973-9087.17.04568-3>
- Ganesh, G. S., Singh, H., Mushtaq, S., Mohanty, P., & Pattnaik, M. (2016). Effect of cervical mobilization and ischemic compression therapy on contralateral cervical side flexion and pressure pain threshold in latent upper trapezius trigger points. *J Bodyw Mov Ther*, 20(3), 477-483. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.11.010>
- Garcia-Leiva, J. M., Hidalgo, J., Rico-Villademoros, F., Moreno, V., & Calandre, E. P. (2007). Effectiveness of ropivacaine trigger points inactivation in the prophylactic management of patients with severe migraine. *Pain Med*, 8(1), 65-70. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2007.00251.x>
- Gautschi, R. (2016). *Manuelle Triggerpunkt-Therapie - Myofasziale Schmerzen und Funktionsstörungen erkennen, verstehen und behandeln* (3 ed.). Georg Thieme Verlag KG.
- Gazi, M. C., Issy, A. M., Avila, I. P., & Sakata, R. K. (2011). Comparison of acupuncture to injection for myofascial trigger point pain. *Pain Pract*, 11(2), 132-138. <https://doi.org/10.1111/j.1533-2500.2010.00396.x>
- Gerwin, R. (2012). Botulinum toxin treatment of myofascial pain: a critical review of the literature. *Curr Pain Headache Rep*, 16(5), 413-422. <https://doi.org/10.1007/s11916-012-0287-6>
- Gerwin, R. D., Dommerholt, J., & Shah, J. P. (2004). An expansion of Simons' integrated hypothesis of trigger point formation. *Curr Pain Headache Rep*, 8(6), 468-475.

- Gerwin, R. D., Shannon, S., Hong, C. Z., Hubbard, D., & Gevirtz, R. (1997). Interrater reliability in myofascial trigger point examination. *Pain*, 69(1-2), 65-73. [https://doi.org/10.1016/s0304-3959\(96\)03248-4](https://doi.org/10.1016/s0304-3959(96)03248-4)
- Gomes, C., Dibai-Filho, A. V., Politti, F., Gonzalez, T. O., & Biasotto-Gonzalez, D. A. (2018). Combined Use of Diadynamic Currents and Manual Therapy on Myofascial Trigger Points in Patients With Shoulder Impingement Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *J Manipulative Physiol Ther*, 41(6), 475-482. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2017.10.017>
- Greenacre, M., & Blasius, J. (2006). *Multiple correspondence analysis and related methods*. CRC press.
- Grieve, R., Barnett, S., Coghill, N., & Cramp, F. (2013). The prevalence of latent myofascial trigger points and diagnostic criteria of the triceps surae and upper trapezius: a cross sectional study. *Physiotherapy*, 99(4), 278-284. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2013.04.002>
- Hägg, G. (1991). Static work loads and occupational myalgia – a new explanation model. In P. Anderson, D. Hobart, & J. Danoff (Eds.), *Electromyographical Kinesiology*. Elsevier.
- Harden, R. N., Cottrill, J., Gagnon, C. M., Smitherman, T. A., Weinland, S. R., Tann, B., Joseph, P., Lee, T. S., & Houle, T. T. (2009). Botulinum toxin a in the treatment of chronic tension-type headache with cervical myofascial trigger points: a randomized, double-blind, placebo-controlled pilot study. *Headache*, 49(5), 732-743. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4610.2008.01286.x>
- Hasenbring, M., Hallner, D., & Klasen, B. (2001). Psychologische Mechanismen im Prozess der Schmerzchronifizierung. *Der Schmerz*, 15(6), 442-447. <https://doi.org/10.1007/s004820100030>
- Häuser, W., Schmutzer, G., Hinz, A., Hilbert, A., & Brähler, E. (2013). Prävalenz chronischer Schmerzen in Deutschland [journal article]. *Der Schmerz*, 27(1), 46-55. <https://doi.org/10.1007/s00482-012-1280-z>
- Haviv, Y., Rettman, A., Aframian, D., Sharav, Y., & Benoliel, R. (2015). Myofascial pain: an open study on the pharmacotherapeutic response to stepped treatment with tricyclic antidepressants and gabapentin. *J Oral Facial Pain Headache*, 29(2), 144-151. <https://doi.org/10.11607/ofph.1408>
- Ho, K. Y., & Tan, K. H. (2007). Botulinum toxin A for myofascial trigger point injection: a qualitative systematic review. *Eur J Pain*, 11(5), 519-527. <https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2006.09.002>
- Hoheisel, U., Vogt, M. A., Palme, R., Gass, P., & Mense, S. (2015). Immobilization stress sensitizes rat dorsal horn neurons having input from the low back. *Eur J Pain*, 19(6), 861-870. <https://doi.org/10.1002/ejp.682>
- Hoogendoorn, W. E., van Poppel, M. N., Bongers, P. M., Koes, B. W., & Bouter, L. M. (2000). Systematic review of psychosocial factors at work and private life as risk factors for back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*, 25(16), 2114-2125. <https://doi.org/10.1097/00007632-200008150-00017>
- Hoy, D., March, L., Brooks, P., Blyth, F., Woolf, A., Bain, C., Williams, G., Smith, E., Vos, T., Barendregt, J., Murray, C., Burstein, R., & Buchbinder, R. (2014). The global burden of low back pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis*, 73(6), 968-974. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2013-204428>
- Hoyle, J. A., Marras, W. S., Sheedy, J. E., & Hart, D. E. (2011). Effects of postural and visual stressors on myofascial trigger point development and motor unit rotation during computer work. *J Electromyogr Kinesiol*, 21(1), 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.04.006>
- Hsieh, C. Y., Hong, C. Z., Adams, A. H., Platt, K. J., Danielson, C. D., Hoehler, F. K., & Tobis, J. S. (2000). Interexaminer reliability of the palpation of trigger points in the trunk and lower limb muscles. *Arch Phys Med Rehabil*, 81(3), 258-264. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(00\)90068-6](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(00)90068-6)
- Hsieh, L. F., Hong, C. Z., Chern, S. H., & Chen, C. C. (2010). Efficacy and side effects of diclofenac patch in treatment of patients with myofascial pain syndrome of the upper trapezius. *J Pain Symptom Manage*, 39(1), 116-125. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2009.05.016>



- Huang, Q. M., Lv, J. J., Ruanshi, Q. M., & Liu, L. (2015). Spontaneous electrical activities at myofascial trigger points at different stages of recovery from injury in a rat model. *Acupunct Med*, 33(4), 319-324. <https://doi.org/10.1136/acupmed-2014-010666>
- Huang, Q. M., Ye, G., Zhao, Z. Y., Lv, J. J., & Tang, L. (2013). Myoelectrical activity and muscle morphology in a rat model of myofascial trigger points induced by blunt trauma to the vastus medialis. *Acupunct Med*, 31(1), 65-73. <https://doi.org/10.1136/acupmed-2012-010129>
- Husson, F., Josse, J., & Pagès, J. (2010). Principal component methods - hierarchical clustering - partitional clustering: why would we need to choose for visualizing data?
- Hwang, M., Kang, Y. K., & Kim, D. H. (2005). Referred pain pattern of the pronator quadratus muscle. *Pain*, 116(3), 238-242. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2005.04.015>
- Hwang, M., Kang, Y. K., Shin, J. Y., & Kim, D. H. (2005). Referred pain pattern of the abductor pollicis longus muscle. *Am J Phys Med Rehabil*, 84(8), 593-597.
- IBM Corp. (2016). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. In. NY: IBM Corp.
- Irnich, D. (2009). Wegweiser durch das Buch. In D. Irnich (Ed.), *Leitfaden Triggerpunkte* (pp. 1 - 4). Elsevier, Urban & Fischer. <https://books.google.de/books?id=TzmqxAtvKqkC>
- Irnich, D., Behrens, N., Gleditsch, J. M., Stor, W., Schreiber, M. A., Schops, P., Vickers, A. J., & Beyer, A. (2002). Immediate effects of dry needling and acupuncture at distant points in chronic neck pain: results of a randomized, double-blind, sham-controlled crossover trial. *Pain*, 99(1-2), 83-89. [https://doi.org/10.1016/s0304-3959\(02\)00062-3](https://doi.org/10.1016/s0304-3959(02)00062-3)
- Irnich, D., Gautschi, R., & Behrens, N. (2009). Terminologie. In D. Irnich (Ed.), *Leitfaden Triggerpunkte*. Elsevier GmbH.
- Itoh, K., Okada, K., & Kawakita, K. (2004). A proposed experimental model of myofascial trigger points in human muscle after slow eccentric exercise. *Acupunct Med*, 22(1), 2-12; discussion 12-13.
- Jacobi, F., Höfler, M., Strehle, J., Mack, S., Gerschler, A., Scholl, L., Busch, M. A., Maske, U., Hapke, U., Gaebel, W., Maier, W., Wagner, M., Zielasek, J., & Wittchen, H.-U. (2014). Psychische Störungen in der Allgemeinbevölkerung [journal article]. *Der Nervenarzt*, 85(1), 77-87. <https://doi.org/10.1007/s00115-013-3961-y>
- Jacobi, F., Höfler, M., Strehle, J., Mack, S., Gerschler, A., Scholl, L., Busch, M. A., Maske, U., Hapke, U., Gaebel, W., Maier, W., Wagner, M., Zielasek, J., & Wittchen, H.-U. (2016). Erratum zu: Psychische Störungen in der Allgemeinbevölkerung. Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland und ihr Zusatzmodul „Psychische Gesundheit“ (DEGS1-MH) [journal article]. *Der Nervenarzt*, 87(1), 88-90. <https://doi.org/10.1007/s00115-015-4458-7>
- Jafari, M., Bahrpeyma, F., & Togha, M. (2017). Effect of ischemic compression for cervicogenic headache and elastic behavior of active trigger point in the sternocleidomastoid muscle using ultrasound imaging. *J Bodyw Mov Ther*, 21(4), 933-939. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.01.001>
- Kadefors, R., Forsman, M., Zoega, B., & Herberts, P. (1999). Recruitment of low threshold motor-units in the trapezius muscle in different static arm positions. *Ergonomics*, 42(2), 359-375. <https://doi.org/10.1080/001401399185711>
- Kassambara, A. (2017). *Practical Guide To Principal Component Methods in R: PCA, M(CA), FAMD, MFA, HCPC, factoextra*. STHDA. <https://books.google.de/books?id=eFEyDwAAQBAJ>
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). *factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*. <https://cran.r-project.org/web/packages/factoextra/index.html>
- Kavadar, G., Caglar, N., Ozen, S., Tutun, S., & Demircioglu, D. (2015). Efficacy of conventional ultrasound therapy on myofascial pain syndrome: a placebo controlled study. *Agri*, 27(4), 190-196. <https://doi.org/10.5505/agri.2015.48569>
- Ketenci, A., Basat, H., & Esmaeilzadeh, S. (2009). The efficacy of topical thiocolchicoside (Muscoril) in the treatment of acute cervical myofascial pain syndrome: a single-blind, randomized, prospective, phase IV clinical study. *Agri*, 21(3), 95-103.
- Kietrys, D. M., Palombaro, K. M., Azzaretto, E., Hubler, R., Schaller, B., Schlüssel, J. M., & Tucker, M. (2013). Effectiveness of dry needling for upper-quarter myofascial pain: a systematic review

- and meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther*, 43(9), 620-634. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4668>
- Kitahara, T., Schnoz, M., Laubli, T., Wellig, P., & Krueger, H. (2000). Motor-unit activity in the trapezius muscle during rest, while inputting data, and during fast finger tapping. *Eur J Appl Physiol*, 83(2-3), 181-189. <https://doi.org/10.1007/s004210000277>
- Kocak, A. O., Ahiskalioglu, A., Sengun, E., Gur, S. T. A., & Akbas, I. (2019). Comparison of intravenous NSAIDs and trigger point injection for low back pain in ED: A prospective randomized study. *Am J Emerg Med*. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.01.015>
- Kojidi, M. M., Okhovatian, F., Rahimi, A., Baghban, A. A., & Azimi, H. (2016). Comparison Between the Effects of Passive and Active Soft Tissue Therapies on Latent Trigger Points of Upper Trapezius Muscle in Women: Single-Blind, Randomized Clinical Trial. *J Chiropr Med*, 15(4), 235-242. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.08.010>
- Kopec, J. A., & Sayre, E. C. (2004). Work-related psychosocial factors and chronic pain: a prospective cohort study in Canadian workers. *J Occup Environ Med*, 46(12), 1263-1271.
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00359835>
- Leite, F. M., Atallah, A. N., El Dib, R., Grossmann, E., Januzzi, E., Andriolo, R. B., & da Silva, E. M. (2009). Cyclobenzaprine for the treatment of myofascial pain in adults. *Cochrane Database Syst Rev*(3), Cd006830. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006830.pub3>
- Lew, P. C., Lewis, J., & Story, I. (1997). Inter-therapist reliability in locating latent myofascial trigger points using palpation. *Man Ther*, 2(2), 87-90. <https://doi.org/10.1054/math.1997.0289>
- Licht, G. (2009). Diagnostik myofaszialer Schmerzen. In D. Irnich (Ed.), *Leitfaden Triggerpunkte* (pp. 101-145). Elsevier, Urban & Fischer. <https://books.google.de/books?id=TzmqxAtvKqkC>
- Lin, W. C., Shen, C. C., Tsai, S. J., & Yang, A. C. (2017). Increased Risk of Myofascial Pain Syndrome Among Patients with Insomnia. *Pain Med*, 18(8), 1557-1565. <https://doi.org/10.1093/pm/pnw300>
- Linton, S. (2001). Occupational Psychological Factors Increase the Risk for Back Pain: A Systematic Review. *Journal of occupational rehabilitation*, 11, 53-66. <https://doi.org/10.1023/A:1016656225318>
- Linton, S. J. (2000). A review of psychological risk factors in back and neck pain. *Spine (Phila Pa 1976)*, 25(9), 1148-1156. <https://doi.org/10.1097/00007632-200005010-00017>
- Liu, L., Huang, Q. M., Liu, Q. G., Thitham, N., Li, L. H., Ma, Y. T., & Zhao, J. M. (2018). Evidence for Dry Needling in the Management of Myofascial Trigger Points Associated With Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch Phys Med Rehabil*, 99(1), 144-152.e142. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.06.008>
- Liu, L., Huang, Q. M., Liu, Q. G., Ye, G., Bo, C. Z., Chen, M. J., & Li, P. (2015). Effectiveness of dry needling for myofascial trigger points associated with neck and shoulder pain: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*, 96(5), 944-955. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.12.015>
- Lluch, E., Nijs, J., De Koning, M., Van Dyck, D., Vanderstraeten, R., Struyf, F., & Rousel, N. A. (2015). Prevalence, Incidence, Localization, and Pathophysiology of Myofascial Trigger Points in Patients With Spinal Pain: A Systematic Literature Review. *J Manipulative Physiol Ther*, 38(8), 587-600. <https://doi.org/10.1016/j.jimpt.2015.08.004>
- Lucas, N., Macaskill, P., Irwig, L., Moran, R., & Bogduk, N. (2009). Reliability of physical examination for diagnosis of myofascial trigger points: a systematic review of the literature. *Clin J Pain*, 25(1), 80-89. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e31817e13b6>
- Lugo, L. H., Garcia, H. I., Rogers, H. L., & Plata, J. A. (2016). Treatment of myofascial pain syndrome with lidocaine injection and physical therapy, alone or in combination: a single blind, randomized, controlled clinical trial. *BMC Musculoskelet Disord*, 17, 101. <https://doi.org/10.1186/s12891-016-0949-3>
- Malanga, G. A., Gwynn, M. W., Smith, R., & Miller, D. (2002). Tizanidine is effective in the treatment of myofascial pain syndrome. *Pain Physician*, 5(4), 422-432.

- Manfredini, D., Romagnoli, M., Cantini, E., & Bosco, M. (2004). Efficacy of tizanidine hydrochloride in the treatment of myofascial face pain. *Minerva Med*, *95*(2), 165-171.
- Mayoral Del Moral, O., Torres Lacomba, M., Russell, I. J., Sanchez Mendez, O., & Sanchez Sanchez, B. (2018). Validity and Reliability of Clinical Examination in the Diagnosis of Myofascial Pain Syndrome and Myofascial Trigger Points in Upper Quarter Muscles. *Pain Med*, *19*(10), 2039-2050. <https://doi.org/10.1093/pm/pnx315>
- Medeiros, L. F., Caumo, W., Dussan-Sarria, J., Deitos, A., Brietzke, A., Laste, G., Campos-Carraro, C., de Souza, A., Scarabelot, V. L., Cioato, S. G., Vercelino, R., de Castro, A. L., Araujo, A. S., Bello-Klein, A., Fregni, F., & Torres, I. L. (2016). Effect of Deep Intramuscular Stimulation and Transcranial Magnetic Stimulation on Neurophysiological Biomarkers in Chronic Myofascial Pain Syndrome. *Pain Med*, *17*(1), 122-135. <https://doi.org/10.1111/pme.12919>
- Meng, F., Hong-You, G., Yong-Hui, W., & Shou-Wei, Y. (2015). Myelinated afferents are involved in pathology of the spontaneous electrical activity and mechanical hyperalgesia of myofascial trigger spots in rats. *Evidence - Based Complementary and Alternative Medicine*, 404971.
- Mense, S., Simons, D. G., & Russel, I. J. (2001). *Muscle Pain - Understanding Its Nature, Diagnosis, and Treatment*. Lippincott Williams & Wilkings.
- Merskey, H., & Bogduk, N. (1994). *Classification of Chronic Pain: Descriptions of Chronic Pain Syndromes and Definitions of Pain Terms* (2 ed.). IASP Press.
- Mills, S. E. E., Nicolson, K. P., & Smith, B. H. (2019). Chronic pain: a review of its epidemiology and associated factors in population-based studies. *Br J Anaesth*, *123*(2), e273-e283. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2019.03.023>
- Minerbi, A., & Vulfsons, S. (2018). Challenging the Cinderella Hypothesis: A New Model for the Role of the Motor Unit Recruitment Pattern in the Pathogenesis of Myofascial Pain Syndrome in Postural Muscles. *Rambam Maimonides Med J*, *9*(3). <https://doi.org/10.5041/rmmj.10336>
- Müller, C. E., Aranha, M. F., & Gaviao, M. B. (2015). Two-dimensional ultrasound and ultrasound elastography imaging of trigger points in women with myofascial pain syndrome treated by acupuncture and electroacupuncture: a double-blinded randomized controlled pilot study. *Ultrason Imaging*, *37*(2), 152-167. <https://doi.org/10.1177/0161734614546571>
- Myburgh, C., Lauridsen, H. H., Larsen, A. H., & Hartvigsen, J. (2011). Standardized manual palpation of myofascial trigger points in relation to neck/shoulder pain; the influence of clinical experience on inter-examiner reproducibility. *Man Ther*, *16*(2), 136-140. <https://doi.org/10.1016/j.math.2010.08.002>
- Nascimento, J., Albuquerque-Sendin, F., Vigolvinho, L. P., Oliveira, W. F., & Sousa, C. O. (2018). Inter- and Intraexaminer Reliability in Identifying and Classifying Myofascial Trigger Points in Shoulder Muscles. *Arch Phys Med Rehabil*, *99*(1), 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.06.020>
- Nicol, A. L., Wu, H., & Ferrante, F. M. (2014). Botulinum toxin type a injections for cervical and shoulder girdle myofascial pain using an enriched protocol design. *Anesth Analg*, *118*(6), 1326-1335. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000000192>
- Njoo, K. H., & Van der Does, E. (1994). The occurrence and inter-rater reliability of myofascial trigger points in the quadratus lumborum and gluteus medius: a prospective study in non-specific low back pain patients and controls in general practice. *Pain*, *58*(3), 317-323. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(94\)90125-2](https://doi.org/10.1016/0304-3959(94)90125-2)
- Nobis, H.-G., & Rolke, R. (2016). Herausforderung Schmerz. In H.-G. Nobis, R. Rolke, & T. Graf-Baumann (Eds.), *Schmerz - eine Herausforderung: Offizielle Informationsschrift mehrerer Schmerzgesellschaften* (2 ed.). Springer.
- Nougé, E., Dajani, J., Ku, B., Al-Eryani, K., Padilla, M., & Enciso, R. (2019). Local Anesthetic Injections for the Short-Term Treatment of Head and Neck Myofascial Pain Syndrome: A Systematic Review with Meta-Analysis. *J Oral Facial Pain Headache*, *33*(2), 183-198. <https://doi.org/10.11607/ofph.2277>
- Ong, J., & Claydon, L. S. (2014). The effect of dry needling for myofascial trigger points in the neck and shoulders: a systematic review and meta-analysis. *J Bodyw Mov Ther*, *18*(3), 390-398. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2013.11.009>

- Otten, E. (1988). Concepts and Models of Functional Architecture in Skeletal Muscle. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 16(1), 89-138. [https://journals.lww.com/acsm-essr/Fulltext/1988/00160/Concepts and Models of Functional Architecture in.6.aspx](https://journals.lww.com/acsm-essr/Fulltext/1988/00160/Concepts_and_Models_of_Functional_Architecture_in.6.aspx)
- Pain Proposal. (2010). [http://www.dgss.org/fileadmin/pdf/Pain\\_Proposal\\_European\\_Consensus\\_Report.pdf](http://www.dgss.org/fileadmin/pdf/Pain_Proposal_European_Consensus_Report.pdf)
- Parthasarathy, S., Sundar, S., & Mishra, G. (2019). Assessment of predisposing factors in myofascial pain syndrome and the analgesic effect of trigger point injections - A primary therapeutic interventional clinical trial. *Indian J Anaesth*, 63(4), 300-303. [https://doi.org/10.4103/ija.IJA\\_6\\_19](https://doi.org/10.4103/ija.IJA_6_19)
- R Core Team. (2013). R: A language and environment for statistical computing. In. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Raeissadat, S. A., Rayegani, S. M., Sadeghi, F., & Rahimi-Dehgolan, S. (2018). Comparison of ozone and lidocaine injection efficacy vs dry needling in myofascial pain syndrome patients. *J Pain Res*, 11, 1273-1279. <https://doi.org/10.2147/jpr.S164629>
- Ranoux, D., Martine, G., Espagne-Dubreuilh, G., Amilhaud-Bordier, M., Caire, F., & Magy, L. (2017). OnabotulinumtoxinA injections in chronic migraine, targeted to sites of pericranial myofascial pain: an observational, open label, real-life cohort study. *J Headache Pain*, 18(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s10194-017-0781-7>
- Rauck, R., Busch, M., & Marriott, T. (2013). Effectiveness of a heated lidocaine/tetracaine topical patch for pain associated with myofascial trigger points: results of an open-label pilot study. *Pain Pract*, 13(7), 533-538. <https://doi.org/10.1111/papr.12017>
- Rha, D. W., Shin, J. C., Kim, Y. K., Jung, J. H., Kim, Y. U., & Lee, S. C. (2011). Detecting local twitch responses of myofascial trigger points in the lower-back muscles using ultrasonography. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(10), 1576-1580 e1571. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.05.005>
- Rivers, W. E., Garrigues, D., Graciosa, J., & Harden, R. N. (2015). Signs and Symptoms of Myofascial Pain: An International Survey of Pain Management Providers and Proposed Preliminary Set of Diagnostic Criteria. *Pain Med*, 16(9), 1794-1805. <https://doi.org/10.1111/pme.12780>
- Roach, S., Sorenson, E., Headley, B., & San Juan, J. G. (2013). Prevalence of myofascial trigger points in the hip in patellofemoral pain. *Arch Phys Med Rehabil*, 94(3), 522-526. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.10.022>
- Rodriguez-Mansilla, J., Gonzalez-Sanchez, B., De Toro Garcia, A., Valera-Donoso, E., Garrido-Ardila, E. M., Jimenez-Palomares, M., & Gonzalez Lopez-Arza, M. V. (2016). Effectiveness of dry needling on reducing pain intensity in patients with myofascial pain syndrome: a Meta-analysis. *J Tradit Chin Med*, 36(1), 1-13.
- Sadria, G., Hosseini, M., Rezasoltani, A., Akbarzadeh Bagheban, A., Davari, A., & Seifollahi, A. (2017). A comparison of the effect of the active release and muscle energy techniques on the latent trigger points of the upper trapezius. *J Bodyw Mov Ther*, 21(4), 920-925. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.10.005>
- Sanz, D. R., Lobo, C. C., Lopez, D. L., Morales, C. R., Marin, C. S., & Corbalan, I. S. (2016). Interrater Reliability in the Clinical Evaluation of Myofascial Trigger Points in Three Ankle Muscles. *J Manipulative Physiol Ther*, 39(9), 623-634. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2016.09.002>
- Schmidt, C., Bernert, S., & Spyra, K. (2014). Zur Relevanz psychischer Komorbiditäten bei chronischem Rückenschmerz: Häufigkeitsbild, Erwerbsminderungsrenten und Reha-Nachsorge im Zeitverlauf der Reha-Kohorten 2002–2009. *Die Rehabilitation*, 53(6), 384-389.
- Sciotti, V. M., Mittak, V. L., DiMarco, L., Ford, L. M., Plezbert, J., Santipadri, E., Wigglesworth, J., & Ball, K. (2001). Clinical precision of myofascial trigger point location in the trapezius muscle. *Pain*, 93(3), 259-266. [https://doi.org/10.1016/s0304-3959\(01\)00325-6](https://doi.org/10.1016/s0304-3959(01)00325-6)
- Shah, J. P., Danoff, J. V., Desai, M. J., Parikh, S., Nakamura, L. Y., Phillips, T. M., & Gerber, L. H. (2008). Biochemicals associated with pain and inflammation are elevated in sites near to and remote from active myofascial trigger points. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(1), 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.10.018>



- Shankar, H., & Reddy, S. (2012). Two- and three-dimensional ultrasound imaging to facilitate detection and targeting of taut bands in myofascial pain syndrome. *Pain Med*, 13(7), 971-975. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2012.01411.x>
- Sikdar, S., Ortiz, R., Gebreab, T., Gerber, L. H., & Shah, J. P. (2010). Understanding the vascular environment of myofascial trigger points using ultrasonic imaging and computational modeling. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2010, 5302-5305. <https://doi.org/10.1109/iembs.2010.5626326>
- Sikdar, S., Shah, J. P., Gebreab, T., Yen, R. H., Gilliams, E., Danoff, J., & Gerber, L. H. (2009). Novel applications of ultrasound technology to visualize and characterize myofascial trigger points and surrounding soft tissue. *Arch Phys Med Rehabil*, 90(11), 1829-1838. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.04.015>
- Simons, D. G. (1999). Diagnostic Criteria of Myofascial Pain Caused by Trigger Points. *Journal of Musculoskeletal Pain*, 7(1), 111-120.
- Simons, D. G. (2004). New Aspects of Myofascial Trigger Points: Etiological and Clinical. *Journal of Musculoskeletal Pain*, 12(3-4), 15-21.
- Simons, D. G. (2008). New views of myofascial trigger points: etiology and diagnosis. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(1), 157-159. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.11.016>
- Simons, D. G., & Travell, J. (1981). Myofascial trigger points, a possible explanation. *Pain*, 10(1), 106-109.
- Simons, D. G., Travell, J. G., & Simons, L. S. (1999). *Travell & Simons' Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual* (2 ed., Vol. 1: Upper Half of Body). Williams & Wilkins. <https://books.google.de/books?id=sUOXupX7DGsC>
- Smania, N., Corato, E., Fiaschi, A., Pietropoli, P., Aglioti, S. M., & Tinazzi, M. (2003). Therapeutic effects of peripheral repetitive magnetic stimulation on myofascial pain syndrome. *Clin Neurophysiol*, 114(2), 350-358.
- Smania, N., Corato, E., Fiaschi, A., Pietropoli, P., Aglioti, S. M., & Tinazzi, M. (2005). Repetitive magnetic stimulation: a novel therapeutic approach for myofascial pain syndrome. *J Neurol*, 252(3), 307-314. <https://doi.org/10.1007/s00415-005-0642-1>
- Srbely, J. Z., & Dickey, J. P. (2007). Randomized controlled study of the antinociceptive effect of ultrasound on trigger point sensitivity: novel applications in myofascial therapy? *Clin Rehabil*, 21(5), 411-417. <https://doi.org/10.1177/0269215507073342>
- Strack, F., Martin, L. L., & Stepper, S. (1988). Inhibiting and facilitating conditions of the human smile: a nonobtrusive test of the facial feedback hypothesis. *J Pers Soc Psychol*, 54(5), 768-777. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.54.5.768>
- Takla, M. K. N. (2018). Low-frequency high-intensity versus medium-frequency low-intensity combined therapy in the management of active myofascial trigger points: A randomized controlled trial. *Physiother Res Int*, 23(4), e1737. <https://doi.org/10.1002/pri.1737>
- Takla, M. K. N., & Rezk-Allah, S. S. (2018). Immediate Effects of Simultaneous Application of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Ultrasound Phonophoresis on Active Myofascial Trigger Points: A Randomized Controlled Trial. *Am J Phys Med Rehabil*, 97(5), 332-338. <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000000876>
- Tough, E. A., White, A. R., Cummings, T. M., Richards, S. H., & Campbell, J. L. (2009). Acupuncture and dry needling in the management of myofascial trigger point pain: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Eur J Pain*, 13(1), 3-10. <https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2008.02.006>
- Tough, E. A., White, A. R., Richards, S., & Campbell, J. (2007). Variability of criteria used to diagnose myofascial trigger point pain syndrome--evidence from a review of the literature. *Clin J Pain*, 23(3), 278-286. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e31802fda7c>
- Travell, J. G., & Simons, D. G. (1982). *Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual* (1 ed., Vol. 1: The Upper Extremities). Williams & Wilkins.
- Travell, J. G., & Simons, D. G. (2002). *Handbuch der Muskel-Triggerpunkte* (2 ed., Vol. 1: Obere Extremität, Kopf und Rumpf). Urban & Fischer.

- Turk, D. C., Fillingim, R. B., Ohrbach, R., & Patel, K. V. (2016). Assessment of Psychosocial and Functional Impact of Chronic Pain. *J Pain*, 17(9 Suppl), T21-49. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2016.02.006>
- Turo, D., Otto, P., Shah, J. P., Heimur, J., Gebreab, T., Zaazhoa, M., Armstrong, K., Gerber, L. H., & Sikdar, S. (2013). Ultrasonic characterization of the upper trapezius muscle in patients with chronic neck pain. *Ultrason Imaging*, 35(2), 173-187. <https://doi.org/10.1177/0161734612472408>
- Unalan, H., Majlesi, J., Aydin, F. Y., & Palamar, D. (2011). Comparison of high-power pain threshold ultrasound therapy with local injection in the treatment of active myofascial trigger points of the upper trapezius muscle. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(4), 657-662. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.11.030>
- Ustun, N., Arslan, F., Mansuroglu, A., Inanoglu, D., Yagiz, A. E., Guler, H., & Turhanoglu, A. D. (2014). Efficacy of EMLA cream phonophoresis comparison with ultrasound therapy on myofascial pain syndrome of the trapezius: a single-blind, randomized clinical study. *Rheumatol Int*, 34(4), 453-457. <https://doi.org/10.1007/s00296-013-2881-2>
- van Hecke, O., Torrance, N., & Smith, B. H. (2013). Chronic pain epidemiology and its clinical relevance. *Br J Anaesth*, 111(1), 13-18. <https://doi.org/10.1093/bja/aet123>
- Vernon, H., & Schneider, M. (2009). Chiropractic management of myofascial trigger points and myofascial pain syndrome: a systematic review of the literature. *J Manipulative Physiol Ther*, 32(1), 14-24. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2008.06.012>
- Vos, T., Flaxman, A. D., Naghavi, M., Lozano, R., Michaud, C., Ezzati, M., Shibuya, K., Salomon, J. A., Abdalla, S., Aboyans, V., Abraham, J., Ackerman, I., Aggarwal, R., Ahn, S. Y., Ali, M. K., Alvarado, M., Anderson, H. R., Anderson, L. M., Andrews, K. G., Atkinson, C., Baddour, L. M., Bahalim, A. N., Barker-Collo, S., Barrero, L. H., Bartels, D. H., Basanez, M. G., Baxter, A., Bell, M. L., Benjamin, E. J., Bennett, D., Bernabe, E., Bhalla, K., Bhandari, B., Bikbov, B., Bin Abdulhak, A., Birbeck, G., Black, J. A., Blencowe, H., Blore, J. D., Blyth, F., Bolliger, I., Bonaventure, A., Boufous, S., Bourne, R., Boussinesq, M., Braithwaite, T., Brayne, C., Bridgett, L., Brooker, S., Brooks, P., Brugha, T. S., Bryan-Hancock, C., Bucello, C., Buchbinder, R., Buckle, G., Budke, C. M., Burch, M., Burney, P., Burstein, R., Calabria, B., Campbell, B., Canter, C. E., Carabin, H., Carapetis, J., Carmona, L., Cella, C., Charlson, F., Chen, H., Cheng, A. T., Chou, D., Chugh, S. S., Coffeng, L. E., Colan, S. D., Colquhoun, S., Colson, K. E., Condon, J., Connor, M. D., Cooper, L. T., Corriere, M., Cortinovis, M., de Vaccaro, K. C., Couser, W., Cowie, B. C., Criqui, M. H., Cross, M., Dabhadkar, K. C., Dahiya, M., Dahodwala, N., Damsere-Derry, J., Danaei, G., Davis, A., De Leo, D., Degenhardt, L., Dellavalle, R., Delossantos, A., Denenberg, J., Derrett, S., Des Jarlais, D. C., Dharmaratne, S. D., Dherani, M., Diaz-Torne, C., Dolk, H., Dorsey, E. R., Driscoll, T., Duber, H., Ebel, B., Edmond, K., Elbaz, A., Ali, S. E., Erskine, H., Erwin, P. J., Espindola, P., Ewoigbokhan, S. E., Farzadfar, F., Feigin, V., Felson, D. T., Ferrari, A., Ferri, C. P., Fevre, E. M., Finucane, M. M., Flaxman, S., Flood, L., Foreman, K., Forouzanfar, M. H., Fowkes, F. G., Franklin, R., Fransen, M., Freeman, M. K., Gabbe, B. J., Gabriel, S. E., Gakidou, E., Ganatra, H. A., Garcia, B., Gaspari, F., Gillum, R. F., Gmel, G., Gosselin, R., Grainger, R., Groeger, J., Guillemin, F., Gunnell, D., Gupta, R., Haagsma, J., Hagan, H., Halasa, Y. A., Hall, W., Haring, D., Haro, J. M., Harrison, J. E., Havmoeller, R., Hay, R. J., Higashi, H., Hill, C., Hoen, B., Hoffman, H., Hotez, P. J., Hoy, D., Huang, J. J., Ibeanusi, S. E., Jacobsen, K. H., James, S. L., Jarvis, D., Jasrasaria, R., Jayaraman, S., Johns, N., Jonas, J. B., Karthikeyan, G., Kassebaum, N., Kawakami, N., Keren, A., Khoo, J. P., King, C. H., Knowlton, L. M., Kobusingye, O., Koranteng, A., Krishnamurthi, R., Laloo, R., Laslett, L. L., Lathlean, T., Leasher, J. L., Lee, Y. Y., Leigh, J., Lim, S. S., Limb, E., Lin, J. K., Lipnick, M., Lipshultz, S. E., Liu, W., Loane, M., Ohno, S. L., Lyons, R., Ma, J., Mabweijano, J., MacIntyre, M. F., Malekzadeh, R., Mallinger, L., Manivannan, S., Marcenes, W., March, L., Margolis, D. J., Marks, G. B., Marks, R., Matsumori, A., Matzopoulos, R., Mayosi, B. M., McAnulty, J. H., McDermott, M. M., McGill, N., McGrath, J., Medina-Mora, M. E., Meltzer, M., Mensah, G. A., Merriman, T. R., Meyer, A. C., Miglioli, V., Miller, M., Miller, T. R., Mitchell, P. B., Mocumbi, A. O., Moffitt, T. E., Mokdad, A. A., Monasta, L., Montico, M., Moradi-Lakeh, M., Moran, A., Morawska, L.,

- Mori, R., Murdoch, M. E., Mwaniki, M. K., Naidoo, K., Nair, M. N., Naldi, L., Narayan, K. M., Nelson, P. K., Nelson, R. G., Nevitt, M. C., Newton, C. R., Nolte, S., Norman, P., Norman, R., O'Donnell, M., O'Hanlon, S., Olives, C., Omer, S. B., Ortblad, K., Osborne, R., Ozgediz, D., Page, A., Pahari, B., Pandian, J. D., Rivero, A. P., Patten, S. B., Pearce, N., Padilla, R. P., Perez-Ruiz, F., Perico, N., Pesudovs, K., Phillips, D., Phillips, M. R., Pierce, K., Pion, S., Polanczyk, G. V., Polinder, S., Pope, C. A., 3rd, Popova, S., Porrini, E., Pourmalek, F., Prince, M., Pullan, R. L., Ramaiah, K. D., Ranganathan, D., Razavi, H., Regan, M., Rehm, J. T., Rein, D. B., Remuzzi, G., Richardson, K., Rivara, F. P., Roberts, T., Robinson, C., De Leon, F. R., Ronfani, L., Room, R., Rosenfeld, L. C., Rushton, L., Sacco, R. L., Saha, S., Sampson, U., Sanchez-Riera, L., Sanman, E., Schwebel, D. C., Scott, J. G., Segui-Gomez, M., Shahraz, S., Shepard, D. S., Shin, H., Shivakoti, R., Singh, D., Singh, G. M., Singh, J. A., Singleton, J., Sleet, D. A., Sliwa, K., Smith, E., Smith, J. L., Stapelberg, N. J., Steer, A., Steiner, T., Stolk, W. A., Stovner, L. J., Sudfeld, C., Syed, S., Tamburlini, G., Tavakkoli, M., Taylor, H. R., Taylor, J. A., Taylor, W. J., Thomas, B., Thomson, W. M., Thurston, G. D., Tleyjeh, I. M., Tonelli, M., Towbin, J. A., Truelsen, T., Tsilimbaris, M. K., Ubeda, C., Undurraga, E. A., van der Werf, M. J., van Os, J., Vavilala, M. S., Venketasubramanian, N., Wang, M., Wang, W., Watt, K., Weatherall, D. J., Weinstock, M. A., Weintraub, R., Weisskopf, M. G., Weissman, M. M., White, R. A., Whiteford, H., Wiersma, S. T., Wilkinson, J. D., Williams, H. C., Williams, S. R., Witt, E., Wolfe, F., Woolf, A. D., Wulf, S., Yeh, P. H., Zaidi, A. K., Zheng, Z. J., Zonies, D., Lopez, A. D., Murray, C. J., AlMazroa, M. A., & Memish, Z. A. (2012). Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, *380*(9859), 2163-2196. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(12\)61729-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(12)61729-2)
- Wenig, C. M., Schmidt, C. O., Kohlmann, T., & Schweikert, B. (2009). Costs of back pain in Germany. *Eur J Pain*, *13*(3), 280-286. <https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2008.04.005>
- Westgaard, R. H., & de Luca, C. J. (1999). Motor unit substitution in long-duration contractions of the human trapezius muscle. *J Neurophysiol*, *82*(1), 501-504. <https://doi.org/10.1152/jn.1999.82.1.501>
- Westgaard, R. H., & De Luca, C. J. (2001). Motor control of low-threshold motor units in the human trapezius muscle. *J Neurophysiol*, *85*(4), 1777-1781. <https://doi.org/10.1152/jn.2001.85.4.1777>
- Wissenschaftliches Institut der AOK (2011). *Arbeitsunfähigkeit bei AOK-Pflichtmitgliedern ohne Rentner*. <https://www.gbe-bund.de/gbe/abrechnung.prc abr test logon?p uid=gast&p aid=0&p knoten=FID&p sprache=D&p suchstring=15449>
- Wilke, J., Niederer, D., Fleckenstein, J., Vogt, L., & Banzer, W. (2016). Range of motion and cervical myofascial pain. *J Bodyw Mov Ther*, *20*(1), 52-55. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.04.003>
- World Health Organisation (WHO). (2019). International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems - 11th Revision (ICD-11).
- Wytrazek, M., Huber, J., Lipiec, J., & Kulczyk, A. (2015). Evaluation of palpation, pressure algometry, and electromyography for monitoring trigger points in young participants. *J Manipulative Physiol Ther*, *38*(3), 232-243. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2014.12.005>
- Xie, P., Qin, B., Yang, F., Yu, T., Yu, J., Wang, J., & Zheng, H. (2015). Lidocaine Injection in the Intramuscular Innervation Zone Can Effectively Treat Chronic Neck Pain Caused by MTrPs in the Trapezius Muscle. *Pain Physician*, *18*(5), E815-826.
- Yu, S. H., & Kim, H. J. (2015). Electrophysiological characteristics according to activity level of myofascial trigger points. *J Phys Ther Sci*, *27*(9), 2841-2843. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2841>
- Zennaro, D., Laubli, T., Krebs, D., Klipstein, A., & Krueger, H. (2003). Continuous, intermitted and sporadic motor unit activity in the trapezius muscle during prolonged computer work. *J Electromyogr Kinesiol*, *13*(2), 113-124.
- Zhang, H., Lu, J. J., Huang, Q. M., Liu, L., Liu, Q. G., & Eric, O. A. (2017). Histopathological nature of myofascial trigger points at different stages of recovery from injury in a rat model. *Acupunct Med*, *35*(6), 445-451. <https://doi.org/10.1136/acupmed-2016-011212>

- Zhou, J. Y., & Wang, D. (2014). An update on botulinum toxin A injections of trigger points for myofascial pain. *Curr Pain Headache Rep*, 18(1), 386. <https://doi.org/10.1007/s11916-013-0386-z>
- Zhuang, X., Tan, S., & Huang, Q. (2014). Understanding of myofascial trigger points. *Chin Med J (Engl)*, 127(24), 4271-4277.

## **Zusammenfassung**

### *Einleitung*

Myofasziale Triggerpunkte sind Orte erhöhter Reizbarkeit in der Muskulatur. Es ist davon auszugehen, dass myofasziale Triggerpunkte in hohem Maße zum Schmerzgeschehen bei chronischen Schmerzen beitragen. Für eine effektive Behandlung stellt eine korrekte Diagnosestellung die notwendige Voraussetzung dar. Allerdings existiert derzeit weder eine Standardisierung der Untersuchungsmethoden, noch bestehen einheitlich anerkannte Kriterien für die Diagnostik. Ziel der vorliegenden Arbeit war, die angewandten Kriterien für die Diagnostik von myofaszialen Triggerpunkten im Rahmen der körperlichen Untersuchung anhand der Häufigkeit und Kombination ihres Auftretens hinsichtlich ihrer Relevanz für die Diagnosestellung zu untersuchen.

### *Methode*

Bei insgesamt 61 chronischen Schmerzpatienten, die das interdisziplinäre Assessment in der Schmerzambulanz am Klinikum der LMU München durchliefen, beurteilte jeweils einer von fünf in der Schmerzdiagnostik versierten Ärzten in einer standardisierten körperlichen Untersuchung Struktur, Schmerzgeschehen sowie Funktionalität von auffälligen Stellen im Musculus trapezius sowie Musculus levator scapulae beidseits. Der Patient beantwortete zusätzlich Fragen zur Symptomatik und der Untersucher gab seine Einschätzung zur Diagnosestellung ab. Die Daten wurden mittels der Multiplen Korrespondenzanalyse (MCA) ausgewertet, wodurch die Beziehung zwischen den Diagnosekriterien visualisiert sowie deren Relevanz beurteilt werden konnte. Basierend auf den Ergebnissen der MCA teilte eine Clusteranalyse die Patienten auf Basis der Diagnosekriterien in Gruppen ein. Exakte Tests nach Fischer zeigten die Häufigkeiten der Diagnosekriterien in Abhängigkeit von der ärztlichen Einschätzung bezüglich der Diagnose eines myofaszialen Triggerpunktes, eines myofaszialen Schmerzsyndroms und eines für das Schmerzgeschehen relevanten Befundes.

### *Ergebnisse*

Bei 65,6% der Patienten wurde mindestens ein MTrP diagnostiziert. Nach Meinung der Untersucher lag bei mehr als der Hälfte der Patienten ein MSS und/oder ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund vor. Im Rahmen der körperlichen Untersuchung der Patienten fielen die Diagnosekriterien Hartspannstrang, Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, Knötchenstruktur im Hartspannstrang sowie Übertragungsschmerz am häufigsten auf und waren bei 50,9% bis 85,2% der Patienten vertreten. Diese Kriterien wurden als klassische Diagnosekriterien bezeichnet. Im Vergleich dazu war ein Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang

mit 13,1% ebenso wie eine Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang mit 3,3% in der Patientenstichprobe selten vertreten. Den klassischen Diagnosekriterien wurden ergänzende Diagnosekriterien gegenübergestellt, welche insgesamt seltener waren und bis auf eine Ausnahme nur dann vorkamen, wenn mindestens ein klassisches Diagnosekriterium oder ein Druckschmerzpunkt/eine Knötchenstruktur außerhalb des Hartspannstranges vorhanden waren. Zu den ergänzenden Diagnosekriterien zählten Bewegungseinschränkung, Schmerzen bei kräftiger Kontraktion sowie eine Symptomverschlechterung bei Stress. Diese waren bei 24,6% bis 27,9% der Patienten zu finden. Seltener nachweisbar waren eine Muskelschwäche (13,1%) sowie eine unwillkürliche Ausweichbewegung (19,7%). Die Diagnosekriterien lokale Zuckungsreaktion sowie lokale autonome Phänomene waren nur in Einzelfällen bei 1,6% bis 4,9% der Patienten auslösbar.

Ein Vergleich der Ausprägungshäufigkeiten der Diagnosekriterien bei Patienten, bei denen ein MTrP vorhanden war, gegenüber jenen, bei welchen ein MSS bzw. ein für das Schmerzgeschehen relevanter Befund festgestellt wurde, fiel in den einzelnen Gruppen jeweils sehr ähnlich aus und die Ausprägungshäufigkeiten waren insgesamt mit der Verteilung in der Gesamtstichprobe vergleichbar. In allen Einzelvergleichen zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Ausprägungshäufigkeit der Diagnosekriterien Hartspannstrang, Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, Übertragungsschmerz sowie Verschlechterung bei Stress und der klinischen Einschätzung, ob es sich bei der untersuchten Stelle um einen MTrP, ein MSS bzw. einen für das Schmerzgeschehen relevanten Befund handelte. Gleiches galt bis auf eine Ausnahme für die Knötchenstruktur im Hartspannstrang, welche nur im M. levator scapulae rechts bei der Frage, ob ein MTrP vorlag, keinen signifikanten Unterschied in der Ausprägungshäufigkeit zeigte. Die Ausprägungshäufigkeit der Bewegungseinschränkung sowie der unwillkürlichen Ausweichbewegung unterschied sich vor allem signifikant hinsichtlich der Fragen, ob ein MTrP bzw. ein MSS vorlag, die Ausprägungshäufigkeit der Schmerzen bei kräftiger Kontraktion hingegen bei der Frage, ob der Befund relevant für das Schmerzgeschehen war. Die Häufigkeit der Diagnosekriterien Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang, Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang sowie Muskelschwäche trug zu keiner Unterscheidung signifikant bei. Nie oder für eine sinnvolle Analyse zu selten fanden sich die Diagnosekriterien lokale Zuckungsreaktion sowie autonome Phänomene.

Eine hierarchische Clusteranalyse basierend auf den Ergebnissen der MCA ergab, dass Patienten auf der Basis der Diagnosekriterien in vier unterschiedliche Gruppen eingeteilt werden können. Cluster 1 (n=148 auffällige Stellen) beschreibt Patienten, bei welchen entweder keines oder nur ein einzelnes Diagnosekriterium, in der Regel ein Hartspannstrang, gefunden

wurde. Cluster 2 (n=13 auffällige Stellen) beschreibt Patienten mit Druckschmerzpunkt ohne Hartspannstrang und/oder Knötchenstruktur ohne Hartspannstrang. Vereinzelt lagen zusätzlich ergänzende Diagnosekriterien vor. Cluster 3 (n=53 auffällige Stellen) beschreibt Patienten, die eine Kombination aus den klassischen Diagnosekriterien aufwiesen, wobei ein Hartspannstrang bis auf eine Ausnahme immer und ein Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang fast immer an der Kombination beteiligt waren, welche gegebenenfalls durch eine Knötchenstruktur im Hartspannstrang und/oder einen Übertragungsschmerz erweitert wurde. Ergänzende Diagnosekriterien waren nur einige wenige zu finden. Cluster 4 (n=30 auffällige Stellen) beschreibt Patienten, die ebenfalls eine Kombination aus den klassischen Diagnosekriterien vergleichbar mit Cluster 3 hatten, allerdings zudem mehrere der ergänzenden Diagnosekriterien aufwiesen. Bei keiner der auffälligen Stellen aus Cluster 1 und 2, jedoch bei 75,5% aus Cluster 3 und 96,7% aus Cluster 4 lag nach klinischer Einschätzung ein MTrP vor.

Zur Definition der Dimension 1 der MCA und damit zur Unterscheidbarkeit MTrP ja/nein trugen von den klassischen Diagnosekriterien in erster Linie der Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, der Übertragungsschmerz sowie die Knötchenstruktur im Hartspannstrang bei. Von den ergänzenden Diagnosekriterien leisteten die Symptomverschlechterung bei Stress sowie die Bewegungseinschränkung, nachrangig auch die unwillkürliche Ausweichbewegung den größten Beitrag.

### *Diskussion*

Die vorliegende Studie untersuchte erstmals sämtliche Diagnosekriterien, die im Rahmen der körperlichen Untersuchung zur Diagnostik von MTrP herangezogen werden können, hinsichtlich ihrer Relevanz für die Diagnosestellung.

Als besonders relevant für die Diagnosestellung eines MTrP konnten aus den Ergebnissen der MCA sowie der klinischen Einschätzung der Untersucher die Diagnosekriterien Hartspannstrang in Kombination mit einem weiteren klassischen Diagnosekriterium, in erster Linie Druckschmerzpunkt im Hartspannstrang, seltener Knötchenstruktur im Hartspannstrang und/oder Übertragungsschmerz abgeleitet werden. Allerdings führte diese Kombination allein noch nicht zu einer sicheren Diagnosestellung. Diese wurde erst gefestigt durch das Vorliegen ergänzender Diagnosekriterien, insbesondere durch die Symptomverschlechterung bei Stress sowie die Bewegungseinschränkung, nachrangig auch die unwillkürliche Ausweichbewegung.

Die in der vorliegenden Studie als relevant beschriebenen klassischen Diagnosekriterien entsprechen weitgehend den im internationalen Konsens als wesentlich definierten Diagnosekriterien, welche aus einer aktuellen Umfrage an 60 Experten aus zwölf Ländern hervorgingen. Im Gegensatz zum bisherigen Expertenkonsens deuten die Ergebnisse der vorliegenden Studie allerdings darauf hin, dass der Hartspannstrang als grundsätzlich notwendiges Diagnosekriterium erwogen werden sollte und somit eines der vom Expertenkonsens vorgeschlagenen zwei zentralen Diagnosekriterien, bestehend wahlweise aus Hartspannstrang, Druckschmerzpunkt sowie Übertragungsschmerz, ausmachen muss. Zudem sollte die in bisherigen Studien wenig beachtete Knötchenstruktur im Hartspannstrang ergänzend in die Liste der relevanten Diagnosekriterien aufgenommen werden.

Offen bleibt in der vorliegenden Studie die Frage, welche genaue Anzahl an Diagnosekriterien tatsächlich für die sichere Diagnosestellung notwendig ist. Zudem müssten die Diagnosekriterien in einem weiteren Schritt hinsichtlich Objektivität, Reliabilität und Validität überprüft werden, sodass langfristig ein diagnostisches Set zur Verfügung steht, welches im klinischen Praxisalltag anwendbar ist.



# **Anhang A: Patientenaufklärung**

## **Patienteninformation und Einverständniserklärung**

### **zur Studie**

#### **Überprüfung der Kriterien für die Diagnostik von myofaszialen Triggerpunkten im Rahmen der körperlichen Untersuchung**

**Studienleiter: PD Dr. med. Dominik Irnich**

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

wir freuen uns, dass Sie sich für unsere Studie zum Thema myofasziale Triggerpunkte interessieren.

Myofasziale (= muskuläre) Triggerpunkte sind Orte mit hoher Reizbarkeit im Muskel, die sich durch bestimmte Eigenschaften, wie z.B. tastbare Knötchen oder Verhärtungen im Muskelgewebe, auszeichnen. Dies kann zu Schmerzen oder eingeschränkter Bewegungsfähigkeit führen. Es ist davon auszugehen, dass Triggerpunkte maßgeblich zu den Beschwerden bei chronischen Schmerzpatienten beitragen. Derzeit existieren jedoch weder standardisierte Untersuchungsmethoden noch einheitliche Kriterien für die Diagnostik von myofaszialen Triggerpunkten.

Mit Hilfe dieser Studie möchten wir ermitteln, welche Diagnosekriterien sich im Rahmen der körperlichen Untersuchung beim Arzt eignen, um myofasziale Triggerpunkte in Muskeln zu identifizieren. Da Triggerpunkte durch verschiedene Verfahren, wie z.B. Akupunktur oder Physiotherapie, erfolgreich behandelt werden können, werden die Ergebnisse dazu beitragen, die Diagnostik und somit die Therapie chronischer Schmerzen auch für andere Patienten zu verbessern

Im Rahmen der Studie werden bei Ihnen während der körperlichen Routineuntersuchung zwei Muskeln im Schulter-/Nackenbereich (M. trapezius und M. levator scapulae) durch einen Arzt der Schmerzambulanz abgetastet und auf Bewegungseinschränkungen oder Schmerzen hin überprüft. Eine zweite Person wird die Befunde in einen Fragebogen ein-

tragen. Die Diagnostik sowie Ihre Therapie werden durch die Teilnahme an der Studie in keiner Weise beeinflusst.

Zusätzlich werden einige Informationen wie Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, schmerzrelevante Diagnosen sowie die Schmerzdauer, Häufigkeit und Vorbehandlung Ihrer Schmerzen aus Ihrer Patientenakte entnommen.

### **Nutzen-Risiko-Abschätzung**

Durch die Studie werden die Diagnostik und Therapie in keiner Weise beeinflusst. Mit Ihrer Teilnahme leisten sie einen Beitrag zur Verbesserung der Diagnostik von myofaszialen Triggerpunkten. Der Mehraufwand im Rahmen der körperlichen Untersuchung wird insgesamt ca. 10 Minuten in Anspruch nehmen. Kosten entstehen Ihnen hierfür nicht.

Personenbezogene Daten werden verschlüsselt aufbewahrt. Hierfür wird eine fortlaufende Patienten-Identifikationsnummer verwendet, die keinen Rückschluss von den Fragebogendaten auf personenbezogene Daten zulässt. Die Zuordnung von Fragebogendaten auf personenbezogene Daten ist nur durch eine Verschlüsselungstabelle möglich, welche getrennt aufbewahrt wird. Die so vorgenommene Pseudonymisierung der Daten folgt unter strikter Einhaltung aller einschlägigen datenschutzrechtlichen Bestimmungen.

Wir danken Ihnen für Ihre Bereitschaft zur Studienteilnahme. Anbei finden Sie die Datenschutzerklärung und Ihre Einverständniserklärung zur Patientenbefragung.

### **Verantwortliche der Studie:**

Verantwortlicher Prüfarzt der Studie: PD Dr. Dominik Irnich, Klinik für Anaesthesiologie, Klinikum der Universität München, Pettenkoferstr. 8a, 80336 München.

Datensammlung und Analyse: Petra Bäumler, MSc, MPH.

**Gerne stehen wir Ihnen für Ihre persönlichen Fragen zur Verfügung.**

### **Einwilligungserklärung zum Datenschutz**

Wir möchten Sie darauf hinweisen, dass Ihre Zustimmung zu dieser Studie eine freie Willensentscheidung darstellt. Eine Ablehnung hat keinerlei nachteilige Folgen für Sie. Sie können darüber hinaus zu jedem Zeitpunkt ohne Angabe von Gründen und ohne nachteilige Folgen Ihre Zustimmung widerrufen.

**Bei dieser Studie werden die Vorschriften über die ärztliche Schweigepflicht und den Datenschutz eingehalten. Es werden persönliche Daten und Befunde über Sie erhoben, gespeichert und verschlüsselt (pseudonymisiert), d.h. weder Ihr Name noch Ihre Initialen oder das exakte Geburtsdatum erscheinen im Verschlüsselungscode oder werden weitergegeben.**

**Im Falle des Widerrufs Ihrer Einwilligung werden die pseudonymisiert gespeicherten Daten vernichtet.**

**Der Zugang zu den Originaldaten und zum Verschlüsselungscode ist auf folgende Personen beschränkt: PD Dr. med. Dominik Irnich (Verantwortlicher Prüfarzt) sowie seine Stellvertreter. Die Unterlagen werden in der Interdisziplinären Schmerzambulanz des Klinikums der LMU, Schillerstr. 45-47, 80336 München bis zum April 2027 aufbewahrt.**

**Eine Entschlüsselung erfolgt lediglich in Fällen, in denen es Ihre eigene Sicherheit erfordert („medizinische Gründe“) oder falls es zu Änderungen in der wissenschaftlichen Fragestellung kommt („wissenschaftliche Gründe“).**

**Im Falle von Veröffentlichungen der Studienergebnisse bleibt die Vertraulichkeit der persönlichen Daten gewährleistet.“**

Sie erreichen uns unter der Telefonnummer 089/4400-57508 oder über die Pforte der chirurgischen Klinik, Pettenkoferstr. 8a, 089-4400-52511.

PD. Dr. med. Dominik Irnich

Interdisziplinäre Schmerzambulanz, Campus INN

Verantwortlicher Prüfarzt

Klinik für Anaesthesiologie

Klinikum der Universität München

Die Probandin/ der Proband \_\_\_\_\_(Name) wurde von mir auf der Basis der obigen Ausführungen über Wesen, Bedeutung und Tragweite der beabsichtigten experimentellen Untersuchung aufgeklärt, hat deren Inhalt verstanden und hat ihre/seine Einwilligung zur Teilnahme gegeben.

\_\_\_\_\_  
Datum, Ort

\_\_\_\_\_  
Name/Unterschrift des Prüfers

Ich bin über den Studienablauf informiert und meine Fragen sind ausreichend beantwortet worden.

Mit einer Teilnahme an der beschriebenen Untersuchung bin ich einverstanden.

Mir ist bewusst, dass meine Zustimmung zur Studienteilnahme eine freie Willensentscheidung darstellt. Ich wurde darüber informiert, dass eine Ablehnung keinerlei nachteilige Folgen für mich hat und ich darüber hinaus zu jedem Zeitpunkt ohne Angabe von Gründen und ohne nachteilige Folgen meine Zustimmung widerrufen kann.

**„Ich bin mit der Erhebung und Verwendung persönlicher Daten und Befunddaten nach Maßgabe der Probandeninformation einverstanden“.**

\_\_\_\_\_  
Datum, Name und Unterschrift des/der Patienten/- in

## Anhang B: Bewegungsprüfung der Halswirbelsäule

### 1. Flexion – Extension

Maximale Beugung und Streckung des Kopfes bei aufrechter Sitzhaltung.

Der Untersucher assistiert der Bewegung, indem er das Kinn des Patienten mit der Hand führt und das Endgefühl (weich-elastisch, fest-elastisch, fest) prüft. Ausweichbewegungen der Brustwirbelsäule werden nicht zugelassen.

Normwerte: 45-0-45° bis 35-0-35°

Abweichungen gelten als pathologisch.

### 2. Rotation

Maximale Links- und Rechtsdrehung des Kopfes bei aufrechter Sitzhaltung.

Der Untersucher assistiert der Bewegung, indem er das Kinn des Patienten mit der Hand führt und das Endgefühl (weich-elastisch, fest-elastisch, fest) prüft. Ausweichbewegungen der Brustwirbelsäule werden nicht zugelassen.

Normwerte: 80-0-80° bis 60-0-60°

Abweichungen gelten als pathologisch.

### 3. Lateralflexion

Maximale Seitneigung des Kopfes nach links und rechts bei aufrechter Sitzhaltung.

Der Untersucher assistiert der Bewegung, indem er eine Hand auf die Schulter, die andere Hand auf die Schläfe des Patienten legt und das Endgefühl (weich-elastisch, fest-elastisch, fest) prüft. Ausweichbewegungen der Brustwirbelsäule werden nicht zugelassen.

Normwerte: 45-0-45°

Abweichungen gelten als pathologisch.

### 4. Rotation in Flexion – Rotation in Extension

Maximale Drehung des Kopfes nach links und rechts bei nach vorne gebeugtem und nach hinten gestrecktem Kopf in aufrechter Sitzhaltung.

Der Untersucher assistiert der Bewegung, indem er das Kinn des Patienten mit der Hand führt und das Endgefühl (weich-elastisch, fest-elastisch, fest) prüft. Ausweichbewegungen der Brustwirbelsäule werden nicht zugelassen.

Normwerte: 35-0-35°

Abweichungen gelten als pathologisch.

### 5. Traktion

Passiver Zug an der Halswirbelsäule des Patienten bei aufrechter Sitzhaltung.

Der Untersucher greift den Patienten mit beiden Händen zwischen Kieferwinkel und Ohren seitlich an den Kopf und übt einen leichten Zug nach oben auf die Halswirbelsäule aus.

Als pathologisch gelten hierbei auftretende Schmerzen.

### 6. Kompression

Passiver Druck auf die Halswirbelsäule des Patienten bei aufrechter Sitzhaltung.

Der Untersucher legt beide Hände übereinander und drückt sanft von oben mittig auf den Kopf des Patienten. Ausweichbewegungen der Wirbelsäule werden nicht zugelassen.

Als pathologisch gelten hierbei auftretende Schmerzen.

### 7. Kompression in Extension/Rotation

Passiver Druck auf die Halswirbelsäule des Patienten bei gestrecktem und nach links bzw. rechts gedrehtem Kopf in aufrechter Sitzhaltung.

Der Untersucher legt eine Hand auf die Schulter und drückt mit der anderen Hand sanft auf

die Schläfe des Patienten, dessen Kopf sich in Extensions- und Rotationsstellung nach links bzw. rechts befindet.

Als pathologisch gelten hierbei auftretende Schmerzen.

**8. Flexion in Rotation ipsilateral in Lateralflexion kontralateral**

Maximale Beugung des Kopfes des Patienten bei Drehung zur untersuchten Seite und gleichzeitiger Seitneigung zur Gegenseite in aufrechter Sitzhaltung.

Der Untersucher assistiert der Bewegung, indem er den Kopf des Patienten am Kinn führend beugt, zur ipsilateralen Seite dreht und anschließend mit einer Hand auf der Schläfe sanft zur Gegenseite drückt.

Als pathologisch gelten hierbei auftretende Schmerzen.

# Anhang C: Untersuchungsbogen der Bewegungsprüfung

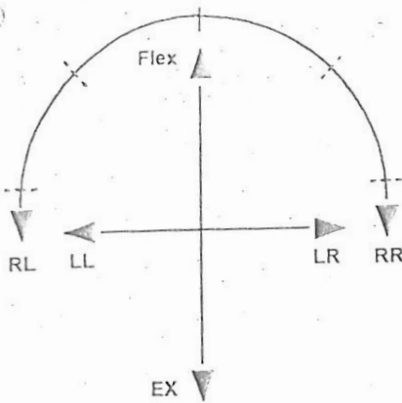
Klinik für Physikalische Medizin und Rehabilitation  
LMU München - Klinikum Großhadern

Orthopädische Universitätsklinik  
König-Ludwig-Haus Würzburg

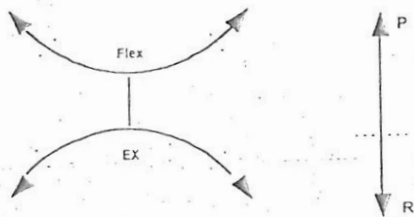
HWS / AKUPUNKTUR / STUDIER <b>Aufnahmeuntersuchung</b> Deckblatt H A K U S	
ID:      □ / □□□□ Pat. Init.: □□	Datum:      □□ : □□ . □□ Untersucher:      □□□□□□
Bitte die Befunde der <u>passiven</u> Beweglichkeit einzeichnen. Relevante Abweichung der aktiven US mit * kennzeichnen.	
Beweg. einschr.: <input type="checkbox"/> hartes Endgefühl   weiches Endgefühl Endgradiger Schmerz: <input type="checkbox"/> leicht <input type="checkbox"/> stark Bewegungsschmerz: <input type="checkbox"/> leicht <input type="checkbox"/> stark Richtung d. schmerz. Bew.:      ←      →	Lokalisat. d. Schmerzen (ggf. Muskel)      ① ② ③ Schmerzausstrahlung m. Beweg.richt.      A B C Pannikulose/Gelose      ✱ Besserung d. pass. Anheb. d. Schulter      ⊕ li/re

## Bewegungseinschränkung - Schmerz

Rotation, Lateralflexion, Flexion, Extension



Rotation in Flexion/Extension      Protraktion  
Retraktion



Diagnose (Kurzform)

---



---

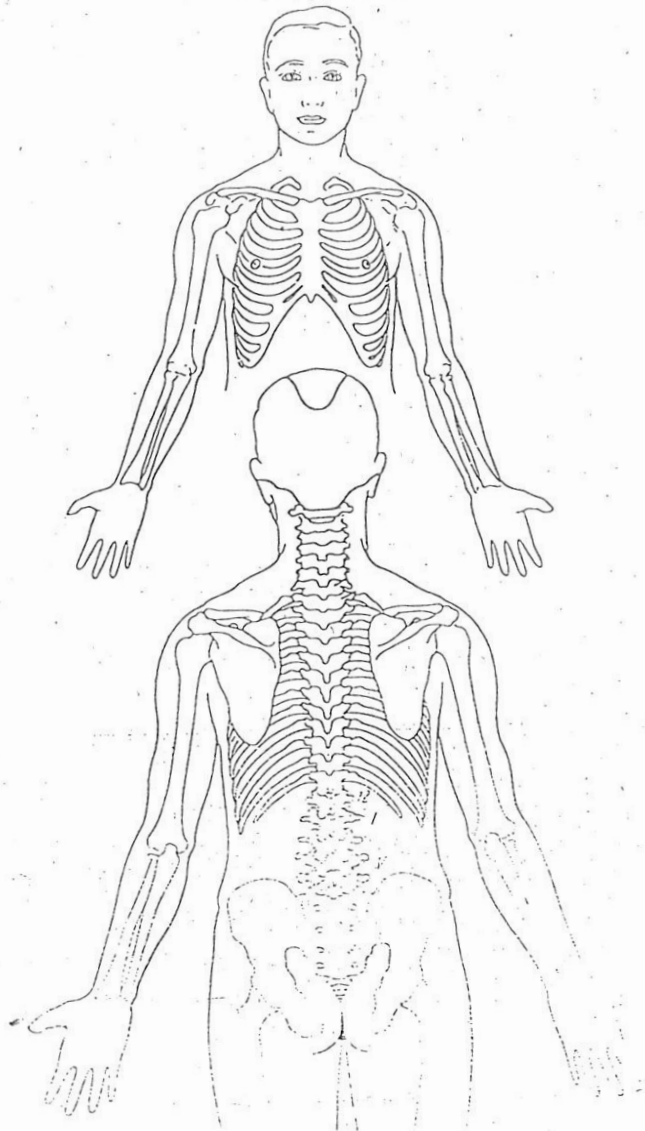


---



---

## Schmerzausstrahlung

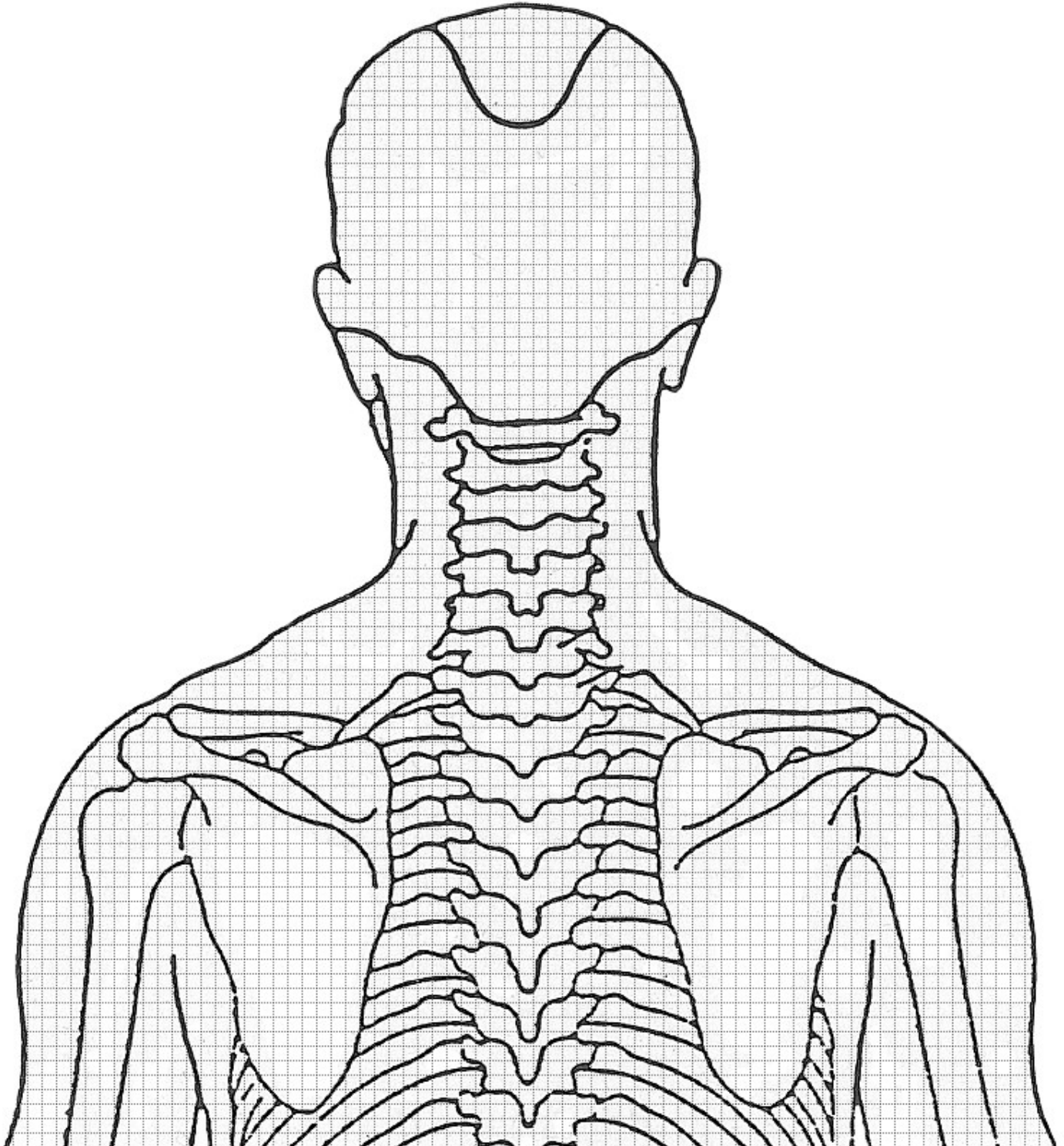






Patienten-ID: \_\_\_\_\_ Untersucher-ID: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Wo befindet sich der Triggerpunkt? Punkt bitte möglichst genau in das Raster und die Tabelle eintragen.



**Abbildung 21:** Raster für die Lokalisation des myofaszialen Triggerpunktes

## Anhang E: Erläuterungen zum Diagnoseblatt

### Allgemein

#### *Patienten-ID*

Wird vom Studienpersonal ausgefüllt. Jedem Patienten ist eine eindeutige Identifikationsnummer zugeordnet.

#### *Untersucher-ID*

Wird vom Studienpersonal ausgefüllt. Jedem Untersucher ist eine eindeutige Identifikationsnummer zugeordnet.

#### *Datum*

Hier ist das Datum der Untersuchung anzugeben.

### Struktur

Die Struktur des Triggerpunktes wird per Palpation ermittelt.

- 1. Ist ein Muskelhartspannstrang zu tasten?** *Klinische Einschätzung*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte im Muskel ein verhärteter Strang tastbar sein.
  
- 2. Ist eine Knötchenstruktur zu tasten?** *Klinische Einschätzung*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte im Muskel mindestens ein abgrenzbares Knötchen tastbar sein.  
**Liegt die Knötchenstruktur im Muskelhartspannstrang?** *Klinische Einschätzung*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte das Knötchen im verhärteten Muskelstrang liegen.

### Schmerz

Zur Auslösung von Druckschmerz soll mit dem Daumen ein Druck von 2-3 kPa über drei Sekunden aufgewendet werden. Hierbei soll sich das Nagelbett gänzlich weiß färben.

- 3. Ist ein Druckschmerzpunkt im Muskel vorhanden?** *Angabe des Patienten*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte beim Patienten auf den o.g. Druck ein Schmerzreiz auslösbar sein.  
**Falls ja, ist dem Patienten der Schmerz bekannt?** *Angabe des Patienten*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte der Patient den durch den o.g. Druck ausgelösten Schmerz auch als spontan auftretenden Schmerz kennen.  
**Liegt der Druckschmerzpunkt im Muskelhartspannstrang?**  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte der Druckschmerzpunkt im verhärteten Muskelstrang liegen.

- 4. Ist auf Druck ein Übertragungsschmerz auslösbar?** *Angabe des Patienten*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte der Patient auf den o.g. Druck einen Schmerzreiz an einer anderen Körperstelle empfinden. Dieser soll mehr als eine Handbreit des Patienten von dem Druckpunkt entfernt liegen.
- Falls ja, ist dem Patienten der Schmerz bekannt?** *Angabe des Patienten*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte der Patient den durch den ausgelösten Schmerz an einer anderen Körperstelle auch als spontan auftretenden Schmerz kennen.
- 5. Kommt es auf Druck zu einer unwillkürlichen Ausweichbewegung?** *Klinische Einschätzung*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte der Patient auf den o.g. Druck unwillkürlich ausweichen.
- 6. Kommt es auf Druck zu einer lokale Zuckungsreaktion im Muskel?** *Klinische Einschätzung /Angabe des Patienten*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte ein Muskelzucken auf den o.g. Druck sichtbar oder spürbar sein.

## Funktion

Zur Einschätzung der Funktion werden die klinisch gängigen Tests zur Untersuchung der Muskelfunktion eingesetzt.

- 7. Ist die Bewegungsfähigkeit des Muskels eingeschränkt?** *Klinische Einschätzung*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte die Muskelfunktion (Flexion, Rotation, usw.) eingeschränkt sein.
- 8. Existiert im betroffenen Muskel eine Muskelschwäche?** *Klinische Einschätzung*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte die Muskelkraft (Kraftgrade 1 – 5) eingeschränkt sein.
- 9. Hat der Patient Schmerzen bei kräftiger Kontraktion des Muskels?** *Angabe des Patienten*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte es bei einer dynamischen Kontraktion zu Schmerzen im betroffenen Muskel kommen.
- 10. Gibt es lokale autonome Phänomene?** *Klinische Einschätzung*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte es im Rahmen der gesamten Untersuchung zu autonomen Phänomenen wie z.B. lokalen Hautveränderungen (Rötung, Blässe, Gänsehaut) oder lokal vermehrtem Schwitzen beim Patienten kommen.
- 11. Verschlechtern sich die Symptome bei psychischem Stress?** *Angabe des Patienten*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte der Patient bei erhöhtem psychischem Stress eine Symptomverschlechterung (z.B. mehr Schmerzen, eine verstärkte Bewegungseinschränkung, usw.) verspüren.

## Weiteres

- 12. Ist der Befund relevant für das Schmerzgeschehen?** *Klinische Einschätzung*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, sollte der Befund zu der allgemeinen Schmerz-symptomatik beitragen, wegen der der Patient vorstellig wird.
- 13. Liegt ein myofasiales Schmerzsyndrom vor?** *Klinische Einschätzung*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, falls aus Sicht des Untersuchers die Diagnose eines myofasialen Schmerzsyndroms vergeben werden kann. In diesem Fall ist zu definieren, um welche Art des myofasialen Schmerzsyndrom es sich handelt. (HWS, BWS, Schulter/Arm; Mehrfachantworten sind möglich.)  
**Falls ja, welches?** *Klinische Einschätzung*  
Der Untersucher beurteilt, ob ein myofasiales Schmerzsyndrom der Halswirbelsäule (HWS), der Brustwirbelsäule (BWS) oder von Schulter/Arm vorliegt.
- 14. Liegt ein myofaszialer Triggerpunkt vor?** *Klinische Einschätzung*  
Dieses Kriterium ist mit „ja“ zu beantworten, falls aus Sicht des Untersuchers die Diagnose eines myofasialen Triggerpunktes vergeben werden kann.  
**Falls ja, wo liegt der Triggerpunkt?** *Klinische Einschätzung*  
Die genaue Lokalisation des Triggerpunktes ist auf der Schemazeichnung auf Seite 2 festzuhalten und mit einer Nummer zu versehen. Diese wird in der Spalte auf Seite 1 notiert.

## Anhang F: Charakteristika des Patienten

Patienten-ID: _____	Untersucher-ID: _____	Datum: _____
---------------------	-----------------------	--------------

Patientencharakteristika (Angaben aus Patientenakte)			
1. Alter	[Jahre]		
2. Geschlecht	männlich	weiblich	
3. Körpergewicht	[kg]		
4. Körpergröße	[cm]		
5. Chronifizierungsgrad nach Gerbershagen	1	2	3
6. Schmerzrelevante Diagnosen	Diagnose ausgeschrieben		ICD-10
Hauptdiagnose			
Nebendiagnose 1			
Nebendiagnose 2			
Nebendiagnose 3			
Nebendiagnose 4			
Nebendiagnose 5			

## Anhang G: Charakteristika des Untersuchers

Untersucher-ID: \_\_\_\_\_

Charakteristika des Untersuchers							
1. Alter	[Jahre]						
2. Geschlecht	männlich			weiblich			
3. Facharztausbildung							
Beginn	M	M	.	Y	Y	Y	Y
Abschluss	M	M	.	Y	Y	Y	Y
4. Zusatzbezeichnungen							
1. Zusatzbezeichnung							
Beginn	M	M	.	Y	Y	Y	Y
Abschluss	M	M	.	Y	Y	Y	Y
2. Zusatzbezeichnung							
Beginn	M	M	.	Y	Y	Y	Y
Abschluss	M	M	.	Y	Y	Y	Y
3. Zusatzbezeichnung							
Beginn	M	M	.	Y	Y	Y	Y
Abschluss	M	M	.	Y	Y	Y	Y

## Anhang H: R-Befehle

### Packages für MCA laden

```
install.packages(c("FactoMineR", "factoextra"))  
library("FactoMineR")  
library("factoextra")
```

### Datensatz von Excel einlesen

```
dataset <-  
read.table("D:\\Doktorarbeit\\Auswertung\\Datensätze\\mTrP_Datensatz_ITT_R_N=61_v2.txt", header=TRUE)
```

Nur die Fragebogen-Items des M. trapezius links auswählen:

```
Trapez_l <- dataset[1:61, 2:14]
```

Nur die Fragebogen-Items des M. trapezius rechts auswählen:

```
Trapez_r <- dataset[1:61, 15:27]
```

Nur die Fragebogen-Items des M. levator scapulae links auswählen:

```
LevScap_l <- dataset[1:61, 28:40]
```

Nur die Fragebogen-Items des M. levator scapulae rechts auswählen:

```
LevScap_r <- dataset[1:61, 41:53]
```

Dataset mit Supplementaries definieren:

```
Trapez_l.sup <- dataset[1:61, c(2:14, 54:63, 80)] M. trapezius links mit Supplementaries
```

```
Trapez_r.sup <- dataset[1:61, c(15:27, 54:59, 65:68, 80)] M. trapezius rechts mit Supplementaries
```

```
LevScap_l.sup <- dataset[1:61, c(28:40, 54:59, 70:73, 80)] M. levator scapulae links mit Supplementaries
```

```
LevScap_r.sup <- dataset[1:61, c(41:53, 54:59, 75:78, 80)] M. levator scapulae rechts mit Supplementaries
```

### MCA rechnen

Ohne Darstellung der Supplementaries:

```
res.mca <- MCA(Trapez_l, graph = TRUE) M. trapezius links
```

```
res.mca <- MCA(Trapez_r, graph = TRUE) M. trapezius rechts
```

```
res.mca <- MCA(LevScap_l, graph = TRUE) M. levator scapulae links
```

```
res.mca <- MCA(LevScap_r, graph = TRUE) M. levator scapulae rechts
```

Mit Darstellung der Supplementaries:

```
res.mca.sup <- MCA(Trapez_l.sup, quanti.sup = 14:17, quali.sup = c(18:24), graph = TRUE)
```

```
res.mca.sup <- MCA(Trapez_r.sup, quanti.sup = 14:17, quali.sup = c(18:24), graph = TRUE)
```

```
res.mca.sup <- MCA(LevScap_l.sup, quanti.sup = 14:17, quali.sup = c(18:24), graph = TRUE)
```

```
res.mca.sup <- MCA(LevScap_r.sup, quanti.sup = 14:17, quali.sup = c(18:24), graph = TRUE)
```

### Ergebnisdarstellung

Eigenwerte/Varianzen:

```
eig.val <- get_eigenvalue(res.mca)
```

```
fviz_eig(res.mca, addlabels = TRUE, ylim = c(0,100))
```

Biplot der Zeilen und Spalten:

```
fviz_mca_biplot(res.mca, repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
```

Darstellung der Variablen

```
var <- get_mca_var(res.mca)
fviz_contrib(res.mca, choice = "var", axes = 1)
fviz_contrib(res.mca, choice = "var", axes = 2)
round(var$contrib, 2)
```

Beitrag der Variablen (in %) zu Dimension 1:

```
fviz_contrib(res.mca, choice = "var", axes = 1, label=TRUE)
```

Beitrag der Variablen (in %) zu Dimension 2:

```
fviz_contrib(res.mca, choice = "var", axes = 2, label=TRUE)
```

Einfärbung der Variablen nach Beitrag:

```
fviz_mca_var(res.mca, col.var = "contrib", gradient.cols = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"), repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
```

Korrelation zwischen den Variablen und den MCA-Hauptdimensionen mit Supplementaries:

```
fviz_mca_var(res.mca.sup, choice = "mca.cor", col.var = "red", col.quant.sup = "darkgreen", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
```

Ausgabe der Korrelationskoeffizienten:

```
res.desc <- dimdesc(res.mca.sup, axes = c(1,2))
res.desc[[1]]   Zeigt die Ergebnisse für Dimension 1
res.desc[[2]]   Zeigt die Ergebnisse für Dimension 2
```

Zur Vermeidung einer Fehlermeldung müssen Variablen, die nur ein Level haben, aus dem Datensatz ausgeschlossen werden.

Im M. trapezius rechts waren dies „KSoHS“ und „LZ“:

```
Trapez_r.sup <- dataset[1:61, c(15, 16, 18:21, 23:27, 54:59, 65:68, 80)]
res.mca.sup <- MCA(Trapez_r.sup, quanti.sup = 12:15, quali.sup = c(16:22), graph = TRUE)
```

Im M. levator scapulae links waren dies „KSoHS“, „LZ“ und „AP“:

```
LevScap_l.sup <- dataset[1:61, c(28, 29, 31:34, 36:38, 40, 54:59, 70:73, 80)]
res.mca.sup <- MCA(LevScap_l.sup, quanti.sup = 11:14, quali.sup = c(15:21), graph = TRUE)
```

Im M. levator scapulae rechts waren dies „KSoHS“, „LZ“, „AP“:

```
LevScap_r.sup <- dataset[1:61, c(41, 42, 44:47, 49:51, 53:59, 75:78, 80)]
res.mca.sup <- MCA(LevScap_r.sup, quanti.sup = 11:14, quali.sup = c(15:21), graph = TRUE)
```

### Clusteranalyse rechnen

```
res.hcpc <- HCPC(res.mca)
res.hcpc$desc.ind
plot(res.hcpc, choice="map", ind.names=FALSE) zeigt Individuen gruppiert nach Cluster als Graph
Klick an die Stelle, wo der Baum abgeschnitten werden soll (= hypothetische Clusteranzahl)
```

Factor Map:

```
fviz_cluster(res.hcpc, repel = TRUE, show.clust.cent = TRUE, palette = "jco", ggtheme = theme_minimal(), main = "Factor map")
```



Listet die Variablen gruppiert nach Cluster auf:

```
res.hcpc$desc.var$category
```

### Einteilung der Individuen nach klinischer Einschätzung

MTrP ja oder nein:

```
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "MTrP_T_l", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "MTrP_T_r", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "MTrP_LS_l", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "MTrP_LS_r", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
```

MSS ja oder nein:

```
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "MSS_T_l", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "MSS_T_r", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "MSS_LS_l", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "MSS_LS_r", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
```

Für das Schmerzgeschehen relevanter Befund ja oder nein:

```
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "BrelSch_T_l", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "BrelSch_T_r", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "BrelSch_LS_l", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
fviz_mca_ind(res.mca.sup, habillage = "BrelSch_LS_r", addEllipses = TRUE, ellipse.type = "confidence", repel = TRUE, ggtheme = theme_minimal())
```

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich besonders bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Dominik Irnich für die Aufnahme in seine Forschungsgruppe, die stete Unterstützung und Beratung sowie die Freiheit zur Umsetzung eigener Ideen bedanken. Zudem danke ich von ganzem Herzen meiner Betreuerin Dr. Petra Bäumler für die zuverlässige Begleitung durch alle Phasen der Promotion, ihre innovativen Anregungen und vor allem dafür, dass sie mich für die Forschung begeistern konnte.

Mein großer Dank gilt überdies den praktizierenden Ärzten der chronischen Schmerzambulanz, insbesondere Dr. Andreas Winkelmann, PD Dr. Martin Weigl, Dr. Alexander Glogaza, Dr. Julian Sprau sowie erneut Prof. Dr. Dominik Irnich für deren Bereitschaft, die zur Datenerhebung notwendigen Untersuchungsschritte in ihre jeweilige klinische Arbeit zu integrieren.

Für ihre organisatorische Unterstützung danke ich Christina Deisenrieder und Erika Weber, die bei allen kleineren und größeren Herausforderungen des Klinikalltags jederzeit ansprechbar und supportiv waren und mir so die erforderlichen Arbeitsabläufe spürbar erleichtert haben.

Nicht zuletzt möchte ich meinen Freunden und meiner Familie für ihren Rückhalt während den Jahren des Studiums und der Promotion danken, sowie meinem Ehemann für seine tatkräftige Unterstützung in allen Lebenslagen.

## **Eidesstattliche Versicherung**

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel „Überprüfung der Kriterien für die Diagnostik von myofaszialen Triggerpunkten im Rahmen der körperlichen Untersuchung“ selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntliche gemacht und nach ihrer Herkunft unter der 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.

Unterschrift der Doktorandin

Kerstin Hupe

München, 17.Juli 2023