

Darstellung des Therapieverlaufs einer Biofeedback- Entspannungstherapie bei Personen mit myofaszialen Triggerpunkten im Nacken-Schulter-Bereich

Andrea Britschgi

Studentin HES – Studiengang Physiotherapie

Projektbetreuung: Geneviève Pasche

Eingereicht und verteidigt im Sommer 2007 zur Erlangung des Diploms als Physiotherapeutin

**Hochschule für Gesundheit und Soziales Wallis
Studiengang Physiotherapie**

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG
ABSTRACT.....
1. EINLEITUNG.....	1
1.1 PROBLEMSTELLUNG.....	1
1.2 PATHOLOGIE VON MYOFASZIALEN TRIGGERPUNKTEN	3
1.2.1 DEFINITION	3
1.2.2 ÄTHIOLOGIE.....	4
1.3 PROGRESSIVE MUSKELRELAXATION NACH JACOBSON	5
1.4 ERKLÄRUNGEN ZUM BIOFEEDBACK	7
1.5 FORSCHUNGSFRAGE	9
2. METHODE	10
2.1 STUDIENDESIGN.....	10
2.2 POPULATION	10
2.3 OUTCOMES, NEBENOUTCOMES UND KONTROLLVARIABLEN.....	11
2.4 ABLAUF DER TESTS UND INTERVENTIONEN	12
2.5 DATENERFASSUNG.....	14
2.5.1 ERFASSUNG DER MTRPS	14
2.5.2 OBERFLÄCHEN-EMG.....	17
2.5.3 NECK PAIN AND DISABILITY SCALE (NACKEN SCHMERZ UND BESCHWERDEN SKALA).....	23
2.5.4 HOSPITAL ANXIETY AND DEPRESSION SCALE – DEUTSCHE VERSION (HADS-D)	25
2.6 STATISTISCHE ANALYSE.....	26
3. RESULTATE.....	27
3.1 DEMOGRAPHIE UND KLINISCHE CHARAKTERISTIKEN	27
3.2 ANALYSE DER EMG-WERTE	29
3.3 ANALYSE DER MTRPS	35
3.4 ANALYSE DES SCORES DER NPDS.....	36
3.5 ANALYSE DER FINGERTEMPERATUR	37
3.6 SUBJEKTIVE WAHRNEHMUNG DER BESCHWERDEN	38
3.7 KORRELATIONEN	39
4. DISKUSSION.....	40
4.1 ERLÄUTERUNG DER RESULTATE	40
4.2 STÄRKEN UND SCHWÄCHEN DER STUDIE.....	47
4.2.1 STÄRKEN.....	47
4.2.2 SCHWÄCHEN	47

4.3 ANREGUNGEN FÜR ZUKÜNFTIGE FORSCHUNGEN	48
5. SCHLUSSFOLGERUNG	49
6. BIBLIOGRAPHIE	51
ANHANG	1
ANHANG A: FLYER	1
ANHANG B: INFORMATION FÜR PROBANDINNEN UND PROBANDEN	2
ANHANG C: EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG	3
ANHANG D: PROGRESSIVE MUSKELENTSPANNUNG NACH JACOBSON	4
ANHANG E: ÜBUNGSPROTOKOLL FÜR ZU HAUSE	5
ANHANG F: DATENERFASSUNG MTRPS	6
ANHANG G: DATENERFASSUNG EMG-BIOFEEDBACK	7
ANHANG H: NACKEN SCHMERZ UND BESCHWERDEN SKALA (EINTRITTSTEST T ₀)	8
ANHANG I: NACKEN SCHMERZ UND BESCHWERDEN SKALA (RE-TEST T ₁)	12
ANHANG J: NACKEN SCHMERZ UND BESCHWERDEN SKALA (FOLLOW-UP)	13
ANHANG K: HADS-D	14
ANHANG L: DESKRIPTIVE STATISTIK	15

Danksagung

Die Realisation dieser Studie wäre nicht möglich gewesen, ohne die Zusammenarbeit und Unterstützung der folgenden Personen. Ihnen gilt mein grosser Dank:

- Britschgi Sandra, Betriebswirtschafterin HF, für die Unterstützung beim Korrekturlesen
- Hamm Stefan, Neuropsychologe, Neurologisches Rehabilitationszentrum Leukerbad, für die Ratschläge bei der Ausarbeitung des Protokolls und den grossen Einsatz bei der Durchführung der Therapie
- Hilfiker Roger, Physiotherapeut und Lehrperson HES-SO Leukerbad, für die konstruktiven Ideen bei der Ausarbeitung der Forschungshypothese
- Meichtry André, Studiengangsverantwortlicher HES-SO Leukerbad, für die Unterstützung bei Fragen zur Elektromyographie und Statistik
- Plaschy Martin (PM), Lehrperson HES-SO Leukerbad, für den Einsatz bei den MTrP-Untersuchungen
- Pasche Geneviève (PG), Projektbetreuerin und Lehrperson HES-SO Leukerbad, für die Unterstützung bei methodischen Fragen
- Dr. Spring Hans, Med. Leiter Rheuma- und Rehabilitationsklinik Leukerbad, für die Erlaubnis zur Benutzung des Biofeedback-Gerätes und der Räumlichkeiten
- Probanden, für die Verfügbarkeit und aktive Teilnahme

Abstract

Darstellung des Therapieverlaufs einer Biofeedback-Entspannungstherapie bei Personen mit myofaszialen Triggerpunkten im Nacken-Schulter-Bereich

Andrea BRITSCCHI, Studentin HES03, Physiotherapie, HES-SO, Leukerbad

Ziel: Ziel dieser explorativen vorher/nachher-Studie war zu untersuchen, wie sich eine vierwöchige Biofeedback-Entspannungstherapie auf das Vorhandensein von myofaszialen Triggerpunkten (MTrPs) auswirkt, sich die Muskelaktivität des M. trapezius (pars descendens) in der Elektromyographie (EMG) verhält und Schmerzen und Aktivitätseinschränkungen beeinflusst werden. Dies wurde bei Personen untersucht, die unter Schulter-, Nacken- und Kopfschmerzen litten bei vorhandenen MTrPs im Schulter- und Nackenbereich.

Methode: Sieben Probanden im Alter von (mean \pm SD) 35 ± 9 Jahren erlernten die Progressive Muskelrelaxation nach Jacobson, welche sie zu Hause einmal täglich selbständig durchführen mussten. Zusätzlich erhielten sie einmal wöchentlich eine betreute Sitzung Entspannungs-Biofeedback. Vor und nach dem vierwöchigen Programm wurde die Muskulatur auf MTrPs untersucht sowie die Schmerzen und Einschränkungen mittels der Neck Pain and Disability Scale (NPDS) erfasst. Ein NPDS-Follow-up-Fragebogen wurde zwei Monate nach Behandlungsabschluss ausgefüllt. Die Muskelaktivität wurde vom M. trapezius (pars descendens) mittels Oberflächen-EMG erfasst und zurückgemeldet.

Resultate: Die EMG-Werte zeigten innerhalb der Sitzungen eine durchschnittliche Abnahme von 0,15 % reference voluntary contraction (% RVC) für die rechte Seite und keine Veränderung für die linke Seite. Im Verlauf traten minimale Veränderungen auf, ohne klinische Relevanz.

Die erfassten EMG-Werte vor jeder Sitzung zeigten bei der Mehrheit der Probanden im Verlauf der vier Wochen ein sinkende Tendenz. Bei sechs Probanden konnte eine Verringerung der Anzahl MTrPs festgestellt werden. Das Schmerz- und Beschwerdeniveau verminderte sich klinisch relevant. Es lag keine Korrelation vor zwischen der Senkung der NPDS-Score und der Abnahme der MTrPs.

Schlussfolgerung: Ein vierwöchiges Biofeedback-Entspannungstherapie mit Progressiver Muskelrelaxation kann möglicherweise positive Auswirkungen haben, auf das Lösen der MTrPs und die Senkung von Schmerzen und Beschwerden im Nacken-, Schulter- und Kopfbereich. Der Fakt, dass während des vierwöchigen Trainings keine klinisch relevante Veränderung der Muskelaktivität eingetreten war, darf nicht zur Annahme führen, dass die Progressive Muskelrelaxation zu keiner Entspannung führt. Um die Resultate bestätigen zu können, ist eine kontrollierte randomisierte Studie nötig. Weitere Forschung ist notwendig, um die genauen pathophysiologischen Mechanismen der MTrPs und die tieferen kognitiven Wirkungen der Biofeedback-Entspannungstherapie aufzuzeigen.

Schlüsselwörter: Kopf-, Nacken-, Schulterschmerzen • Biofeedback • Progressive Muskelrelaxation • EMG-Aktivität

Objective: The aim of this exploratory before/after study was to investigate the course and effects of a 4-week Biofeedback-Relaxation program on myofascial Triggerpoints (MTrPs), electromyographic activity on upper trapezius muscle (EMG) as well as pain and disability. People suffering on headache, neck and shoulder pain associated with MTrPs in neck and shoulder girdle were inquired.

Methods: Seven subjects, age (mean \pm SD) 35 ± 9 years, went through a 4-week Biofeedback-Relaxation program. All of them learned the Progressive Muscle Relaxation after Jacobson, which they had to practice once a day. Additionally, they received Biofeedback sessions accompanied by a therapist once a week. MTrPs as well as Neck Pain and Disability Scale (NPDS) were assessed before and after the four week training period. A Follow-up NPDS questionnaire was answered two month post-treatment. Muscle activity was recorded on upper trapezius muscle with surface electrodes during each session.

Results: Mean EMG-activity within a session decreased 0,15 % reference voluntary contraction (% RVC) on right side and showed no difference on left side.

Along the whole training period, little changes were reported with neither statistical nor clinical relevance. EMG-data collected on pre-treatment showed decreasing tendency within the training period for most of subjects. After four weeks, six subjects reported decreased number of MTrPs. Pain and disability changed clinically relevant with a drop of 49,92% after treatment and 44,41% in Follow-up in NPDS-Score. There was no correlation between reducing NPDS-Score and reduced number of MTrPs.

Conclusion: A four week Biofeedback-Relaxation program with Progressive Muscle Relaxation may be beneficial in reducing pain and disability and reducing MTrPs. The fact, that no clinical relevant change in EMG-activity was reported during four weeks, should not lead to the hypothesis that there is no relaxation effect. A controlled randomised trial is needed to confirm the results of this study. Further research is recommended to explain pathophysiological mechanisms of MTrPs and real cognitive effect of Biofeedback-Relaxation-Therapy.

Key words: Headache, neck and shoulder pain • Biofeedback • Progressive Muscle Relaxation • EMG-activity

1. Einleitung

Dieses Dokument wurde erarbeitet zur Erlangung des Fachhochschulabschlusses als Physiotherapeutin. Die Studie soll den Therapieverlauf, das Verhalten der Muskelaktivität und der myofaszialen Triggerpunkte sowie die Beeinflussung der Schmerzen und Beschwerden aufzeigen, bei einer Behandlung mittels Entspannungs-Biofeedback bei Personen, die unter Schulter-, Nacken- und Kopfschmerzen bei myofaszialen Triggerpunkten leiden. Es sollen Kenntnisse gewonnen werden, ob sich die myofaszialen Triggerpunkte nach dem Behandlungsprogramm lösen konnten und wie sich die elektrische Muskelaktivität verhielt.

1.1 Problemstellung

Die willkürliche Skelett-Muskulatur ist das grösste Einzelorgan des menschlichen Körpers und zählt 200 Muskelpaare, ohne die Köpfe, Bäuche und andere Muskelbestandteile zu berücksichtigen. Jeder Muskel kann myofasziale Triggerpunkte (MTrPs) entwickeln und dadurch Schmerzen oder andere quälende Symptome in eine entfernte Region übertragen. Den Muskeln wird im modernen medizinischen Unterricht und in medizinischen Lehrbüchern wenig Aufmerksamkeit gewidmet trotz der grossen täglichen Belastungen, die sie widerfahren und der hohen Prävalenz von MTrPs. Oft konzentrieren sich die Mediziner mehr auf die Knochen, Gelenke, Bursen und Nerven.

Muskuloskelettale Krankheiten gehören weltweit zu den Haupterkrankungen in unserer heutigen Gesellschaft und die Prävalenz ist steigend mit zunehmendem Alter. Die WHO hat muskuloskelettale Beschwerden als eines der Hauptprobleme klassiert, welches Einzelpersonen, nationale Gesundheits- und Sozialsysteme mit immer höheren Kosten belastet. Zu den Haupterkrankungen zählen Osteoarthritis, Rheumatoide Arthritis, Osteoporose und der Low back pain (38). Diese Erkrankungen betreffen vorwiegend Gelenke und Knochen, früher oder später affektieren sie jedoch durch ein gestörtes Gelenkspiel auch die Muskulatur. Zu den muskuloskelettalen Beschwerden zählt somit auch der myofasziale Schmerz, welcher durch MTrPs gekennzeichnet ist (44). Die MTrPs sind häufige Ursache von akuten und chronischen Schmerzen am Bewegungsapparat. In der internationalen

Forschung konnten eindeutige Beweise für die Existenz und die hohe Prävalenz von MTrPs erbracht werden (1). In einer kürzlich erschienenen Studie von Coupe et al. (2007) konnte statistisch signifikant bewiesen werden, dass Personen die unter Spannungskopfschmerzen leiden, eindeutig häufiger MTrPs aufweisen als gesunde Personen (48).

Nicht behandelte MTrPs können zu heftigen Beschwerden führen, chronisch werden und so die Lebensqualität der betroffenen Person drastisch einschränken. Chronischer Schmerz ist eine allgemein anerkannte Hauptursache für depressive Verstimmung, was eine lange Liste an weiteren Problemen mit sich bringt. Nicht erkannte myofasziale Kopf- und Schulterschmerzen sowie chronische Schmerzen des unteren Rückens, sind Hauptursachen für betriebliche Ausfallzeiten und Erstattungsanträge. Die Kosten für diese Ausfälle und die Therapie von chronischen Schmerzen sind enorm. Übersichtsarbeiten aus verschiedenen Ländern zeigten auf, dass ungefähr 10% der Population an mindestens sieben Tagen pro Monat unter Nackenschmerzen und 80% der Population ab und zu unter Nackenschmerzen leiden (45). Durch die Diagnose und entsprechende Behandlung kann ein beträchtlicher Anteil chronischer Schmerzen infolge MTrPs gelindert werden. Somit können ebenfalls Kosten erspart bleiben für aufwändige Medikamententherapien. Durch Entspannungstechniken soll dem Patienten gezeigt werden, wie er die Beschwerden selber beeinflussen kann. Er trägt somit Selbstverantwortung und ist nicht abhängig von Therapeuten, was sich wiederum Kosten sparend auswirkt. Durch die Schmerzlinderung kommt es zu einer verbesserten Beweglichkeit und gesteigerter Lebensqualität. Der Patient kann sich mehr zumuten und die vermehrte Muskelaktivität senkt die Neigung zur Entwicklung von MTrPs (17).

Die Entstehung und Unterhaltung von MTrP kann auf verschiedene Gründe zurückgeführt werden. Langfristige Überbelastung einer Muskelgruppe und die damit verbundene Unterversorgung mit Sauerstoff kann zur Aktivierung und/oder Unterhaltung eines MTrP führen. Dies kann jedoch auch durch eine einmalige Überbelastung geschehen. Haltungsanomalien, Gelenkdysfunktionen an der Wirbelsäule, psychologische, mechanische oder systemische Faktoren können bei der Bildung und Persistenz von MTrPs eine entscheidende Rolle spielen. Bekannt ist auch, dass psychische Belastungen häufig mit muskulären Verspannungen sowie Kopf-, Nacken- und Schulterschmerzen einhergehen. Der andauernde Stress kann zu einer Hyperreaktivität in bestimmten Muskelgruppen und somit zur Bildung von MTrPs führen. In der Literatur sind einige Studien zu finden, welche die

Effektivität von Biofeedback zur Behandlung von chronischen Rückenschmerzen gut belegen (3) (56).

Zur Behandlung der MTrPs stehen verschiedene manuelle Therapiemethoden, Injektionstechniken, Dry needling und physikalische Massnahmen zur Verfügung, welche kurzfristig positive Effekte erzielen können. Neuroplastische Veränderungen im Hinterhorn des Rückenmarks und die sympathisch-afferente Kopplung können jedoch bei einer Chronifizierung der Schmerzen in gewissen Fällen eine Rolle spielen und die Behandlung erschweren. Es zeigt sich also die Nachfrage nach einer Methode, die das Problem tiefgründiger aufgreift.

1.2 Pathologie von myofaszialen Triggerpunkten

1.2.1 Definition

Myofasziale Triggerpunkte sind klinisch identifizierbare schmerzhafte, pathologische Veränderungen in der Skelettmuskulatur. Aktive MTrPs sind die Ursache für das myofasziale Schmerzsyndrom (MSS), welches die Summe aller MTrP-Symptome darstellt. Das MSS kann lokal, regional oder generalisiert auftreten. Der Begriff „trigger point“ wurde von Travell in den frühen 40er Jahren eingeführt, mit dem Zusatz „myofascial“ im Jahre 1952 (4).

Ein MTrP ist eine überempfindliche Stelle in einem palpablen verspannten Bündel von Muskelfasern (taut band) eines Skelettmuskels. Er schränkt die Muskeldehnung und das Ausmass von Bewegungen schmerzhaft ein. Normalerweise weist ein MTrP ein Muster des übertragenen Schmerzes auf, das charakteristisch für den bestimmten Muskel ist. MTrPs werden häufig übersehen oder nicht ausreichend behandelt. Diese Vernachlässigung von akuten MTrPs ist wahrscheinlich einer der Gründe für chronische muskuloskelettale Schmerzen (5).

Das MSS lässt sich in ein primäres (= direktes) und in ein sekundäres (= indirektes) MSS einteilen. Wenn die MTrPs als Folge von mechanischen Einflüssen an der Skelettmuskulatur selbst entstanden sind, sprechen wir von einem primären MSS. Beispiele dafür sind Überdehnung, exzentrische Überbelastung und Belastung bei andauernder verkürzter Muskelstellung. Wenn jedoch Faktoren vorhanden sind, welche die MTrPs unterhalten, was

häufig der Fall ist, spricht man vom sekundären MSS. Beispiele dafür sind Nervenkompressionen (radikulär und/oder peripher), Arthrosen, Fehlhaltungen, unergonomische Situationen, Stress sowie systemische Faktoren wie Eisenmangel, Vitamin-B12-Mangel und Hypo- oder Hyperthyreose (6).

Des Weiteren kann unter einem aktiven und einem latenten MTrP unterschieden werden. Druck auf einen aktiven MTrP löst übertragene Schmerzen aus, die der Patient als seine Beschwerden erkennt. Druck auf einen latenten MTrP ruft übertragene Schmerzen hervor, die typisch sind für diesen MTrP. Latente MTrPs können alle diagnostischen Merkmale eines aktiven MTrPs haben, jedoch sind nur die aktiven MTrPs für die geklagten Beschwerden des Patienten verantwortlich (5). Aktive MTrPs können verursachen, dass latente MTrPs, die in der Übertragungszone des aktiven MTrP liegen, aktiv werden. Diese aktivierten Triggerpunkte nennt man myofasziale Satellitentriggerpunkte.

1.2.2 Ätiologie

Die wissenschaftlich begründete, integrierte Hypothese für die Entstehung von MTrPs (Simons' Integrated Hypothesis of Trigger Point Formation) kombiniert elektromyographische und histologische Hinweise. Sie wurde durch neuere Forschung erweitert und bestätigt. Die Hypothese sagt folgendes (7):

Ein MTrP kann entstehen, wenn es zu einer Muskelfaserverletzung kommt infolge von einem Trauma, exzentrischer Muskelbelastung auf unvorbereitete Muskulatur, übermässiger exzentrischer Muskelbelastung oder durch maximale konzentrische Muskelaktivität. Muskelfaserverletzungen führen zu einer gesteigerten Freisetzung von Substanzen, welche die Muskelnozizeptoren aktivieren, die Schmerzschwelle senken, die Aktivität der motorischen Endplatte verändern und Calcitonin gene-related peptides (CGRP) freisetzen. Durch die starke Muskelkontraktion kommt es zusätzlich zur Faserverletzung noch zu einer Kapillarkonstriktion, was zu Ischämie und Hypoxie (Energie-Krise) im betroffenen Muskel führt. Dies hat einen sauren pH-Wert zur Folge. Der saure pH-Wert und die CGRP hemmen zusammen die Acetylcholinesterase-Aktivität. Da die Acetylcholinesterase normalerweise die Acetylcholin-Freisetzung hemmt und nun dies nicht mehr tut, ist mehr Acetylcholin im synaptischen Spalt vorhanden, was eine gesteigerte motorische Endplattenaktivität auslöst. Es

kommt schlussendlich zu einer Hyperkontraktion der Sarkomere und somit zur Bildung der uns bekannten Hartstränge (taut bands).

Das Vorhandensein von CGRP kann diesen Circulus viciosus unterhalten und chronisch werden lassen. Dabei kommt es nach und nach zu einer Anhäufung der nozizeptiven Inputs auf das Hinterhorn im Rückenmark. Durch diese anhaltenden Inputs entstehen neuroplastische Veränderungen im Hinterhorn, was zu verminderten Aktivierungsschwellen der benachbarten Neuronen führt. Das resultiert zuletzt in den beobachteten Phänomenen wie Hypersensibilität, Allodynie und weitergeleitetem Schmerz in die bekannten Schmerzzonen, was charakteristisch ist für MTrPs (6).

1.3 Progressive Muskelrelaxation nach Jacobson

Im Jahr 1908 begann Edmund Jacobson mit seinen Studien zur Progressiven Muskelentspannung in den Laboratorien der Harvard Universität. In umfangreichen Untersuchungen wies er einen Zusammenhang zwischen übermässiger muskulärer Anspannung und unterschiedlichsten körperlichen und seelischen Erkrankungen nach. Wenn die Patienten lernten, systematisch ihre Muskeln zu entspannen, besserten sich die Beschwerden erheblich oder verschwanden ganz. Nach 20-jähriger Forschungstätigkeit veröffentlichte er im Jahre 1928 ein erstes Buch zur Progressiven Muskelentspannung.

Bei der Progressiven Muskelentspannung (auch: Progressive Muskelrelaxation, PMR) nach Edmund Jacobson handelt es sich um ein Verfahren, bei dem durch die bewusste An- und Entspannung bestimmter Muskelgruppen ein Zustand tiefer Entspannung des ganzen Körpers erreicht wird. Dabei werden nacheinander die einzelnen Muskelpartien in einer bestimmten Reihenfolge zunächst angespannt, die Muskelspannung wird kurz gehalten und anschließend wird die Spannung gelöst. Die Konzentration der Person wird dabei auf den Wechsel zwischen Anspannung und Entspannung gerichtet und auf die Empfindungen, die mit diesen unterschiedlichen Zuständen einhergehen. Ziel des Verfahrens ist eine Senkung der Muskelspannung unter das normale Niveau aufgrund einer verbesserten Wahrnehmung der Muskelgruppen. Es sollen Muskelverspannungen aufgespürt, gelockert und damit Schmerzzustände verringert werden (25).

Neuere wissenschaftliche Studien zeigen widersprüchliche Resultate, aber es existiert eine Vielzahl an Ergebnissen, welche die positiven Auswirkungen der Progressiven Muskelrelaxation auf das Immunsystem und andere Erkrankungen und Beschwerden belegen. Eingesetzt wird die PMR beispielsweise bei Unruhe- und nervösen Spannungszuständen, Schlafstörungen, chronische Kopfschmerzen (vor allem Spannungskopfschmerz), Herz-Kreislaufkrankungen, Magen-Darm-Störungen, muskuläre Verspannungszustände, Abwehrschwäche, Schulter-Nacken-Beschwerden, Kreuzschmerzen bis zu Bandscheibenvorfällen. Die Progressive Muskelrelaxation ist bei vielen bestehenden gesundheitlichen Störungen, aber auch in der Vorbeugung von Krankheiten, ein wirksames und nützliches Hilfsmittel, welches im Arbeitsalltag oft eingesetzt wird (26) (27) (52).

Die Deutsche Migräne- und Kopfschmerzgesellschaft empfehlen die Progressive Muskelrelaxation als Mittel zur Senkung der Muskelspannung bei Personen die unter Kopfschmerzen des Spannungstyps leiden (33).

In der Forschung wurde die präzise Frage, ob durch die Progressive Muskelrelaxation die elektrische Muskelaktivität (EMG-Wert) gesenkt werden kann meist im Zusammenhang mit Kopfschmerzpatienten aufgegriffen. Die Studie von Rokicki et al. (1997) sagt aus, dass die Intensität der Kopfschmerzen teilweise gesenkt und die Selbsteffizienz gesteigert werden konnte. Der EMG-Wert, abgeleitet vom M. frontalis und M. trapezius, konnte gesenkt werden, korrelierte aber nicht mit der Kopfschmerzsenkung (47). Mit der Aussage, dass die Schmerzen bei Whiplash-Patienten gesenkt und die Muskelrelaxation nach einem Entspannungsprogramm verbessert werden könne, stimmte auch die Studie von Voerman et al. (2006) überein (11).

Jeong IS. (2004) untersuchte in seiner Studie unter anderem den Effekt von Progressiver Muskelrelaxation mit Biofeedback auf die Stresswahrnehmung und körperliche Stressreaktionen (Puls, Blutdruck, Hauttemperatur, Hautleitfähigkeit, EMG, Cortison). Die Behandlung zeigte keinen Effekt auf die Stresswahrnehmung der Patienten, jedoch konnte er nachweisen, dass gewisse körperliche Stressreaktionen wie der Puls und die EMG-Werte reduziert werden konnten (39).

Mit diesen positiven Resultaten stimmten jedoch andere Autoren nicht überein. Vasseljen et al. (1995) und Schilling et al. (1983) konnten in ihren Studien durch Progressive

Muskelrelaxation oder andere schmerzsenkende Therapien keine Reduzierung der EMG-Werte erreichen (49) (50).

1.4 Erklärungen zum Biofeedback

Mit dem Begriff Biofeedback (engl.: Rückmeldung biologischer Signale) wird ein wissenschaftlich fundiertes Verfahren bezeichnet. Dabei werden körperliche Prozesse, die nicht oder nur ungenau wahrgenommen werden, rückgemeldet und bewusst gemacht. Beispielsweise entzieht sich der Blutdruck unserer bewussten Wahrnehmung und auch bestimmte Muskelanspannungen werden oft nur ungenau wahrgenommen. Beim Biofeedback werden die mit technischer Hilfe registrierten physiologischen Prozesse in grafischer oder akustischer Form dargestellt bzw. rückgemeldet. Damit stellt das Biofeedback gewissermassen eine technisch ermöglichte Erweiterung unserer Sinnesorgane dar. EMG bedeutet Elektromyographie und zeigt die vorliegende elektrische Aktivität im Muskel auf. Zur Erfassung werden Elektroden auf dem betroffenen Muskel platziert. Es handelt sich dabei um ein Oberflächen-EMG. Ziel der Biofeedback-Therapie ist die Wahrnehmung und gezielte Beeinflussung physiologischer Prozesse. Das Biofeedback wird beispielsweise bei chronischen Rückenschmerzen eingesetzt als generelles Entspannungstraining, Stressbewältigungsstrategie, gezielte Technik um Fehlhaltungen, muskuläre Dysbalancen und erhöhte Muskelanspannungen in spezifischen Muskelgruppen zu beeinflussen (2).

Die Wichtigkeit und Effektivität von Biofeedback als verhaltenstherapeutisches Mittel bei der Schmerzbehandlung wird inzwischen kaum mehr in Frage gestellt und konnte in Studien belegt werden (8) (56) (57) (58).

In dieser Studie wird nun das Verhalten der Muskelaktivität, der MTrPs und Schmerzen sowie Beschwerden beobachtet, bei der Anwendung einer Biofeedback-Therapie mit der Progressiven Muskelrelaxation. Eine ähnliche Studie von Voerman et al. (2006) untersuchte das Verhalten von Schmerzen, Einschränkungen und Muskelaktivierungsmuster bei Personen nach Whiplash-Trauma bei einem ambulanten Myofeedback-Training. Es wurde die Muskelaktivität während einer Schreib- und Stress-Übung untersucht und es zeigte sich im Re-Test nach einem vierwöchigen ambulanten Myofeedback-Training eine klinisch relevante

Verbesserung der Schmerzen im Bereich des Nackens und der oberen Rückenregion bei 55% der Patienten gemessen mit der Visual Analogue Scale (VAS). Es zeigte sich eine klinische Relevanz für die Verminderung der Einschränkung bei 36% der Probanden im Neck Disability Index. Die Muskelaktivierung während der Tests war vermindert und in der Ruhephase konnte eine verbesserte Entspannung erreicht werden. Eine klinische Relevanz der Veränderung der EMG-Werte zeigte sich jedoch nur bei einer Minderheit der Patienten (11).

In einer weiteren Biofeedback-Studie von Voerman et al. (2004) wurde festgestellt, dass keine Korrelation bestand zwischen der empfundenen Schmerzen (VAS) im Nacken-Schulterbereich und dem Muskelaktivitätslevel (Root Mean Square, RMS) und Entspannungslevel. Sie sagten aus, dass Personen, welche die Schmerzen durch die Biofeedbacktherapie senken konnten, dies möglicherweise erreichten auf Grund der verbesserten Entspannungsfähigkeit und nicht wegen der gesunkenen Muskelaktivität (51).

In der Studie von Lundberg et al. von 1994 sowie deren Repetition im Jahr 2004, konnte nachgewiesen werden, dass bei mentalem Stress (z.B. Aufgaben lösen unter Zeitdruck) die EMG-Aktivität des M. trapezius signifikant anstieg (36) (40).

Trotz den positiven Ergebnissen der Biofeedback-Therapie wird empfohlen, dass die Biofeedback-Behandlung nicht eine alleinige Behandlungsmethode darstellt, sondern in ein verhaltenstherapeutisches Setting eingebettet werden soll. Psychologische Prozesse wie die Veränderung der Selbstwirksamkeitserwartung, die Reduktion von Hilflosigkeit und der Abbau des Krankheitsverhaltens stellen zentrale Wirkvariablen der Biofeedback-Behandlung dar (2). Es ist daher sinnvoll, dass neben den Biofeedback-Sitzungen ein Heimprogramm absolviert wird, in welchem die Entspannungstechniken geübt werden.

Ein positiver Punkt des Biofeedback ist, dass der Patient die Entspannungstechniken optimal erlernt und sie dann selber ohne technische Hilfsmittel anwenden kann. Diese Methode hat somit den Vorteil gegenüber den manuellen Therapiemethoden, Injektionstechniken, Dry Needling und physikalische Massnahmen, dass der Patient nicht auf häufige Therapiesitzungen angewiesen ist. Zudem handelt es sich bei der Biofeedback-Therapie um eine schmerzfreie Behandlung, im Gegensatz zu den manuellen Therapiemethoden. Dies

bietet für Patienten, die durch negative Erfahrungen keine manuellen Therapien mehr akzeptieren, eine Behandlungsmöglichkeit.

Ich schliesse nun aus den Fakten, dass sich durch eine Entspannungstherapie gegen Stress wie z.B. Biofeedback mit Progressiver Muskelrelaxation, die Muskelaktivität reduzieren lassen sollte. In dieser Studie lässt sich beobachten, ob es zu einer Senkung der elektrischen Aktivität durch die Progressive Muskelentspannung kommt und wie hoch diese Werte ausfallen.

1.5 Forschungsfrage

Die Literaturübersicht zeigt ein einheitliches Bild, dass sich Schmerzen durch eine Biofeedbacktherapie positiv beeinflussen lassen. Die Frage, ob sich die elektrische Aktivität senken lässt, wurde widersprüchlich beantwortet. Ob sich durch die Biofeedback-Entspannungstherapie die MTrPs lösen können, wurde bisher nicht ausführlich diskutiert. All die erwähnten Fakten führten zu der folgenden zu überprüfenden Hypothese:

Eine Biofeedback-Entspannungstherapie mit Progressiver Muskelentspannung kann bei Personen im Alter von 20 – 65 Jahren, welche an Kopf-, Nacken- und Schulterschmerzen leiden, bei myofaszialen Triggerpunkten im Bereich der Schulter-Nacken-Muskulatur, dazu beitragen, dass die Muskelspannung sinkt und MTrPs verschwinden.

Ziel dieser Studie ist aufzuzeigen, wie sich die Muskelaktivität des M. trapezius (pars descendens) verhält und ob die MTrPs verschwinden, bei der Durchführung einer vierwöchigen Biofeedback-Therapie mit Progressiver Muskelrelaxation nach Jacobson.

Als Nebenfrage wird untersucht, wie die Probanden die Schmerzintensität und die Alltagseinschränkungen empfinden. Das erlaubt zu klären, ob die Probanden subjektiv eine Verbesserung durch die Therapie wahrnehmen und das mit den Daten der Muskelaktivität und dem Vorhandensein von MTrPs korreliert.

Die Annahme ist, dass dieses Therapieprogramm bei Personen mit MTrPs die Muskelaktivität senkt, die MTrPs sich lösen und Schmerzen und Beschwerden vermindert

werden können. Durch die direkt zurückgemeldeten Signale des Biofeedbacks kann der Patient besser wahrnehmen, wie er die betroffene Muskulatur entspannen kann. Wenn der Patient gezielt an der Entspannung und einem ökonomischen Einsatz der Muskulatur arbeitet, kann das Muskelgewebe besser durchblutet werden. Der vormals saure pH-Wert im Gewebe reguliert sich und es kommt wieder zu einer normalen Acetylcholin-Aktivität an der motorischen Endplatte. Dadurch wird sich der Hartstrang lösen und der MTrP vom aktiven in den latenten Zustand übergehen oder ganz verschwinden. Das wiederum bewirkt, dass die Schmerzen und Beschwerden abnehmen werden, was sich dann als Verbesserung der NPDS-Score zeigt.

In dieser einfachen vorher/nachher Studie werden die Einflüsse, Effekte und Korrelationen dokumentiert bei der Durchführung einer Biofeedback-Therapie mit Progressiver Muskelrelaxation nach Jacobson, bei Personen im Alter von 20 – 65 Jahren mit MTrPs im Schulter-Nacken-Bereich. Analysiert wird das Fortbestehen der MTrPs durch Palpation, die Muskelaktivität des M. trapezius (pars descendens) mittels EMG, die Schmerzen und Alltagseinschränkungen mit der NPDS, sowie die Veränderung der Fingertemperatur.

2. Methode

2.1 Studiendesign

Als Design wurde eine einfache explorative vorher/nachher Studie gewählt, die ausschliesslich aus einer Interventionsgruppe bestand. Mit diesem Design liess sich keine Aussage darüber machen, ob die erzielten Effekte tatsächlich auf Grund der durchgeführten Intervention entstanden sind, aber es konnte ein Verlauf des Verhaltens der Outcomes und Kontrollvariablen aufgezeigt werden.

2.2 Population

Die Testpersonen wurden mittels Flugblätter und Mund-zu-Mund-Propaganda auf die Studie aufmerksam gemacht und meldeten sich freiwillig für die Studie (Anhang A).

Bevor die Interventionen begannen, mussten die Personen die Probandeninformation gelesen und verstanden sowie die Einverständniserklärung zur Studie unterzeichnet haben (Anhang B und C).

Es wurden elf Personen untersucht, welche alle die folgenden Kriterien erfüllten:

Einschlusskriterien

- Alter: 20 – 65 Jahre
- Personen die unter Kopf-, Schulter- und Nackenschmerzen leiden mit klinisch diagnostizierbaren aktiven oder latenten MTrPs in mindestens einem der folgenden Muskeln: M. trapezius (pars descendens), M. levator scapulae, M. supraspinatus, M. sternocleidomastoideus, Mm. scalenii, M. splenius, kurze Nackenstrecker
- schriftliches Einverständnis der Testpersonen

Ausschlusskriterien

- momentan in physiotherapeutischer Behandlung oder bei Massagen
- radikuläre Beschwerden mit neurologischen Zeichen wie Reflexverluste und dermatombezogene Ausstrahlungen in der oberen Extremität
- Personen mit Traumas in Kopf-, Hals- und Schulterbereich innerhalb des letzten Jahres

Von den elf untersuchten Personen zog eine Person ihre Teilnahme zurück und zwei weitere Personen mussten während der Studie ausgeschlossen werden. Eine Person schied auf Grund einer Schmerzverstärkung und anschliessendem Physiotherapiebesuch aus und die andere Person auf Grund von Unzuverlässigkeit. Eine vierte Person wurde nicht behandelt aus Zeitmangel der Studie. Schlussendlich konnten Angaben von sieben Studienteilnehmer/innen gesammelt werden.

2.3 Outcomes, Nebenoutcomes und Kontrollvariablen

Es wurden folgende Haupt- und Nebenoutcomes erfasst:

Hauptoutcomes:

- Muskelhartspann und MTrP mit Ausstrahlungsgebiet vorhanden oder nicht, Anzahl
- Muskelaktivität des M. trapezius (pars descendens) in % reference voluntary contraction (% RVC) in Ruhe

Nebenoutcomes:

- Wahrnehmung der Schmerzen und Alltagseinschränkungen, Score der Neck Pain and Disability Scale (NPDS)
- Fingertemperatur, °C

Diese Outcomes dienen zur Prüfung der Hypothese und wurden bereits in verschiedenen Studien als Verlaufsparemeter bei MTrPs verwendet (12) (13).

Die folgenden **Kontrollvariablen** wurden erfasst:

- berufliche Tätigkeit, stehend oder sitzend
- schwere Gewichte tragen, ja/nein
- Dauer des Beschwerdebestehens, Monate, Jahre
- Krankheiten
- Häufigkeit von sportlichen Aktivitäten, Anzahl Einheiten pro Woche
- Psychischer Zustand (Depression, Angst, Stress), Score HADS-D
- Häufigkeit der Durchführung des Heimprogramms, Anzahl Einheiten, Minuten

2.4 Ablauf der Tests und Interventionen

Alle Probanden durchliefen das folgende Programm (Abb.1):

1. **Eintrittstest T₀**: Informationen zur Studie und Untersuchung ob Ein- und Ausschlusskriterien erfüllt waren. Der Schmerzbereich wurde erfasst und es wurde untersucht, ob aktive und/oder latente MTrPs im Schulter-Nacken-Bereich vorkamen. Anschliessend unterzeichneten die Probanden die Zustimmungserklärung und füllten

den Fragebogen NPDS aus. Alle getesteten Personen entsprachen den Ein- und Ausschlusskriterien.

2. **Intervention und Heimprogramm:** Jeder Proband erhielt während den nächsten vier Wochen einmal wöchentlich eine Biofeedback-Therapie mit Progressiver Muskelrelaxation nach Jacobson (Anhang D). Inklusiv der Erfassung der EMG-Werte dauerte eine Sitzung 60 Min. Bei der ersten Sitzung füllte der Patient den Fragebogen HADS-D zur Erhebung der Kontrollvariabel Angst- und Depressivitätsniveau aus. Während jeder Sitzung wurde die Muskelaktivität vor dem Programm, nach dem Programm vor dem „Zurückholen“ und nach dem „Zurückholen“ gemessen. Ebenfalls wurde die Fingertemperatur als zusätzliches Verlaufszeichen für die Entspannungsfähigkeit erfasst. Während diesen vier Wochen führte der Proband zu Hause einmal täglich die erlernte Progressive Muskelrelaxation durch. Er dokumentierte im Übungsprotokoll wie oft und wie lange er geübt hatte und welche Schwierigkeiten aufgetreten waren (Anhang E). Dies diente als Diskussionsgrundlage bei den Behandlungen und zur Erfassung der Übungsdauer. Die Interventionen fanden in der Rheuma- und Rehabilitationsklinik Leukerbad statt.
3. In der vierten Biofeedback-Sitzung wurden die letzten EMG-Daten erfasst.
4. **Re-Test T₁:** Nach dem vollen Ablauf der vier Wochen untersuchte man am Patienten, wie sich die Anzahl MTrPs verändert hatte. Die Schmerzen und Beschwerden wurden erneut durch die NPDS erfasst.
5. **Follow-Up:** Zur Evaluierung des weiteren Verlaufs, füllten die Probanden zwei Monate nach der Therapie erneut die NPDS zur Erfassung der Schmerzen und Beschwerden aus.

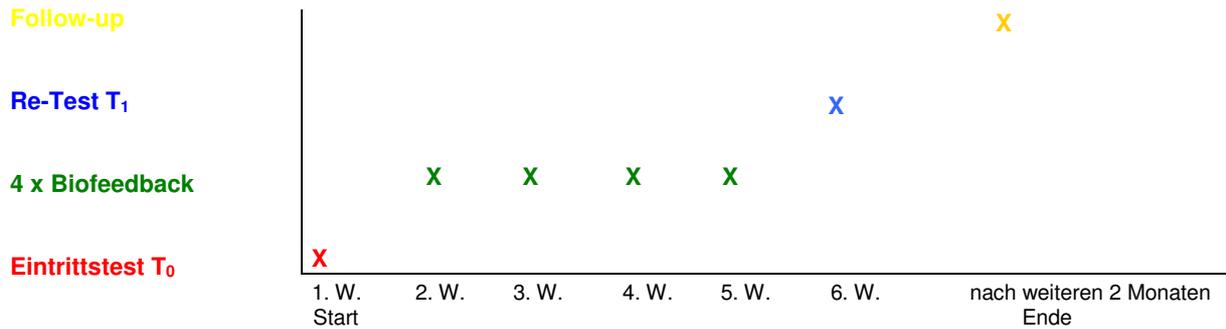


Abb. 1: Detailübersicht des Ablaufes für einen Probanden

2.5 Datenerfassung

2.5.1 Erfassung der MTrPs

Ob MTrPs vorhanden waren, wurde mittels evidenzbasierten Diagnosekriterien bestimmt. Untersucht wurden Muskeln der Schulter-Nacken-Region, welche am häufigsten MTrPs aufweisen und Beschwerden im Kopf-, Nacken- und Schulterbereich hervorrufen: M. trapezius, M. levator scapulae, M. sternocleidomastoideus, M. supraspinatus, M. splenius und die kurzen Nackenstrecker.

Die Identifizierung der MTrPs hängt von der Anamnese und der manuellen Untersuchung ab. Mir sind keine gängigen Laboruntersuchungen oder bildgebende Verfahren bekannt, die hilfreich sind. Der Untersucher muss das Vorliegen von MTrPs vermuten und speziell nach diesen suchen. Derzeitige Studien zeigen, dass das nützlichste Untersuchungskriterium für die Identifizierung MTrPs die punktförmige Schmerzempfindlichkeit eines Knötchens in einem verspannten Muskelfaserbündel ist. Auch das Auffinden des Endplattenrauschens mit einer Nadelelektrode ist eine starke Bestätigung für das Vorliegen eines MTrP. Gegenwärtig gibt es keinen Goldstandard für den Nachweis von MTrPs (5).

Die folgenden typischen Kennzeichen von MTrPs gelten als empfohlene klinische Diagnosekriterien (4) (10) (14). Sie wurden in dieser Studie folgendermassen angewendet: Die Punkte 1-4 galten als essentielle Kriterien, damit es sich um einen aktiven MTrP handelt. Die Punkte 5-8 konnten, mussten aber nicht, vorkommen und dienten zur Bestätigung (17):

1. Palpierbar verspanntes Faserbündel (sofern Muskel zugänglich ist)

2. Deutlicher punktueller Druckschmerz eines Knötchens in einem verspannten Faserbündel
3. Schmerzerkennung durch den Patienten bei Druck auf das empfindliche Knötchen
4. Schmerzhaft Einschränkung der Dehnbarkeit des betroffenen Muskels
5. Sichtbare oder tastbare lokale Zuckungsreaktion (local twitch response)
6. Bildliche Darstellung einer lokalen Zuckungsreaktion nach Penetration des empfindlichen Knötchens mit einer Kanüle
7. Schmerzen oder Sensibilitätsveränderungen (in der für einen MTrP im betroffenen Muskel zu erwartenden Ausbreitung) bei Kompression des empfindlichen Knötchens (referred pain pattern)
8. Elektromyographischer Nachweis spontaner elektrischer Aktivität, wie sie für aktive Foki im empfindlichen Knötchen eines verspannten Faserbündels charakteristisch sind

Über die Zuverlässigkeit der Identifizierung von MTrPs gibt es unterschiedliche Ergebnisse. Gute Übereinstimmungen zwischen den Untersuchern wurden erreicht, wenn diese durch Experten ausgebildet waren, über umfassende klinische Erfahrungen verfügten und ein Vergleich zwischen den verschiedenen Untersuchungstechniken angewandt wurde (5) (9) (14).

Die Tab. 1 zeigt eine kurze Übersicht der Intertester-Reliabilität (Kappa-Werte) bei der Untersuchung von Triggerpunktmerkmalen. Es sind mir keine neueren Studien bekannt betreffend der oberen Extremität.

Untersuchtes Merkmal	Wolfe et al., 1992	Nice et al., 1992	Njoo et al., 1994	Gerwin et al., 1997	Durchschnitt
Punktuelle Druckschmerz	0.61	-	0.66	0.84	0.70
Ausweichbewegung	-	-	0.70	-	0.70
Schmerzerkennung	0.30	-	0.58	0.88	0.59
Tastbares Muskelfaserbündel	0.29	-	0.49	0.85	0.54
Übertragungsschmerz	0.40	0.38	0.41	0.69	0.47
Lokale Zuckungsreaktion	0.16	-	0.09	0.44	0.23
Durchschnitt	0.35	0.38	0.49	0.74	

Tab. 1: Intertester-Reliabilität (Kappa-Werte) aus Travell J.G., Simons D.G. (2002), (17)

Die Kappa-Werte zeigen die Übereinstimmung zweier Messresultate unter Ausschluss des Zufalls. Interpretation der Kappa-Werte: < 0.4 ungenügend, 0.4-0.6 genügend, 0.6-0.8 gut, > 0.8 ausgezeichnet.

Ausser in der Studie von Gerwin et al. (1997) zeigten die Resultate meistens ungenügende bis genügende Kappa-Werte. Die guten bis ausgezeichneten Werte von Gerwin et al. wurden erzielt, weil die Untersucher vor den Tests Übungseinheiten zur Identifizierung der MTrPs durchgeführt hatten. Bei angemessener Vorbereitung und geübten Untersuchern kann also eine gute Interrater-Reliabilität erreicht werden. Um eine möglichst hohe Zuverlässigkeit der Testung zu erhalten, wurde in dieser Studie die Triggerpunktuntersuchung von PM durchgeführt, welcher über mehrjährige praktische Erfahrung in diesem Gebiet verfügt. Er ist Lehrperson an der HES-SO Leukerbad und bildet die Studenten in der Triggerpunktbehandlung aus. Er kennt somit die Triggerpunkt-Problematik, die evidenzbasierten Diagnosekriterien und war genauestens informiert, nach welchen MTrPs er suchen sollte.

Es war nicht möglich, eine Untersuchung mit der Nadelelektrode zum Auffinden des Endplattenrauschens durchzuführen, da dies einen zu grossen Aufwand darstellte. Die nötige Ausrüstung stand nicht zur Verfügung und da es sich um eine invasive Methode handelt, hätten weitere Sicherheitsmassnahmen und Richtlinien eingehalten werden müssen. Die manuelle MTrP-Untersuchung schien, gemessen am Aufwand, der Validität und Fiabilität, das geeignete Vorgehen für diese Studie zu sein.

Die Muskulatur wurde auf latente und aktive MTrPs untersucht, beide galten als gleich bedeutend. Wenn weniger als die ersten drei Kriterien vorkamen, wertete man es nicht als MTrPs mit nein, nicht vorhanden, sonst mit ja, vorhanden.

Für jede Testperson wurde beim Eintrittstest T_0 ein Formular mit den Testergebnissen zum Vorhandensein von MTrPs und dem Ausstrahlungsgebiet ausgefüllt. Im Re-Test T_1 untersuchte man, ob die im Eintrittstest T_0 rapportierten MTrPs noch vorhanden waren und verglich die Anzahl miteinander (Anhang F).

2.5.2 Oberflächen-EMG

Umgangssprachlich wird oft der Begriff Muskelspannung verwendet, im medizinischen Sprachgebrauch versteht man darunter den Muskeltonus. *Der Muskeltonus* existiert jedoch nicht sondern es wird zwischen aktivem und passivem Muskeltonus unterschieden. Der aktive Muskeltonus ist die innervationsbedingte, kontraktive Spannung des Muskels und existiert im Rahmen der physiologischen Willkürsomotorik oder unter pathophysiologischen Funktionsbedingungen, wie z.B. bei der Spastik, die ein Enthemmungssyndrom der α -Motoneurone ist. Der aktive Muskeltonus ist mit einer EMG-Aktivität verbunden und kann somit aufgezeichnet werden. Der entspannte, ruhig daliegende Mensch sollte keinen oder nur geringen Muskeltonus aufweisen. Durch den Tastbefund kann jedoch ein Tonus der Muskulatur festgestellt werden. Dieser ertastbare Tonus ist der passive Muskeltonus (Steifigkeit, Compliance, Dehnungswiderstand) welcher den Widerstand eines ruhenden, kontraktiv entspannten Muskels gegenüber Druck oder gegen eine passiv geführte Längsdehnung darstellt. Der passive Muskeltonus ist nie mit einer EMG-Aktivität verbunden. Er wird von der Zusammensetzung und den Eigenschaften des Gewebes geprägt. Die wesentlichen Strukturen sind die Muskelfasermembrane und die Sarkomere. Ein ruhender, strukturell verkürzter Muskel kann also einen hohen passiven Muskeltonus aufweisen, was subjektiv als Verspannung wahrgenommen wird, bei nicht vorhandener elektrischer Aktivität. Die Komponenten des Muskeltonus können in Modellen, wo die mechanischen Muskeleigenschaften charakterisiert werden, dargestellt werden (Abb. 2). Hill (1938) beschrieb ein Modell mit kontraktile, serien-elastischen und parallel-elastischen Komponenten (59):

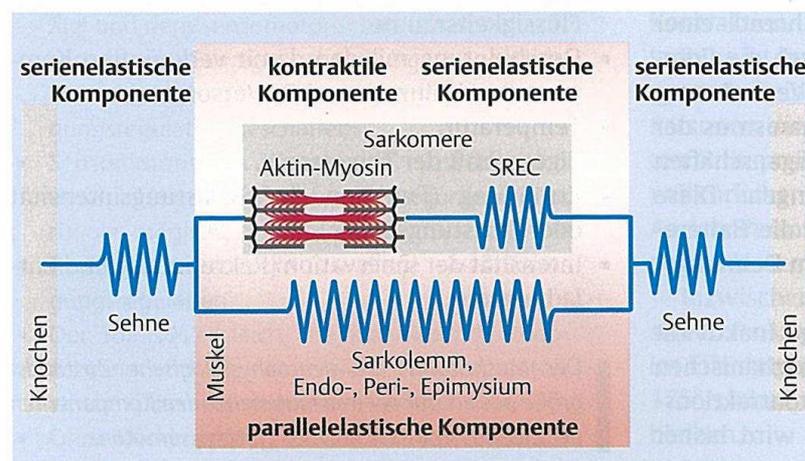


Abb. 2: Mechanisches Modell des Sehnen-Muskel-Komplexes (SREC = short range elastic component) nach Hill (1938)

Durch das Oberflächen-EMG wird die bei der Erregung des Muskels entstandene elektrische Aktivität gemessen. Die willkürliche Kontraktion der Muskulatur wird vom zentralen Nervensystem gesteuert und geschieht durch die Aktivierung einzelner Muskelfasern. Der Muskel ist funktionell in einzelne motorische Einheiten unterteilt. Eine motorische Einheit besteht aus einem Motoneuron und der davon innervierten Muskelfasern. Die Erregung der Muskelfasern erfolgt über elektrische Impulse, so genannte Aktionspotentiale, welche sich vom zentralen Nervensystem her über die Axone bis zu den synaptischen Übergängen, der motorischen Endplatte, ausbreiten. Hier werden nun durch die Aktionspotentiale Transmittersubstanzen ausgeschüttet, was zu einer lokalen Depolarisation des Muskelfasermembranpotentials führt. Das Aktionspotential breitet sich weiter entlang der Muskelfaser in Richtung der beiden Faserenden aus. Durch ändernde Ionenkonzentrationen erzeugt dies Spannungsänderungen im Faserinnern und -äussern (Intra- und Extrazellulär). Die Aktionspotentiale stellen so die Signalquellen dar, dabei handelt es sich um extrem schwache elektrische Ströme im Mikrovoltbereich. Das Gewebe, welches zwischen Muskel und Elektrodenoberfläche liegt und das Signal weiterleitet, wird als Volumenleiter betrachtet. Je nach dem, wie stark der Muskel aktiviert wird, fällt die Feuerrate aus. Die Feuerrate ist die Frequenz, mit der die einzelnen motorischen Einheiten erregt werden und ist bei gesteigerter Muskelaktivität erhöht. Aus diesem Ablauf resultiert die aufgezeichnete elektromyographische Aktivität (Abb. 3) (23).

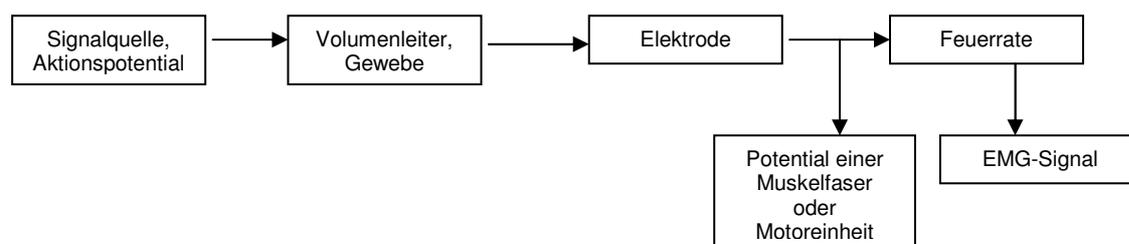


Abb. 3: Schematische Darstellung der einzelnen Schritte in der Modellierung oberflächendetektierter EMG-Signale nach SENIAM (1999), leicht vereinfacht (22)

Die Therapie als auch die Messungen wurden mit dem Biofeedbackgerät Soft-Made 7040c (Gerätevertrieb: Insight Instruments, Österreich) durchgeführt. Das Gerät enthielt einen 50 Hz Doppel-T-Filter und arbeitete bei einer Bandbreite von 25 – 1000 Hz. Die Elektromyographie lässt sich durch ein klinisches oder ein kinesiologicals EMG erstellen. Das klinische EMG arbeitet hauptsächlich mit Nadel- und Drahtelektroden und es werden

dabei die Aktionspotentiale einzelner motorischen Einheiten erfasst. Das kinesiologicalische EMG arbeitet mit Oberflächenelektroden und untersucht primär die Funktion und Koordination der Muskeln in unterschiedlichen Bewegungsabläufen und Positionen. Damit können nur oberflächlich liegende Muskeln untersucht werden.

Elektrodenplatzierung

In dieser Studie wurde das kinesiologicalische EMG mit den Oberflächenelektroden verwendet, obwohl die Selektivität der Ableitung geringer ist als bei den Nadelelektroden. Jedoch wurden den Probanden eventuelle Schmerzen, Infektionen und Materialbrüche, verursacht durch die Nadeln, erspart. Die Elektroden wurden auf dem rechten und linken M. trapezius (pars descendens) platziert, um zu untersuchen, wie sich dessen Muskelaktivität verhält.

Unter den Forschern herrscht Konsensus, dass das Oberflächen-EMG ein wichtiges Mittel zur Muskelanalyse darstellt und dass die grosse Störanfälligkeit der Werte eine Standardisierung der Elektrodenplatzierung sowie der Muskelaktivierung erfordert. Die Schwierigkeit zuverlässige Daten zu erhalten, liegt in der Komplexität des EMG-Signals, der vielen Einflussfaktoren und den anatomischen Unterschiede der Individuen.

Die Elektrodenplatzierung wurde daher standardmässig bei allen Probanden gleich vorgenommen auf dem M. trapezius (pars descendens) nach den Empfehlungen der Studien von Jensen et al. (1993), (1996), McLean et al. (2003), Farina et al. (2002). Durch diese Standardisierung erhält man die zuverlässigsten Werte bezüglich der Wiederholbarkeit der Messung, der Aktivierung des M. trapezius und um mögliche Störfaktoren auf ein Minimum zu reduzieren (Abb. 4 und 5). Die Elektrodenplatzierung sah folgendermassen aus:

Es wurde eine Verbindungslinie vom Processus Spinosus des 7. Halswirbels zur dorsalen Kante des Acromion gezogen. Zwei cm lateral vom Mittelpunkt platzierte man eine Elektrode auf der Linie. Die zweite Elektrode lag mit einem Interelektrodenabstand von zwei cm lateral davon in Richtung Acromion. Die Referenzelektrode wurde auf dem Processus spinosus des 7. Halswirbels befestigt und diente dazu, das myoelektrische Signal auf ein Nullpotential zu normieren (28) (31) (41) (18).

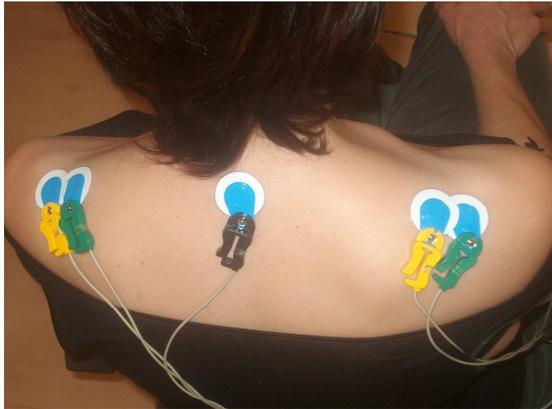


Abb. 4: Elektrodenplatzierung und Ruheposition



Abb. 5: Submaximale Aktivierung M. trapezius (pars descendens)

McLean L. (2002) untersuchte verschiedene Elektrodenstandorte und Muskelaktivierungen des M. trapezius und beschrieb einen Intraclasskorrelationskoeffizienten (ICC) der zwischen 0.808 und 0.999 lag. Er sieht den ICC jedoch nicht als sensiblen Messwert zur Bestimmung der Zuverlässigkeit des myoelektrischen Signals in RMS (32).

Störgrößen

Um möglichst zuverlässige Werte zu erhalten, mussten beim Oberflächen-EMG eventuelle Störgrößen berücksichtigt und ausgeschaltet oder minimiert werden. Es sind folgende Punkte, auf welche besonders acht gegeben wurde:

- Mitarbeit des Probanden

Der Proband erhielt genaueste Angaben zu seiner Aufgabe und wie er sich verhalten sollte.

- Elektroden

Es wurden die von der SENIAM empfohlenen Ag/AgCl-Elektroden der Marke Ambu, Modell Blue Sensor M mit einer Sensorfläche von 13,2 mm² verwendet (22). Es handelte sich dabei um Einwegelektroden die für eine verbesserte Leitfähigkeit des Signals mit Gel vorpräpariert waren.

- Hautvorbereitung

Die Hautstellen wurden für die Elektrodenplatzierung durch Abreiben mit Sandpapier und mit alkoholischem Schnelldesinfektionsmittel Meliseptol rapide der Braun Medical AG präpariert. Es war nie nötig, Haare wegzurasieren.

- Standardisierung der Körperhaltung, Armposition, Elektrodenposition

Um mögliche Einflüsse auf die Werte zu kontrollieren, nahmen alle Probanden die gleiche standardisierte Körper- und Armposition während den Tests ein. Alle Probanden wurden mit der gleichen standardisierten Elektrodenposition gemessen. Die Elektrodenposition wurde bereits vorhergehend erläutert. Die Körper- und Armposition während der Intervention war variabel und spielte keine Rolle. Die Position während des Tests wird im nachfolgenden Kapitel *Normalisierung der EMG-Werte* beschrieben.

- Artefakte (Störgrößen wie Verschiebung der Elektrode, Einflüsse von EKG-Signalen, ungewollte Bewegungen, Aufnahme von Cross-Talks, technische Einflussfaktoren)

Diese Artefakte wurden versucht zu kontrollieren, indem auf die korrekt vorgenommene Elektrodenplatzierung geachtet wurde, welche eine Verschiebung der Elektroden, die Aufnahme von Cross-Talks und EKG-Signale ausschliesst. Ein im EMG-Kabel integrierter Vorverstärker diente zur zusätzlichen Unterdrückung von Störungen durch Einstreuungen. Der Standardmessfehler des Gerätes liegt zwischen maximal +/- 4 μ V, üblich +/- 0.5 μ V.

- Subkutanes Gewebe

Das Haut- und subkutane Fettgewebe hat Einfluss auf die EMG-Amplitude. Es gibt verschiedene Meinungen, wie stark die Elektroden-Muskel-Distanz Einfluss auf die EMG-Messung ausübt, diese reichen von 33 % bis zu 81,2 % Varianz im EMG-Signal (29) (30) (34). Diese Studien bestätigen jedoch alle die Aussage: je grösser die Fettschicht, desto geringer fällt die EMG-Amplitude aus. Dieser Faktor ist nur sehr schwierig und aufwändig zu kontrollieren, weil dafür Ultraschall- oder Hautfalten-Messungen vorgenommen werden müssten. Beide Methoden zeigen jedoch eine schwache Korrelation mit dem EMG-Signal, was wahrscheinlich daran liegt, dass neben der Dicke des Gewebes auch dessen elektrische Eigenschaft einen entscheidenden Faktor spielt. Diese sind jedoch bei jeder Person unterschiedlich. In der Literatur ist bisher kein zufrieden stellendes Messinstrument bekannt, um diesen Faktor 100% zu kontrollieren. Auf Grund dieser Tatsachen wurde über diesen

Faktor hinweggesehen. Durch die Normalisierung der Werte kann jedoch dieser Einfluss berücksichtigt werden und es erlaubt einen intersubjektiven Vergleich der Werte anstellen zu können.

Normalisierung der EMG-Werte

In jeder der vier Sitzungen wurden die EMG-Ruhewerte sowie die Effektivwerte (Root mean square, RMS) während einer submaximalen Aktivierung des M. trapezius (pars descendens) in μVolt aufgezeichnet (Abb. 5). Vom System wurden die eingegangenen Parameterwerte während der jeweiligen Messung als Mittelwert wiedergegeben. Um die Ruhewerte später vergleichen und auswerten zu können, wurde das rohe myoelektrische Signal normalisiert. Das heisst, die in Ruhe erfassten EMG-Werte drückte man in Prozent der submaximalen Kontraktion aus. Diese Werte haben die Einheit % reference voluntary activity (% RVC). McLean et al. (2003) haben in ihrer Studie diverse Elektrodenpositionen und Standardbewegungen untersucht um die maximale Aktivierung des M. trapezius herauszufinden und darstellen zu können. Diese Studie richtete sich nach deren Empfehlungen. Die Werte wurden nicht ins Verhältnis zur maximalen Aktivierung (maximal voluntary activity, % MVC) gesetzt, was etwas reliablere Werte für den intersubjektiven Vergleich ergeben hätte. Dies wurde nicht durchgeführt, weil Maximalwerte für diese Studie nicht relevant waren. Zudem wären die in % MVC ausgedrückten Ruhewerte noch kleiner ausgefallen und hätten damit geringere Vergleichsmöglichkeiten geboten.

Fehlende Werte wurden ersetzt durch den Durchschnittswert der Messungen der betroffenen Person aus den anderen drei Sitzungen.

Um den Referenzwert (R), welcher dem Effektivwert entspricht, zu definieren, wurde von den Probanden vor der Biofeedback-Sitzung eine submaximale Aktivierung des M. trapezius ausgeführt, dies wurde zweimal mit einer einminütigen Pause dazwischen ausgeführt. Die Bewegung wurde ohne zusätzliches Gewicht ausgeführt und sah folgendermassen aus: Glenohumeral-Gelenk: Abduktion 90° und maximale Aussenrotation, Ellenbogen: Flexion 90° , Kopf: Nullstellung. Die Position musste während 20 Sek. gehalten werden um die EMG-Signale zu erfassen. Diese Position wurde in der Studie von McLean et al. (2003) genauestens untersucht und als die mit den höchsten Aktivierungswerten für den M. trapezius genannt. Eine reine Abduktion ohne Aussenrotation hat zwar höhere Werte erreicht, nimmt jedoch

noch Cross-Talks vom M. supraspinatus auf. Daher wurde die oben erwähnte Position gewählt. Die erhaltenen Werte stimmen ebenfalls mit der vorgesehenen Elektrodenplatzierung überein (41).

Im Anschluss an die Testung wurde eine zweiminütige Pause gemacht und danach zeichnete man während einer Minute die Ruhewerte (1a) in der Null-Stellung auf. Dann erfolgte die Biofeedback-Sitzung und im Anschluss kam es noch einmal während einer Minute zur Erfassung der Ruhewerte jeweils vor dem „zurücknehmen“ (1b) und nach dem „zurücknehmen“ (1c) (siehe Anhang D, Programm PMR). Dies erlaubte die Berechnung der Veränderung in Prozenten vom Referenzwert (R). Diese Messungen wurden in jeder der vier Sitzungen durchgeführt und jeweils auf der rechten und linken Muskulatur erfasst, um Vergleichswerte zu erhalten und den Verlauf darstellen zu können (Anhang G).

Nordander et al. (2004) befürworten dieses Vorgehen, weil sich in ihrer Studie zeigte, dass eine Normalisierung der Werte zu weniger grossen Between-Subject-Variabilitäten führte als eine Nicht-Normalisierung, wo nur die Rohwerte analysiert wurden (42). Gemäss Mathiassen et al. (1995) wird die Normalisierung vorgenommen, um Between-Subjects-Differenzen zu reduzieren, die entstanden sind durch das subkutane Gewebe zwischen Elektrode und Muskel (43).

Zur Analyse der Muskelspannung liegen Normwerte der wichtigsten Muskelgruppen vor. Diese Rohwerte sollte man jedoch zurückhaltend betrachten, da rechts/links Asymmetrien klinisch bedeutsamer sind als Abweichungen von diesem Normwert. Normwert für den M. trapezius liegt im Sitzen bei 2,2 bei engem Filter (100-200 Hz) und bei 5,1 bei weitem Filter (25-1000) (2).

2.5.3 Neck Pain and Disability Scale (Nacken Schmerz und Beschwerden Skala)

Bevor die Interventionen starteten, wurde ein Vergleich verschiedener validierter Fragebogen angestellt, die den Nacken-Schulterbereich auf Schmerzen und Alltagseinschränkungen untersuchen: Zervikales Modul NASS von Pose et al. (1999), Northwick Park Neck Pain Questionnaire von Wlodyka-Demaille et al. (2002), German Shoulder Pain and Disability Index von Angst et al. (2006), Oswestry Disability Questionnaire von Fairbank et al. (1980) und die Neck Pain and Disability Scale (NPDS) von Wheeler et al. (1999).

Es wurde die NPDS von Wheeler et al. (1999) gewählt, weil sie am besten die zu untersuchenden Schmerzbereiche und Symptome erfasst, was beim zervikalen Modul NASS und dem German Shoulder Pain and Disability Index nicht der Fall war. Der Fragebogen erlaubte eine Auto-Evaluation durch den Patienten und lieferte somit ein Mittel zur Situationserfassung und Darstellung des Verlaufs. Bei der NPDS konnte der Proband seine Schmerzen und Einschränkungen selber auf einer Skala einschätzen. Für die zu untersuchende Population schien das sensitiver für Veränderungen zu sein als die vorgegebenen Items, welche bei den meisten analysierten Fragebogen vorkamen. Bei den anderen Fragebogen würde möglicherweise keine Veränderung erfasst werden können, da die zu untersuchenden Probanden als eher wenig stark eingeschränkt eingeschätzt wurden und sie in den Alltagsaktivitäten wahrscheinlich völlig unabhängig sind. Diese Skala erlaubte, trotz schwachen Einschränkungen einen analysierbaren Wert zu erhalten.

Die NPDS zeigt die Dimension der wahrgenommenen Schmerzen und Alltagseinschränkungen (stehen, gehen, schlafen, arbeiten, sich waschen, Auto fahren, usw.). Dadurch wird erkannt, wie stark die Probanden sich eingeschränkt fühlen. Das Ausfüllen des Fragebogens vor und nach den Interventionen sowie im Follow-up nach zwei Monaten erlaubte, einen Verlauf darzustellen.

Die NPDS wurde im Jahr 1999 von Wheeler et al. entwickelt und evaluiert. Das Resultat der Studie zeigte eine hohe Reliabilität zur Evaluierung der Nackenbeschwerden, die Face Validität konnte bestätigt werden und der Fragebogen korrelierte mit den Fragebogen Oswestry Disability Questionnaire, Pain Disability Index und mit psychologischen Messungen zu Depressionen und Neurotizismus (15).

Die durch den Nacken verursachten Schmerzen und Einschränkungen im Alltag wurden durch die NPDS erfasst. Mit der Visual Analog Scale (VAS) von 0 bis 100 wurden die Schmerzintensität und der Schweregrad der Einschränkung durch den Patienten selbst auf einer 10 cm langen horizontalen Linie eingeschätzt. Zum besseren Verständnis war an den beiden Extremitäten der Linie „kein Schmerz“ beim Wert 0 sowie „schlimmster sich vorstellbarer Schmerz“ beim Wert 100 angefügt. Um die Schmerzintensität zu evaluieren, wurde die Distanz zwischen dem 0-Punkt und der Position des Kreuzes gemessen und in Millimetern angegeben. Der erhaltene Wert für jede Frage liess sich zusammenrechnen und ergab die Totalscore. Es liess sich nun die Totalscore sowie die Score jeder Einzelfrage vom

Eintrittstest T_0 , Re-Test T_1 und Follow-up vergleichen. In der NPDS konnte ein Score zwischen 0 und 2000 Punkten (20 Fragen x 100 Punkte) geben. Je höher der Wert war, desto stärker einschränker wurden die Beschwerden empfunden.

Im Jahr 2002 wurde die NPDS von Wlodyka-Demaille et al. in die französische Sprache übersetzt und validiert. Sie weist einen Intraclasskorrelationskoeffizienten (ICC) von 0.91 auf (16). Leider liegt keine Deutsche Version vor. Mit dem Einverständnis von PG vom 23.08.2006, wurde der Fragebogen vom Französischen ins Deutsche übersetzt, um ihn für diese Studie zu gebrauchen.

Eine weitere Studie von Wlodyka-Demaille et al. (2003) bestätigt eine gute Sensibilität und klinische Relevanz der NPDS für Veränderung. Leider liegen keine exakten Werte vor zur klinischen Relevanz (46). Der Standardmessfehler lässt sich jedoch mittels der Studie aus dem Jahr 2002 aus dem ICC (0.91) und der Standardabweichung der untersuchten Population (179,56 Punkte) berechnen und beträgt 53,86 Punkte. Wenn der Wert über diesen 53,86 Punkten liegt, kann man davon ausgehen, dass die Veränderung nicht nur auf Grund des Messfehlers entstanden ist.

Die übersetzte Version der Neck Pain and Disability Scale ist im Anhang H, J, I zu finden.

2.5.4 Hospital Anxiety and Depression Scale – Deutsche Version (HADS-D)

Körperliche Krankheit und seelisches Befinden stehen in engem Zusammenhang, insbesondere auch die Muskelaktivität. Deshalb war es notwendig, eine Information darüber zu erhalten, wie stark die EMG-Aktivität in dieser Studie durch das seelische Befinden beeinflusst worden sein könnten.

Der HADS-D ist ein Fragebogen zur Selbstbeurteilung von Angst und Depressivität bei Erwachsenen mit körperlichen Beschwerden (Anhang K). Er wird seit 1995 in der Klinik sowie in der Forschung genutzt als Screeninginstrument, zur Differenzialdiagnostik oder Verlaufdokumentation.

Der Fragebogen wurde in dieser Studie als Screeninginstrument eingesetzt, um einen Eindruck vom Angst- und Depressivitätsniveau der Probanden zu erhalten. Dies stellt einen Faktor dar, der Auswirkungen auf die Muskelaktivität und MTrPs haben kann.

Die HADS-D ist die deutsche Version der englischen HADS, welche von Zigmond & Snaith entwickelt wurde. Sie zeichnet sich durch ihre Kürze von 14 Items aus, aus denen je eine Angst- und eine Depressivitäts-Subskala gebildet wird. Es kommen je sieben Items pro Subskala in alternierender Abfolge vor mit vier Antwortmöglichkeiten. Die Skala erfasst die bei körperlichen Kranken häufigsten Störungsformen, auch im Fall leichter Ausprägung.

Bei der Übersetzung des HADS-D wurden in einer gross angelegten Studie von Hermann-Lingen et al. (2005) die Reliabilität, Validität und der Cutoff-Wert untersucht. Die Retest-Reliabilität wurde aus den Skalenwerten von 933 kardiologischen Patienten bestimmt, die den Fragebogen im Rahmen der Routinediagnostik mehrfach ausfüllten. Es zeigte sich eine gute globale Retest-Reliabilität von je 0.71 für beide Subskalen. Die Validität wurde durch weitere Studien mit Korrelationen zwischen der HADS-D und konstruktverwandten Verfahren nachgewiesen. Die mittlere Korrelation der HADS-Angstskala mit Fremdrating-Werten für Angst liegt bei 0.65, die Depressionsskala korreliert mit im Mittel 0.70 mit dem Depressions-Fremdrating. Für die praktische Arbeit wurden die Cutoff-Werte bestimmt: 0 - 7 Punkte: unauffällig, 8 – 10 Punkte: grenzwertig, ≥ 11 Punkte: auffällig (35).

2.6 Statistische Analyse

Die gesammelten Daten der Tests wurden nach der Skalierung im Excel erfasst und anschliessend ins Statistik-Programm SPSS aufgenommen zur Analyse und Darstellung.

Bei kleinen Stichproben, wie in dieser Studie, bekommt die Effektstärke (d) eine zentrale Aussagekraft, da sie unabhängig der Probandenzahl ist. Sie wurde für die Veränderung der Anzahl MTrPs, der Score der NPDS sowie der Fingertemperatur mit folgender Formel berechnet:

$$d = \frac{X_{T1} - X_{T0}}{SD_{T0}}$$

Die d-Werte wurden folgendermassen interpretiert: < 0.2 kleiner Effekt, 0.2-0.8 mittlerer Effekt, > 0.8 grosser Effekt.

Die Veränderung der EMG-Werte, der Anzahl MTrPs, der Score der NPDS sowie der Fingertemperatur wurde des Weiteren mit den nicht-parametrischen Verfahren für unverbundene Stichproben (Friedman- und Wilcoxon-Test) auf die statistische Signifikanz geprüft. Das Signifikanzniveau lag für alle Veränderungen bei einem Wert ab $\alpha \leq 0.05$.

Für die Korrelationen zwischen der NPDS-Score, MTrPs sowie der Dauer des durchgeführten Heimprogramms wurde der Spearman-Rho Korrelationstest durchgeführt.

Die Statistik ist im Anhang L zu finden.

3. Resultate

3.1 Demographie und klinische Charakteristiken

Von den anfänglich elf Probanden konnten von sieben Personen komplette Datensätze gesammelt und ausgewertet werden. Davon waren sechs Frauen (86%) und ein Mann (14%). Das Alter variierte zwischen 23 und 48 Jahren mit einem Durchschnitt \pm SD von 35 ± 9 Jahren. Die Personen waren entweder in Leukerbad wohnhaft und/oder arbeitstätig. Die Gruppe bestand aus zwei Studentinnen, vier Arbeitstätigen und einer Hausfrau.

Klinische Charakteristiken

	Häufigkeit (N=7)	Prozent
Beschwerdenbestehen		
> als 12. Mte.	3	42,9
> als 5 J.	4	57,1
Beschwerdenhäufigkeit		
täglich	1	14,3
~ 1x pro Woche	3	42,9
~ 2x pro Monat	3	42,9

Berufstätigkeit		
stehend	1	14,3
sitzend	5	71,4
beides	1	14,3
Schwere Gewichte tragen		
ja	2	28,6
nein	4	57,1
Häufigkeit sportliche Aktivität		
keine	2	28,6
1x pro Woche	2	28,6
2-3x pro Woche	2	28,6
> 3x pro Woche	1	14,3
Stressempfinden		
nie	0	0
manchmal	4	57,1
oft	2	28,6
sehr oft	1	14,3
Angstniveau (HADS)		
negativ (0-7 Punkte)	5	71,4
grenzwertig (8-10 Punkte)	1	14,3
positiv (≥ 11 Punkte)	1	14,3
Depressivitätsniveau (HADS)		
negativ (0-7 Punkte)	7	100
grenzwertig (8-10 Punkte)	0	0
positiv (≥ 11 Punkte)	0	0

Tab. 2: Klinische Charakteristiken

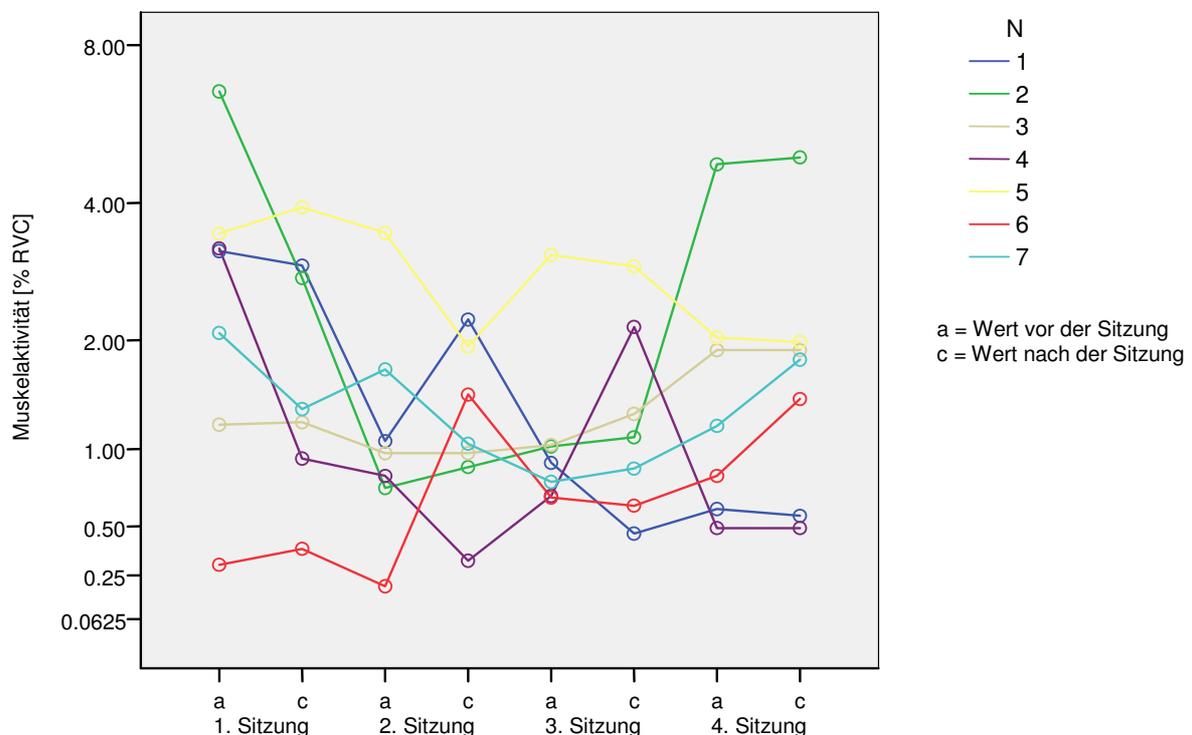
Der Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass es sich um Probanden handelte, die bereits seit mindestens einem Jahr unter Schulter-, Nacken- und Kopfschmerzen litten. Die Beschwerden traten, ausser bei einer Person, nicht täglich auf, sondern eher sporadisch. Fünf von den sieben Probanden gaben an, einer sitzenden Tätigkeit nachzugehen. Nur zwei Personen gaben an, öfters schwere Gewichte tragen zu müssen. Die Gruppe zeigte sich sehr durchmischt und gut verteilt, was die sportliche Aktivität anbelangt. Es kam alles vor zwischen unспортlich (kein Sport) bis sehr sportlich (Sport > 3x pro Wo.). Bei der Stresswahrnehmung klassierten sich alle Probanden in den oberen drei Kategorien, aber mit 57% gab die Mehrheit an, „manchmal“ unter Stress zu leiden, was daher ein eher tieferes Stressniveau aufzeigte. Was das Angstniveau betraf, wurden fünf Probanden als negativ eingestuft und jeweils ein Proband als grenzwertig oder positiv. Das Depressivitätsniveau war bei allen Probanden negativ.

Die Probanden führten während vier Wochen das Heimprogramm durch. Durchschnittlich absolvierten die Personen das Programm 22,71-mal und wendeten insgesamt 546,57 Min. auf. Durchschnittlich ergibt das eine Übungszeit von 24 Min. pro Sitzung. Die fleissigste Person führte das Programm 40-mal durch und investierte 1000 Min. Die Person, die am wenigsten übte, absolvierte das Programm 11-mal und wendete 220 Min. auf.

Von keinem der sieben Probanden ist bekannt, dass während der Behandlungsphase eine schwerwiegende Veränderung eingetroffen wäre, die die klinischen Charakteristiken und die Outcomes hätte beeinflussen können.

3.2 Analyse der EMG-Werte

Verlauf EMG % RVC rechts

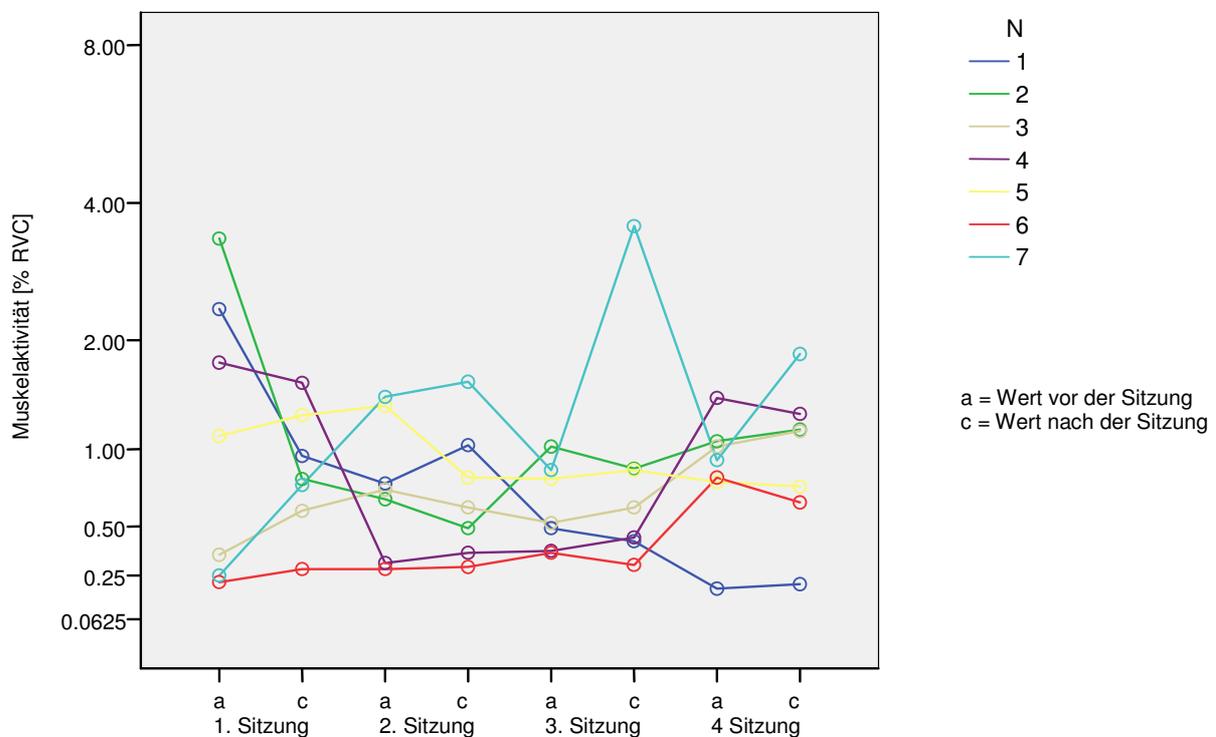


Diag. 1: Verlauf EMG % RVC rechts

Im Diagramm 1 ist der Verlauf der Veränderung der Muskelaktivität in % RVC des rechten M. trapezius (pars descendens) für jeden der sieben Probanden über die gesamte

Behandlungsperiode dargestellt. Allgemein lässt sich erkennen, dass innerhalb der Sitzungen durchschnittlich geringe Veränderungen der Werte in % RVC auftraten und sich kein einheitliches Verlaufsmuster unter den Probanden erkennen lässt. Es fällt auf, dass die Werte nicht in jeder Sitzung, wie angenommen wurde, abnahmen. Die mittlere Veränderung der Aktivität aller Probanden aus allen Sitzungen zeigte für die rechte Seite eine geringe Abnahme von 0,15 % RVC. Was jedoch für einen guten Verlauf spricht ist, dass die fünf Probanden, die mit den höchsten Werten in der 1. Sitzung begonnen hatten, dann mit niedrigeren Ausgangswerten in die 4. Sitzung starteten. Unter den sieben Probanden wies Proband 5 den optimalsten Verlauf auf, ausser in der ersten Sitzung konnte er jeweils den Ruhewert nach der Behandlung unter das Anfangsniveau senken. Proband 6 zeigte den schlechtesten Verlauf auf, weil die Werte innerhalb jeder Sitzung zunahmen, ausser in der 3. Sitzung. Es lässt sich eine leichte Tendenz aller Probanden erkennen, dass in der dritten und vierten Sitzung die Werte eher zu- als abnahmen.

Verlauf EMG % RVC links

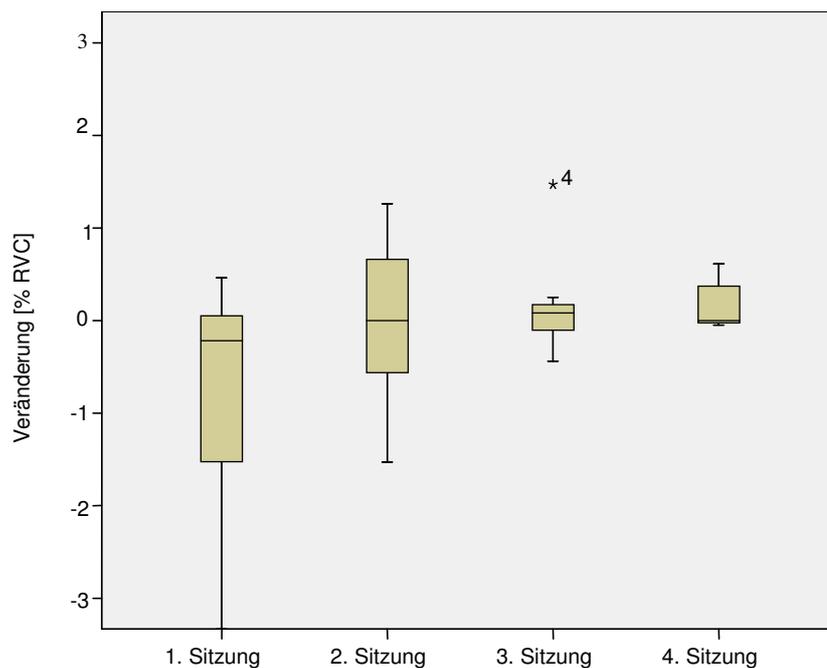


Diag. 2: Verlauf EMG % RVC links

Im Diagramm 2 sind die gleichen Werte wie im Diagramm 1 dargestellt für die linke Seite. Es zeigte sich, dass die erzielten Veränderungen der linken Seite etwas tiefer lagen als auf der

rechten Seite. Es liess sich auch hier keine einheitliche Tendenz unter den Probanden erkennen. Es ist jedoch ersichtlich, dass diejenigen vier Probanden, die zu Beginn der ersten Sitzung hohe Werte zeigten, diese im Verlauf der nächsten drei Sitzungen senken konnten. Die durchschnittliche Veränderung aller Probanden aus allen Sitzungen zeigte mit einem Wert von 0,00 % RVC weder ein Ab- noch eine Zunahme. Die Werte der rechten und linken Seite ergaben nicht den gleichen Verlauf. Den schlechtesten Verlauf zeigte Proband 7, welcher auf der linken Seite in jeder Sitzung eine Steigerung der Aktivität erzielte. Auf der rechten Seite konnte er jedoch die Aktivität in der 1. und 2. Sitzung senken. Den optimalsten Verlauf zeigte Proband 2, welcher ausser in der letzten Sitzung, die Aktivität immer senken konnte.

EMG Veränderung *innerhalb* der Sitzungen in % RVC rechts



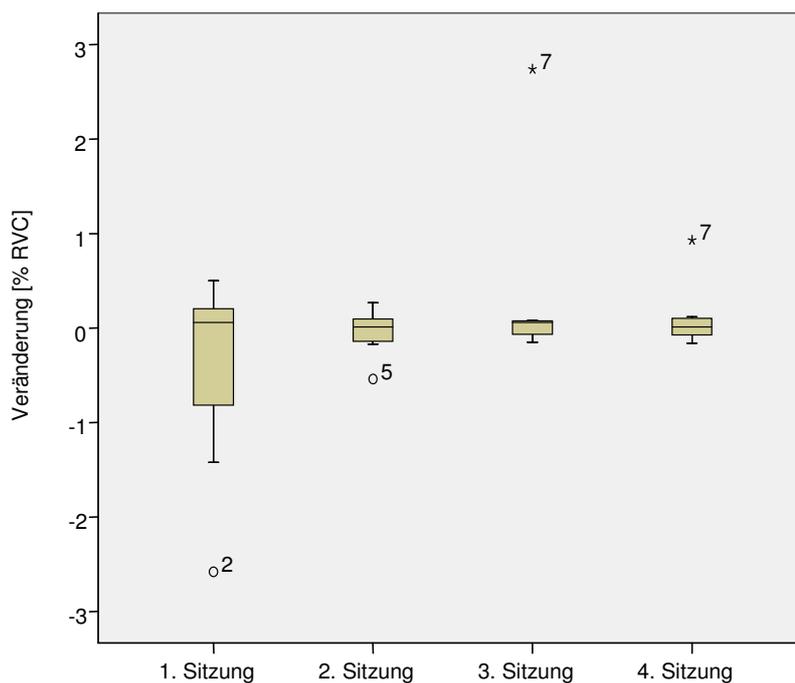
Diag. 3: EMG Veränderung innerhalb der Sitzungen in % RVC rechts

Da nur wenige Probanden untersucht werden konnten und die Inter-Subjekt-Variabilität gross ausfiel, sind im Diagramm 3 die Veränderungen der Muskelaktivität des rechten M. trapezius (pars descendens) aller sieben Probanden der vier Sitzungen mittels Boxplots dargestellt. Die Werte über 0 stellen eine Zunahme, die Werte unter 0 eine Abnahme der Muskelaktivität dar. Es ist ersichtlich, dass der Median in allen vier Sitzungen im Bereich -0,22 bis +0,08 lag, was

aufzeigt, dass fast keine Veränderungen der EMG-Werte erreicht wurden. Die Interquartilrange aller vier Sitzungen und somit 50% der Probanden lagen im Bereich von -2,29 bis +1,18. Analog zum Diagramm 1 lässt sich gut erkennen, dass es in den ersten beiden Sitzungen öfters zu Abnahmen der elektrischen Aktivität kam als in den Sitzungen drei und vier. In der dritten Sitzung wies Proband 4 einen Ausreisserwert von 1,47% RVC auf, was eine stark überdurchschnittliche Zunahme der Aktivität während der Sitzung darstellt.

Die Rohwerte sind als Vergleichswerte nicht zu verwenden und dienen nur zur Berechnung. Es ist jedoch interessant zu wissen, in welchem Grössenbereich sie sich abspielten. Die maximal erzielte Aktivitätsabnahme war 1,75 μ V, die maximale Zunahme 3,48 μ V.

EMG Veränderung *innerhalb* der Sitzungen in % RVC links



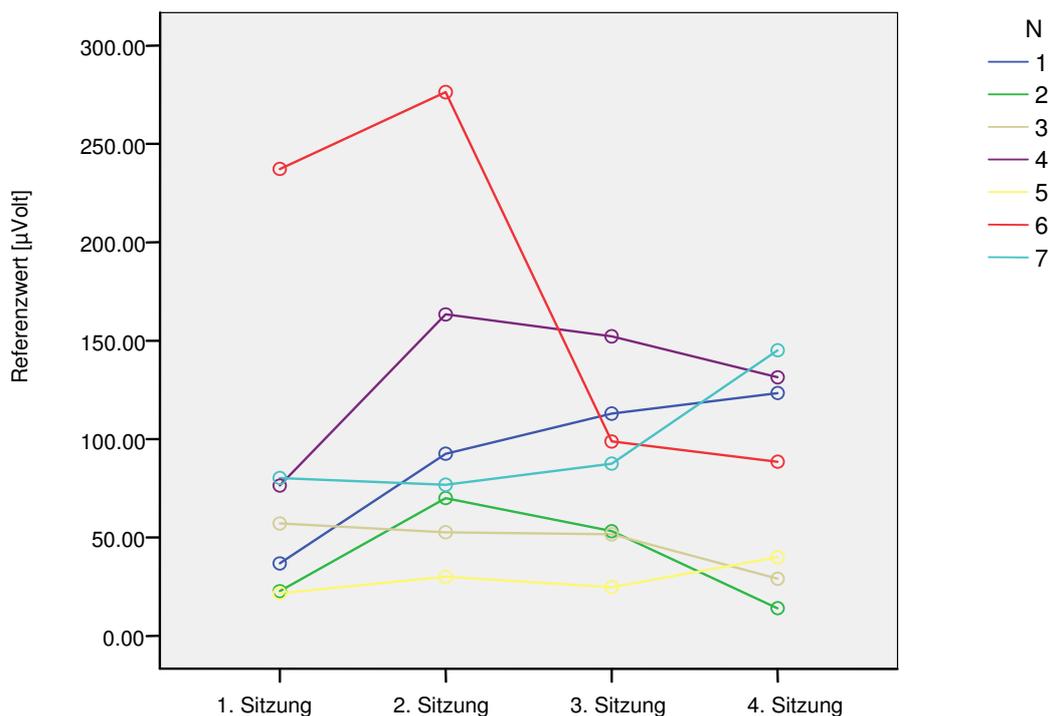
Diag. 4: EMG Veränderung innerhalb der Sitzungen in % RVC links

Das Diagramm 4 entspricht dem Diagramm 3 für die linke Seite des M. trapezius (pars descendens). Es ist ersichtlich, analog zum Diagramm 2, dass der Median aller vier Sitzungen noch stärker im 0-Bereich lag. Die Interquartilrange für alle vier Sitzungen lag mit -1,42 bis +0,24 tendenziell auch näher am 0-Bereich als auf der rechten Seite. Die Veränderungen der

Aktivität fielen also gering aus. In Sitzung 1 ist ein Ausreisserwert von Proband 2 ersichtlich, welcher mit 2,58% RVC eine überdurchschnittliche Abnahme der Aktivität erreicht hatte für die erste Sitzung. In Sitzung 2 zeigt sich, dass Proband 5 mit 0,54 % RVC eine überdurchschnittlich hohe Abnahme für die zweite Sitzung erzielen konnte. Proband 7 zeigte in Sitzung 3 und 4 eine überdurchschnittliche Zunahme der Aktivität mit jeweils 2,74 % RVC resp. 1,05 % RVC für die jeweiligen Sitzungen.

Die Rohwerte für die linke Seite zeigten eine geringere Variabilität als auf der Gegenseite und lagen bei einer maximalen Abnahme von 1,01 μV und maximalen Zunahme von 2,22 μV .

Referenzwerte (R) rechts (reference voluntary contraction)

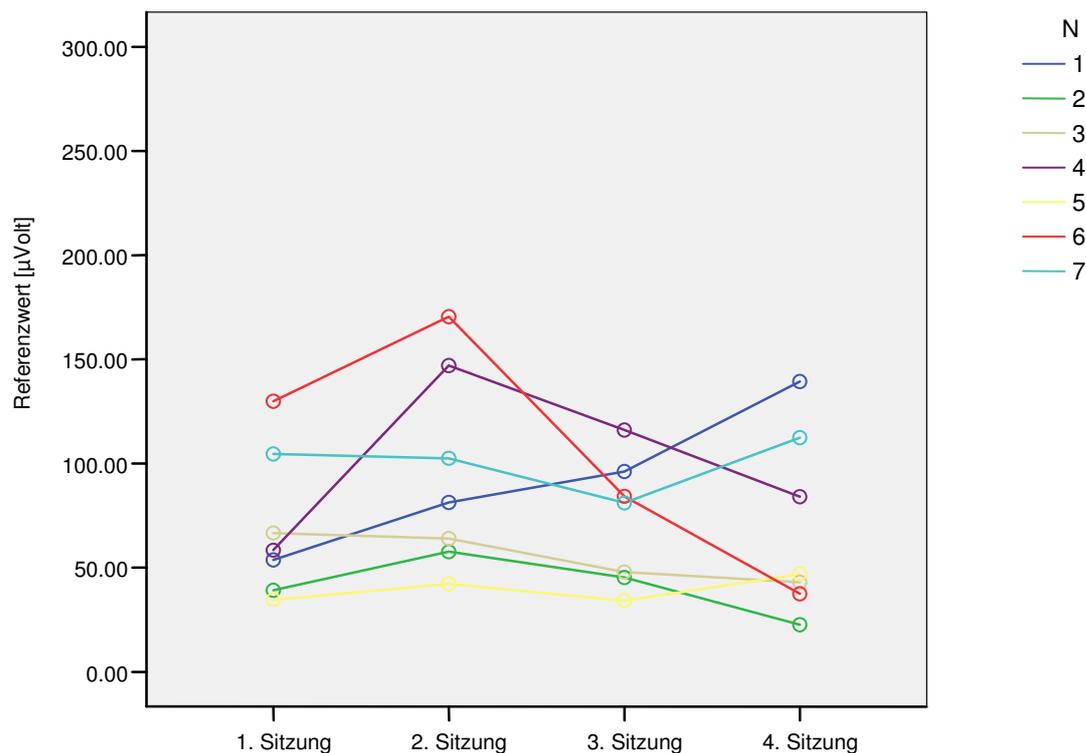


Diag. 5: Referenzwerte (R) rechts (reference voluntary contraction)

Im Diagramm 5 ist der Verlauf der Referenzwerte der rechten Seite in μVolt dargestellt. Es lässt sich keine Tendenz erkennen, die die Aussage zuliesse, dass sich die Werte durchschnittlich gegen Ende der Behandlungsperiode gesenkt oder gesteigert hätten. Bei drei Probanden lagen die Werte der 4. Sitzung tiefer als die Werte der 1. Sitzung und bei vier

Probanden waren sie höher. Man kann aber erkennen, dass bei fünf Probanden die Referenzwerte in der 2. Sitzung gegenüber der 1. Sitzung zugenommen hatten. Die Probanden 3 und 5 zeigten mit ihren Werten den konstantesten Verlauf auf, Proband 6 zeigte die grösste Veränderung.

Referenzwerte (R) links (reference voluntary contraction)



Diag. 6: Referenzwerte (R) links (reference voluntary contraction)

Das Diagramm 6 entspricht dem Diagramm 5 für die linke Seite. Es lässt sich erkennen, dass die linke Seite den gleichen Verlauf aufzeigt wie die rechte Seite. In der 4. Sitzung erzielten daher die gleichen drei Probanden auf der linken Seite tiefere Werte als in der 1. Sitzung und die gleichen vier Probanden höhere Werte. Ebenfalls zeigten die gleichen Probanden einen konstanteren oder variableren Verlauf. Es zeichnet sich ab, dass sich rechte und linke Seite gleich verhalten. Bei den Werten in % RVC war dies nicht der Fall.

Alle Veränderungen der EMG-Werte wurden mit dem Friedman-Test getestet und zeigten keine statistische Signifikanz. Die Effektstärke wurde auf Grund der niedrigen Veränderungen nicht berechnet.

3.3 Analyse der MTrPs

Von der untersuchten Muskulatur wiesen der M. trapezius (pars descendens), M. sternocleidomastoideus, M. levator scapulae, M. splenius sowie die kurzen Nackenstrecker MTrPs auf. Es konnten latente als auch aktive MTrPs gefunden werden. Die untersuchte Muskulatur wies im Eintrittstest T_0 pro Proband zwischen einem und sechs MTrPs auf, im Re-Test T_1 zwischen null und drei. Am häufigsten kamen die MTrPs im M. trapezius (pars descendens) vor, gefolgt vom M. sternocleidomastoideus und den kurzen Nackenstreckern. In den Tabellen 3 und 4 sind die Muskeln sowie die Anzahl vorhandener MTrPs der gesamten Probandengruppe ersichtlich.

Eintrittstest T_0

Muskel	Anzahl MTrPs	
	Re	Li
M. trapezius (pars descendens)	6	6
M. sternocleidomastoideus	2	3
M. levator scapulae	2	1
Kurze Nackenstrecker	2	2
M. splenius	1	1
Total MTrPs	13	13

Tab. 3: Eintrittstest T_0

Re-Test T_1

Muskel	Anzahl MTrPs	
	Re	Li
M. trapezius (pars descendens)	3	1
M. sternocleidomastoideus	2	0
M. levator scapulae	1	0
Kurze Nackenstrecker	3	0
M. splenius	0	0
Total MTrPs	9	1

Tab. 4: Re-Test T_1

MTrPs kamen gleich oft auf der rechten und linken Seite vor. Im Re-Test T_1 zeigte sich, dass die Zahl der MTrPs der linken Seite besser gesenkt werden konnte: von 13 auf 1 im Vergleich zu 13 auf 9 auf der rechten Seite.

Die Veränderung ergab eine durchschnittliche Abnahme von 2,29 MTrPs pro Person und eine Effektstärke von 1.43. Der Wilcoxon-Test zeigte eine statistische Signifikanz der

Veränderung mit $p = 0.02$. Die Nullhypothese, dass es keinen Unterschied zwischen Eintrittstest T_0 und Re-Test T_1 gibt, konnte somit verworfen werden.

3.4 Analyse des Scores der NPDS

Im Diagramm 7 sind die Scores der NPDS aller sieben Probanden beim Eintrittstest T_0 , Re-Test T_1 und Follow-up dargestellt. Im Eintrittstest T_0 zeigte sich für die untersuchte Population ein Beschwerdemaximum von 1037 Punkten und ein Minimum von 328 Punkten. Im Re-Test T_1 konnten alle Probanden einen im Durchschnitt 320,20 Punkte tieferen Score erzielen, dies entspricht einer Abnahme von 49,92%.

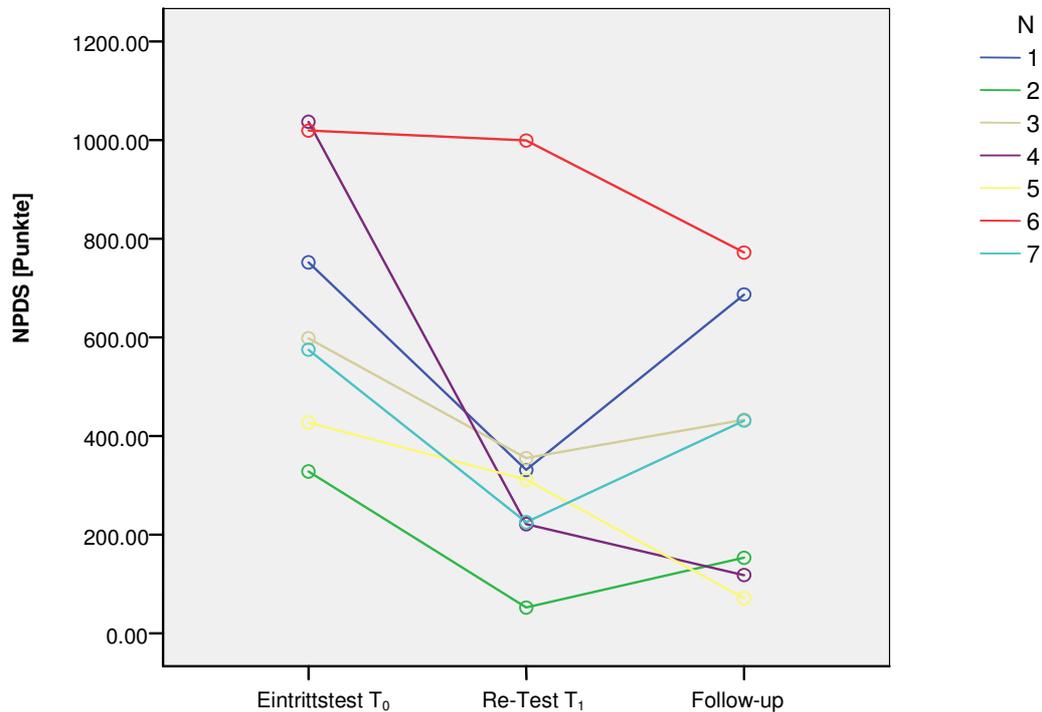
Auch im Follow-up konnten alle Probanden eine tiefere Score erreichen als im Eintrittstest T_0 . Dieser fiel jedoch etwas geringer aus als im Re-Test T_1 mit durchschnittlich 295,86 Punkten, was 44,41 % entspricht.

Die erzielte Veränderung vom Re-Test T_1 zum Follow-up zeigte durchschnittlich eine leichte Zunahme von 24,23 Punkten, was 6,3 % des durchschnittlichen Re-Test-Scores entspricht.

Drei Probanden (4, 5, 6) konnten die Score jeweils im Re-Test T_1 und auch im Follow-up senken.

Die Effektstärke lag für die Veränderung vom Eintrittstest T_0 zum Re-Test T_1 bei 1.06 und beim Re-Test T_1 zum Follow-up bei 0.98. Die Veränderungen fielen im Friedman-Test statistisch signifikant aus mit $p = 0,005$. Der Wilcoxon-Test zeigte eine statistische Signifikanz der Veränderungen vom Eintrittstest T_0 zum Re-Test T_1 und vom Eintrittstest T_0 zum Follow-up mit jeweils $p = 0.018$.

Score der NPDS



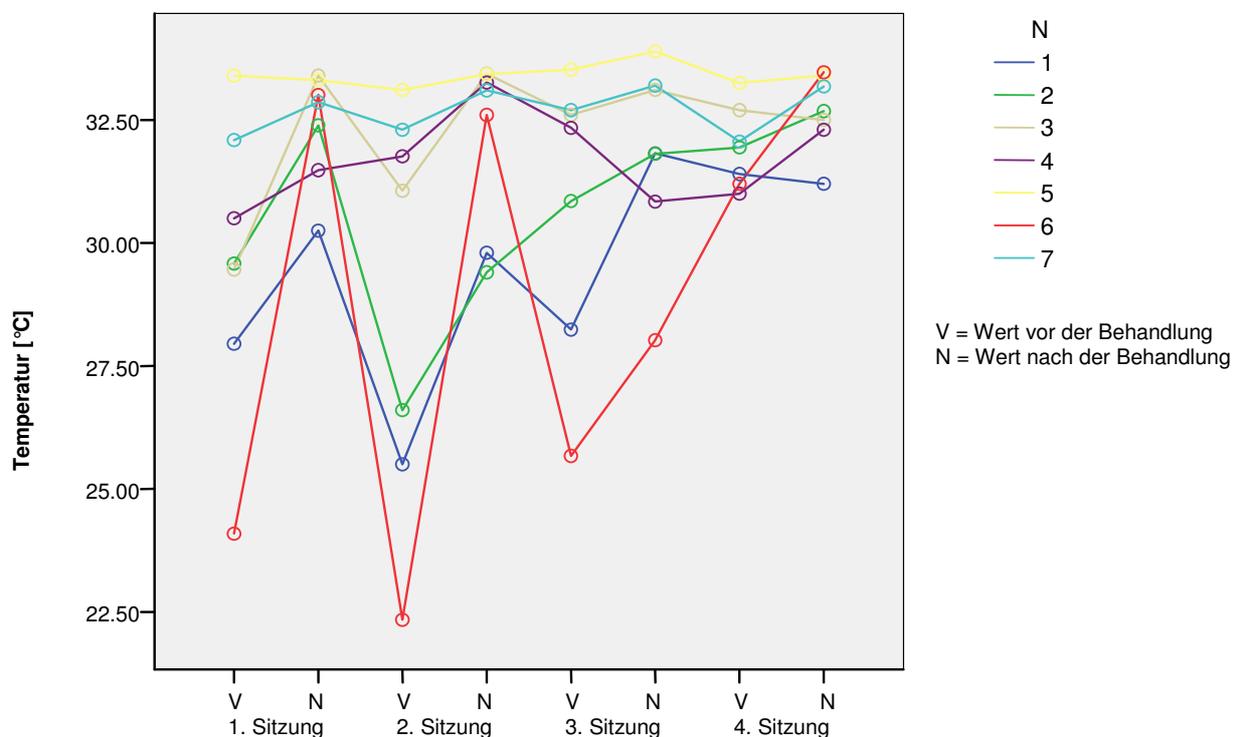
Diag. 7: Score der NPDS

3.5 Analyse der Fingertemperatur

Im Diagramm 8 ist von jedem Patient die Veränderung der Fingertemperatur in °C dokumentiert. Bei Temperaturen von unter 25° spricht man von kühlen Händen, bei 25° – 30° von mittelwarmen Händen und bei über 30° von warmen Händen. Bereits eine Veränderung von 1° spricht für eine relevante Reaktion, die als deutliches Zeichen für eine vegetative Entspannung und eine Reduktion der Sympathikusaktivität steht (37). Es zeigte sich ein optimaler Verlauf, alle Probanden konnten während den Sitzungen die Fingertemperatur steigern. Diese Steigerung fiel mit einem durchschnittlichen Wert von 1,93° aus. Es ist zu beobachten, dass in der ersten und zweiten Sitzung die Temperatur besser gesteigert werden konnte mit durchschnittlich 2,8° resp. 3,19° gegenüber den Sitzungen drei und vier mit 0,97° resp. 0,74°. Es zeigt sich, dass in der 4. Sitzung alle Patienten bereits mit sehr hohen Werten in die Sitzung starteten, was dann wenig Spielraum für eine Verbesserung zuliess.

Die Effektstärke zeigte für die vier Sitzungen folgende Werte: 1. Sitzung $d = 0.93$, 2. Sitzung $d = 0.77$, 3. Sitzung $d = 0.34$, 4. Sitzung $d = 0.90$. Mittels dem Friedman-Test wurde eine statistische Signifikanz von $p = 0,003$ nachgewiesen. Der Wilcoxon-Test zeigte eine statistische Signifikanz der Veränderungen der 1. und 2. Sitzung mit $p = 0.028$ resp. 0.018 . Die Veränderungen der 3. und 4. Sitzung waren mit jeweils $p = 0.128$ statistisch nicht signifikant.

Veränderung der Fingertemperatur



Diag. 8: Veränderung der Fingertemperatur

3.6 Subjektive Wahrnehmung der Beschwerden

Sowohl im Re-Test T_1 (Tab. 5) als auch im Follow-up (Tab. 6) empfanden alle Probanden eine subjektive Verbesserung. Sie gaben an, dass die Beschwerdenstärke und Häufigkeit gesenkt werden konnte. Alle Probanden gaben im Follow-up an, dass sie die Progressive Muskelrelaxation noch ab und zu durchführten.

Re-Test T₁

	Häufigkeit (N=7)	Prozent
Beschwerdenstärke während TTT		
< stark als üblich	6	85,7
= stark wie üblich	1	14,3
> als üblich	0	0
Beschwerdenhäufigkeit während TTT		
< oft als üblich	5	71,4
= oft wie üblich	2	28,6
> als üblich	0	0
Verbesserung durch TTT		
ja, viel	3	42,9
ja, ein bisschen	4	57,1
nein	0	0

Tab. 5: Re-Test T₁

Follow-up zwei Monate post-treatment

	Häufigkeit (N=7)	Prozent
Beschwerdenstärke nach TTT		
< stark als üblich	6	85,7
= stark wie üblich	1	14,3
> als üblich	0	0
Beschwerdenhäufigkeit nach TTT		
< oft als üblich	6	85,7
= oft wie üblich	1	14,3
> als üblich	0	0
Weiterführung der PMR		
nein	0	0
ja, < als 1x pro Woche	4	57,1
ja, 1-2x pro Woche	2	28,6
ja, öfters als 2x pro Woche	1	14,3

Tab. 6: Follow-up zwei Monate post-treatment

3.7 Korrelationen

Die Schmerzen und Beschwerden sowie die Anzahl der MTrPs konnten gesenkt werden, was nun die Frage klären liess, ob dies miteinander sowie mit der Dauer des durchgeführten Heimprogramms korrelierte. Der Spearman-Test zeigte, dass keine Korrelation zwischen der Veränderung der Score der NPDS und der Veränderung der Anzahl MTrPs bestand und auch

keine zwischen der Abnahme der MTrPs und der Übungsdauer des Heimprogramms. Der Test ergab des Weiteren, dass die Veränderung der NPDS gering mit der Dauer des Heimprogramms korrelierte ($0.57, p = 0.18$).

Es wurde kein Korrelationstest mit den EMG-Werten durchgeführt, da die Veränderungen zu gering ausgefallen waren und keine statistische Signifikanz aufwiesen.

4. Diskussion

4.1 Erläuterung der Resultate

Diese explorative vorher/nachher Studie hat erlaubt, mehr Kenntnisse zu erhalten über das Verhalten der elektrischen Muskelaktivität, der Veränderung des Vorhandenseins von MTrPs, den Schmerzen und Beschwerden sowie der Fingertemperatur während und nach einer vierwöchigen Biofeedback-Entspannungs-Therapie.

Die untersuchte Probandengruppe zeigte sich durch die geringe Personenzahl, das Ungleichgewicht zwischen Männer und Frauen (1:6) und einer Alterskategorie von 23 – 48 Jahren, als nicht repräsentativ der definierten Population. Die klinischen Charakteristiken der Stichprobe sind wegen der geringen Probandenzahl wenig aussagekräftig und zeigten keinerlei Besonderheiten. Die statistischen Resultate können nur im Sinne einer durch diese Stichprobe repräsentierten Population interpretiert werden.

Durch die Resultate der EMG-Messungen lässt sich darstellen, wie sich die Muskelaktivität während des Therapieprogramms verhielt. Entgegengesetzt zur gestellten Hypothese liessen sich die EMG-Werte innerhalb einer Entspannungssitzung nicht konstant senken. Im Verlauf aller vier Sitzungen trat eine sehr geringe durchschnittliche Abnahme von 0,15 % RVC für die rechte Seite und mit 0,00 % RVC keine Veränderung für die linke Seite ein. Das könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Probanden bereits initial normal niedrige EMG-Werte aufwiesen, was eine Senkung der Werte kaum mehr zuließ. Aus der Literatur zur Progressiven Muskelrelaxation geht hervor, je mehr eine Person übt, desto rascher treten Entspannungseffekte auf. Es wird ausserdem auf die unterschiedliche Fähigkeit hingewiesen

sich entspannen zu können. Es wäre also möglich, dass für einige Probanden die vier Biofeedback-Sitzungen zu wenig waren um eine Senkung der EMG-Werte zu erzielen. Das EMG als Messinstrument der Muskelaktivität ist in der Forschung unbestritten. Fraglich ist jedoch die Genauigkeit dessen, was es misst. Hier liegt auch noch ein anderes Problem der EMG, sie ist vielen Störfaktoren ausgeliefert. Diese wurden hier durch die Standardisierung versucht zu kontrollieren, aber wie stark das Ergebnis nun Fehlern unterliegt, kann nicht genau aufgezeigt werden. Der Standardfehler des benutzten Gerätes spielte sich um +/- 0,5 μV ab. Dies ist für diese Probandengruppe, die nur sehr kleine Veränderungen in der Spannweite von einer maximalen Abnahme von 1,75 μV und einer maximalen Zunahme von 3,48 μV bei einem Mittelwert rechts von + 0,11 μV resp. links von + 0,07 μV , aufzeigte, eine recht bedeutende Grösse.

Es ist allgemein bekannt, dass erhöhte Muskelaktivität oft bei Angst-, Depressivität- und Stress-Zuständen auftritt. Die erhobenen Daten zum Angst-, Depressivität- und Stressniveau zeigten normale Werte, die mit den tiefen EMG-Werten einhergingen.

Die EMG-Resultate stehen im Widerspruch zu den Studien von Jeong IS. (2004) und Rokicki et al. (1997) welche berichteten, eine Senkung der EMG-Aktivität durch die Biofeedback-Sitzungen erreicht zu haben. Möglicherweise lag dies daran, dass in deren Studien mehr Therapiesitzungen durchgeführt wurden, acht resp. sechs gegenüber vier Sitzungen in der vorliegenden Studie. Zudem wiesen beide Studien eine höhere Probandenzahl auf mit jeweils 44 bzw. 36 Probanden, was ein genaueres Abbild der Population zulässt. Die Charakteristiken der untersuchten Probanden stimmten ebenfalls nicht ganz mit der vorliegenden Probandengruppe überein. Bei Rokicki et al. (1997) waren es junge Erwachsene mit chronischem Spannungskopfschmerz, bei Jeong IS. (2004) waren es gesunde Frauen mittleren Alters.

Die Resultate der EMG-Werte stimmten jedoch mit den Studien von Vasseljen et al. (1995) und Schilling et al. (1983) überein, welche durch Progressive Muskelrelaxation oder andere schmerzsenkende Therapien keine Reduzierung der EMG-Werte erreichen konnten (49) (50).

Der Verlauf der vier Sitzungen liess eine leichte Tendenz erkennen, dass in der dritten und vierten Sitzung die Werte eher zu- als abnahmen. Das lässt sich möglicherweise darauf zurückführen, dass die Probanden in diesen beiden Sitzungen ohne Anweisungen seitens des

Therapeuten versuchten die Muskelaktivität mittels der PMR zu senken, was in den ersten beiden Sitzungen nicht der Fall war. Dies zeigt die Wichtigkeit der Übungsinstruktion und des selbständigen Übens auf um sich später möglichst rasch und in jeder Situation in einen Entspannungszustand versetzen zu können.

Die Verlaufskurve der Anfangswerte in % RVC vor den Sitzungen spricht dafür, dass die Entspannungstherapie mittels Biofeedback möglicherweise das Muskelaktivitätsniveau über einer längeren Übungsperiode senken könnte. Fünf Probanden wiesen in der 4. Sitzung niedrigere Anfangswerte auf als in der 1. Sitzung für die rechte Seite, resp. vier Probanden für die linke Seite. Durch eine grössere Probandenzahl und eine längere Therapieperiode könnte dies möglicherweise für eine Senkung des Muskelaktivitätsniveaus sprechen.

Wenn die Werte in % RVC vom rechten mit dem linken M. trapezius (pars descendens) vergleicht werden, erkennt man eine relativ grosse Variabilität der Seiten. Dies lässt sich erkennen bei den Werten vor und nach der Therapie, als auch bei den Veränderungen. Bei den rechten und linken Referenzwerten in μ Volt ist das nicht der Fall. Diese Inkonsistenz ist höchstwahrscheinlich auf das Normalisationsprozedere zurückzuführen, welches eigentlich dazu dient, eine grössere Zuverlässigkeit für den Inter-Subjekt-Vergleich zu schaffen. Die Normalisierung birgt also selbst Quellen für Verfälschungen der Resultate in sich. EMG-Werte sollten somit allgemein sehr vorsichtig betrachtet werden und der Standardisierung und dem Erfassungsprotokoll der jeweiligen Studien muss grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden, um eine aussagekräftige Analyse vornehmen zu können.

Eine weitere Frage drängt sich auf: Kann die EMG mittels der Muskelaktivität die Entspannung tatsächlich widerspiegeln? Die Resultate der vorliegenden Studie lassen eher Zweifel daran, aber dies war nicht die eigentliche Frage der Studie. Vasseljen et al. (1995) untersuchten den Effekt von schmerzsenkenden Therapien auf die wahrgenommene Muskelspannung, den Schmerz und die EMG-Muskelaktivität des M. trapezius. Es zeigte sich, dass Schmerzen und subjektiv wahrgenommene Spannung gesenkt werden konnten und miteinander korrelierten ($r = 0.66$, $p < 0.01$), aber es bestand keine Korrelation zwischen EMG-Aktivität und Schmerzen sowie EMG-Aktivität und wahrgenommener Spannung (49). In der vorliegenden Studie zeigte sich aus den Übungstagebüchern der Probanden, dass sie sich jeweils nach den selbständig durchgeführten Entspannungsübungen entspannter fühlten. In den Sitzungen konnte dies durch die EMG-Werte nicht bestätigt werden, aber die

statistisch signifikante und klinisch relevante Veränderung der Fingertemperatur spricht mit einer durchschnittlichen Steigerung von $1,94^{\circ}\text{C}$ und grossen Effektstärken in den jeweiligen Sitzungen ($d = 0.93$, $d = 0.77$, $d = 0.34$, $d = 0.90$) ganz klar für eine erreichte Entspannung. Diese Resultate stimmen also mit den gefundenen Fakten von Vasseljen et al. (1995) überein, dass wahrscheinlich keine Korrelation vorliegt zwischen der EMG-Aktivität und der wahrgenommenen Spannung. Was des Weiteren für diese Aussage sprechen könnte ist, dass sich in der vorliegenden Studie alle Probanden angesprochen fühlten bei der Frage: „Leiden Sie oft unter Schmerzen und Verspannungen...?“ Im EMG zeigten sich jedoch normale, tiefe Ruheaktivitätswerte von durchschnittlich $0,80\ \mu\text{V}$. Der maximal erfasste Ruhewert eines Probanden in dieser Studie war mit $4,02\ \mu\text{V}$ ausserdem nicht extrem hoch.

Es bleibt nach wie vor unklar, ob durch die Progressive Muskelrelaxation die Muskelaktivität, aufgezeichnet durch die EMG, gesenkt werden kann. Die vorliegende Studie spricht nicht dafür, weitere Forschung wäre jedoch nötig um dies zu bestätigen.

Die Probanden dieser Studie wiesen aktive als auch latente MTrPs auf und es zeigte sich, dass sich deren Vorkommen nach der Behandlungsperiode statistisch signifikant gesenkt hatte ($p = 0.02$). MTrPs kamen gleich oft auf der rechten und linken Seite vor, doch die Zahl der MTrPs der linken Seite konnte besser gesenkt werden. Das Total der MTrPs aller Probanden veränderte sich links von 13 auf 1 im Vergleich zu rechts von 13 auf 9. Die Anzahl der MTrPs hatte sich stark verringert und die Veränderung zeigte mit $d = 1.43$ eine grosse Effektstärke. Dies spricht für die Hypothese, dass sich durch eine verbesserte Muskulaturdurchblutung, erreicht durch die Biofeedback-Entspannungstherapie mit der PMR, eine Regulierung der Aktivität an der motorischen Endplatte erzielen lässt und sich Hartspannstränge und MTrPs lösen können. Die starke Verringerung der MTrPs kann als klinisch relevanter Effekt angesehen werden.

Es ist unklar, warum die Anzahl MTrPs auf der linken Seite besser gesenkt werden konnte als auf der rechten Seite, schliesslich wirkt die Progressive Muskelrelaxation auf den gesamten Körper. Möglich wäre, dass die meisten Probanden Rechtshänder sind und dadurch die rechte Seite vermehrt in Anspruch genommen wird und so die Muskelaktivität rechts weniger gut reguliert werden konnte als links. Dies ist jedoch nur eine Hypothese, da die Verteilung der Rechts- bzw. Linkshändigkeit nicht erhoben wurde. Für die gesteigerte Muskelaktivität der rechten Seite sprechen auch die EMG-Referenzwerte, die anfangs jeder Sitzung erfasst

wurden. Es zeigte sich, dass die rechte Muskulatur während der submaximalen Referenzkontraktion in jeder Sitzung durchschnittlich höhere elektrische Aktivität aufwies als links. Es könnte somit durchaus ein Zusammenhang bestehen, dass sich bei niedrigerer elektrischer Aktivität des Muskels die MTrPs besser lösen können. Es wurde jedoch kein Korrelationstest durchgeführt, der dies bestätigen könnte.

Zwischen der Senkung der Anzahl MTrPs und des Schmerzes sowie der Senkung der Anzahl MTrPs und der Dauer des durchgeführten Heimprogramms lagen keine Korrelationen vor. In dieser Probandengruppe zeigten sich somit keine Zusammenhänge, welche die Aussage zuliessen, dass eine verminderte Anzahl MTrPs mit einer Verminderung der Schmerzen einhergeht. Es konnte auch nicht ausgesagt werden, wer länger übt, kann die Anzahl MTrPs besser senken.

Da keine Kontrollgruppe vorhanden war, müssen die Aussagen allgemein vorsichtig betrachtet werden. Es ist nicht sicher, dass die Anzahl der MTrPs nun tatsächlich auf Grund des Behandlungsprogramms gesenkt werden konnte. Um dies zu bestätigen, wäre eine kontrollierte randomisierte Studie nötig. Der Mechanismus, wie sich MTrPs tatsächlich lösen können, bleibt ungeklärt und lässt sich durch diese Studie nicht aufzeigen.

Die gestellte Nebenfrage, wie die Probanden die Schmerzintensität und die Alltagseinschränkungen empfinden und sich Schmerzen und Beschwerden während des Therapieprogramms verhalten, lässt sich durch die erhaltenen Resultate klären. Das Schmerz- und Beschwerdeniveau lag beim Eintrittstest T_0 , wie vermutet eher tief bei durchschnittlichen 676,57 Punkten. Die Schmerzen und Beschwerden konnten jedoch trotz des tiefen Anfangsniveaus während der Behandlung auf durchschnittliche 356,29 Punkte gesenkt werden. Nach der Behandlung stieg die Score im Follow-up wieder leicht an, blieb jedoch mit 380,71 Punkten unter dem Anfangsniveau. Dies zeigt einen optimalen Therapieverlauf auf. Die Veränderungen der Score der NPDS konnten mittels des Wilcoxon-Test vom Eintritt T_0 zum Re-Test T_1 , sowie vom Eintritt T_0 zum Follow-up mit jeweils $p = 0.018$ für statistisch signifikant erklärt werden. Es ist jedoch unklar, ob die erzielten durchschnittlichen Score-Verbesserungen von 49,92% (320,20 Punkte) im Re-Test T_1 und 44,41% (295,86 Punkte) im Follow-up tatsächlich auf Grund der Behandlung entstanden sind oder durch den natürlichen Verlauf, da keine Kontrollgruppe vorhanden war.

Für die klinische Relevanz der Ergebnisse der NPDS liegt in der Literatur keine Information vor. Mit den deutlich grossen Effektstärken von $d = 1.06$ für den Re-Test T_1 resp. $d = 0.98$ für das Follow-up sowie dem Ausschluss des Standardmessfehlers von 53,86 Punkten, kann man annehmen, dass diese Veränderungen eine klinische Relevanz aufweisen. Dies lässt sich ausserdem durch die Aussagen der Probanden unterstützen, dass sie im Re-Test T_1 subjektiv alle eine Verminderung der Beschwerden angaben. Ausserdem hatte bei sechs Personen die Beschwerdenstärke und bei fünf Personen die Beschwerdeshäufigkeit abgenommen. Auch im Follow-up nach zwei Monaten gaben sechs Personen an, dass die Beschwerdenstärke und -häufigkeit niedriger war als vor der Behandlung.

Die Ergebnisse der NPDS stimmen mit Resultaten aus den Studien von Voerman et al. (2004) und (2006) überein, wo ausgesagt wurde, dass eine Entspannungs-Biofeedbacktherapie positive Auswirkungen auf Schmerzen und Beschwerden hat (11) (51). Unklar bleibt die Frage, durch welchen Mechanismus die Schmerzen und Beschwerden gesenkt werden konnten. Die Anzahl der MTrPs konnte wohl gesenkt werden, was dafür sprechen könnten, dass dadurch weniger Schmerzen auftraten. Es lag jedoch keine Korrelation zwischen der Veränderung der Anzahl MTrPs und der Score-Veränderung der NPDS vor. Es konnte auch keine deutliche Aktivitätsabnahme durch die EMG aufgezeigt werden, was mit einer Schmerzsenkung hätte in Verbindung stehen können. Es wurde daher kein Korrelationstest zur Aktivitätssenkung durchgeführt, da sich die EMG-Werte nur minimal und nicht statistisch signifikant verändert hatten. Eine mögliche Erklärung wäre, dass der Effekt mehr auf eine Wahrnehmungsveränderung zurückgeht. Die Probanden hatten sich während vier Wochen intensiver als sonst mit der muskulären An- und Entspannung sowie den Schmerzen auseinander gesetzt. Sie lernten, dass sie die Muskelaktivität bewusst beeinflussen können und wie dies geschieht. Dadurch wurde ihnen ein Stück Selbstkontrolle zurückgegeben, welche sie möglicherweise verloren hatten. Durch das selbständig durchgeführte Entspannungsprogramm fühlten sich die Probanden ausgeglichener, psychisch stabiler und reagierten dadurch weniger stark auf Schmerzreize. Auch Voerman et al. (2004) hatten diesen Effekt entdeckt und argumentierten, dass er möglicherweise durch die gesteigerte Entspannungsfähigkeit und nicht auf Grund von verminderter Muskelaktivität entstanden ist. Rockiki et al. (1997) versuchten in ihrer Studie mit Biofeedback-Training die konkret wirkenden therapeutischen Mechanismen zu spezifizieren und konnten mit den erzielten Resultaten ihre Hypothese unterstützen, dass kognitive Veränderungen wie der Locus of

control¹ und die Selbstwirksamkeit² eine wichtige Rolle spielen, zumindest bei jungen Erwachsenen die unter Spannungskopfschmerzen leiden.

¹ Der Locus of control kennzeichnet in der Psychologie das Ausmass, in dem Personen Ereignisse durch die eigenen Fähigkeiten und Eigenschaften gesteuert sehen (internals) oder durch äussere Einflüsse kontrolliert wahrnehmen (externals) (53).

² Die Selbstwirksamkeit wird definiert als [...] „die individuell unterschiedlich ausgeprägte Überzeugung, dass man in einer bestimmten Situation die angemessene Leistung erbringen kann. Dieses Gefühl einer Person bezüglich ihrer Fähigkeit beeinflusst ihre Wahrnehmung, ihre Motivation und ihre Leistung auf vielerlei Weise“ (54).

Zwischen den gesenkten Schmerzen/Beschwerden und der Dauer des durchgeführten Heimprogramms bestand ein geringe, nicht statistisch signifikante Korrelation (0.57, $p = 0.18$). Diese könnte bei einer grösseren Probandenzahl statistisch signifikant werden. Es deutet also darauf hin, dass durch häufigeres Üben, das Schmerz- und Beschwerdeniveau besser gesenkt werden kann. Es muss jedoch die Motivation fürs Üben aufgebracht werden, was bei einer hohen Selbstwirksamkeitserwartung einfacher fällt. Der Glaube an einen positiven Effekt des Programms spielt höchstwahrscheinlich eine zentrale Rolle. Mittels des Protokolls wurden die Übungszeiten des Heimprogramms erfasst. Mit einer durchschnittlichen Übungszeit von 24 Min. pro Sitzung zeigte sich eine genügend lange Übungszeit der Probanden um eine Entspannung erreichen zu können, wenn man davon ausgeht, dass pro Muskelgruppe eine Anspannung von 10 – 15 Sek. und eine Entspannung von ca. 30 - 45 Sek. für die 21 beschriebenen Punkte benötigt wird. Wenn die Probanden übten, dann taten sie das also genügend lange. Es zeigten sich jedoch beträchtliche Unterschiede unter den Probanden, was die Übungsfrequenz und somit die gesamthaft aufgewendete Übungszeit betrifft. Unter den Probanden herrschte unterschiedliches Niveau der Übungsbereitschaft.

Die Resultate dieser Studie zeigen eine Tendenz, dass die Schmerz- und Beschwerdenbesserung durch gesteigerte Selbstwirksamkeit zustande gekommen ist. Dies ist jedoch nicht gesichert und bleibt eine Hypothese, die geprüft werden müsste. Man darf die Möglichkeit jedoch nicht aus den Augen lassen, dass die Veränderungen durch den natürlichen Beschwerdeverlauf oder einen Placebo-Effekt entstanden sind, da keine Kontrollgruppe besteht, die das Gegenteil aufzeigen könnte.

4.2 Stärken und Schwächen der Studie

4.2.1 Stärken

Dank der ausführlichen Literaturübersicht konnte die vorliegende Studie nach Empfehlungen von Experten und Forschungsteams der jeweiligen Gebiete konzipiert werden. Die Tests und Behandlungen wurden standardisiert durchgeführt was erlaubte, dass die Probanden untereinander verglichen werden konnten. Die interne Validität ist gegeben. Durch die Standardisierung und Orientierung an anderen durchgeführten Studien, liessen sich die Resultate mit vorhandenen Ergebnissen vergleichen.

Es liegt eine klare Struktur vor, die ermöglicht, diese Studie ohne Probleme von Drittpersonen wiederholen zu können. Hypothese, Probandengut, Tests, Interventionen und Resultate sind ausführlich beschrieben und diskutiert.

Durch die Mitarbeit von Fachpersonen an dieser Studie ist die Qualität der MTrP-Untersuchung und Biofeedback-Entspannungstherapie gesichert.

4.2.2 Schwächen

Die niedrige Probandenzahl und die Abwesenheit einer Kontrollgruppe haben die externe Validität dieser Studie begrenzt. Um die Effekte beweisen zu können, wäre eine kontrollierte randomisierte Studie mit einer grösseren Probandenzahl nötig.

Was die Aussagekraft der EMG-Resultate mindert ist die Tatsache, dass die Werte bereits initial tief lagen. Dies liess eine Verbesserung der EMG-Werte schon von Anfang an kaum zu. In Zukunft müsste bei der Probandenrekrutierung darauf geachtet werden, dass ein Minimalniveau der EMG-Werte vorliegt. Andererseits haben diese tiefen Werte zu erkennen gegeben, dass möglicherweise die elektrische Muskelaktivität und Schmerzen nicht korrelieren.

In dieser Studie wurden drei grosse Problembereiche in eine Diskussion gebracht: Myofasziale Triggerpunkte, Elektromyographie und Schmerz. Diese Bereiche stellen hochkomplexe Themen dar, die noch zusätzlich stark durch psychologische Faktoren beeinflusst werden. Es war schwierig, jedem Bereich genügend Aufmerksamkeit zu widmen.

Daher konnte nicht tiefer in die Materie hineingegangen werden. In Zukunft muss man sich bereits in der Hypothese stärker auf einen Schwerpunkt festlegen und in diesem Bereich fundierter nachforschen.

Die Recherchen zur EMG stellten sich am komplexesten dar, weil viel Forschung betrieben wurde, die zu kontroversen Resultaten führte und dadurch noch viele Fragen ungeklärt sind. Das Einlesen in diese Materie stellte eine grosse Herausforderung dar, weil ich bisher nie mit der EMG gearbeitet hatte. Es beanspruchte sehr viel Zeit und es konnte bestimmt nicht die gesamte Problematik erfasst werden. Forschung in diesem Gebiet zu betreiben braucht ein noch viel tieferes Verständnis dieser Technologie als ich erlangen konnte. In diesem Bereich sehe ich den Schwachpunkt dieser Arbeit, welcher auch eine Minderung der externen Validität ausmacht.

Das benutzte Biofeedbackgerät Soft-Made 7040c von Insight Instruments wird in der täglichen Arbeit mit den Patienten genutzt. Es wurde in der Studie verwendet, weil es aus Organisations- und Kostengründen die geeignete Wahl darstellte. Für die internationale Forschung im Bereich der EMG wäre wahrscheinlich ein weiterentwickeltes Gerät notwendig.

Bei der Probandenrekrutierung stellte es sich organisatorisch als schwierig heraus, möglichst innerhalb kurzer Zeit nach den Eintrittstests mit der Behandlung beginnen zu können. Die Behandlung wurde von einem Therapeuten durchgeführt und es konnten nicht mehrere Probanden gleichzeitig behandelt werden. Bei drei Personen verlief der Ablauf nicht optimal und es lag eine wohl zu lange Zeit (drei Wochen) zwischen dem Eintrittstest und der ersten Behandlungssitzung. Dies wurde in der Analyse nicht berücksichtigt, was möglicherweise nicht korrekt ist.

4.3 Anregungen für zukünftige Forschungen

Aus den Resultaten der vorliegenden Arbeit hat sich gezeigt, dass einige Fragen ungeklärt blieben. So wäre wichtig zu erfahren, durch welchen Effekt das Lösen der MTrPs zustande gekommen ist, um geeignete Therapieverfahren in der Physiotherapie anwenden zu können.

Die Oberflächen-EMG stellt eine Möglichkeit zur Aufzeichnung der Muskelaktivität dar. Es muss weiter geforscht werden, inwiefern gemessene Muskelaktivität wirklich im Zusammenhang steht mit der Entspannung, ob dies objektiv durch die EMG gemessen werden kann und wie die klinische Relevanz der EMG-Werte aussieht.

Durch welchen Vorgang die Schmerzen und Beschwerden in dieser Studie gesenkt werden konnten, blieb ungeklärt. Wichtig wäre zu erfahren, ob der Effekt nur auf Grund von kognitiven Veränderungen zustande gekommen ist oder ob auch biologische Veränderungen aufgetreten waren. Dies wäre wichtig zu wissen, um die physiotherapeutischen Sitzungen effektiver gestalten zu können.

5. Schlussfolgerung

Die Resultate dieser Studie zeigten, dass während der vierwöchigen Biofeedback-Entspannungstherapie keine klinisch relevante Veränderung der elektrischen Muskelaktivität, erfasst durch die EMG, eintrat. Dies zeigte sich weder innerhalb der einzelnen Sitzungen noch im Verlauf der vier Wochen. Man konnte aber einen Trend erkennen, dass die Probanden mit zunehmender Übung mit tieferen Werten in die Biofeedback-Sitzung starteten, was für die Effektivität der Behandlung sprechen könnte.

Man darf aber auf Grund der erzielten EMG-Werte nicht davon ausgehen, dass dieses Entspannungstraining zu keiner allgemeinen Entspannung während den Sitzungen geführt hätte. Die Veränderung der Fingertemperatur und die subjektive Wahrnehmung der Probanden bestätigten eine Entspannung und sprachen positiv für die Relaxationseffekte der Biofeedback-Entspannungstherapie mittels der Progressiven Muskelrelaxation nach Jacobson.

Es stellte sich heraus, dass nach der Behandlungsperiode die Anzahl der MTrPs sowie die Schmerzen und Beschwerden signifikant und klinisch relevant gesunken waren und dass sich die Verbesserung der Schmerzen und Beschwerden auch im Follow-up nach zwei Monaten aufrechterhalten liess.

Diese Resultate konnten nicht in Zusammenhang gebracht werden mit der Veränderung der Muskelaktivität. Es muss daher ein anderer Effekt bestehen, der zu dieser Verbesserung

geführt hat. Dies wurde in Studien bereits diskutiert und als mögliche Erklärung die verbesserte Selbstwirksamkeit genannt, welche die Effektivität der Biofeedback-Therapie mit der Progressiven Muskelrelaxation ausmachen könnte. In der Forschung wurde die Wichtigkeit der persönlichen Einstellung bei Verhaltenstherapien bestätigt (47) (55).

Zusammenfassend konnte in dieser Studie gezeigt werden, dass sich durch eine vierwöchige Biofeedback-Entspannungstherapie mit Progressiver Muskelrelaxation möglicherweise MTrPs lösen können und Schmerzen und Beschwerden im Nacken-, Schulter-, Kopfbereich vermindern lassen. Weitere Forschung ist jedoch notwendig, um dies zu bestätigen und die genauen pathophysiologischen Mechanismen der MTrPs und die tieferen kognitiven Wirkungen der Entspannungs-Therapie aufzuzeigen.

Die Biofeedback-Entspannungstherapie mittels der Progressiven Muskelrelaxation kann als Therapiemittel in der Physiotherapie zur Unterstützung anderer Behandlungsmethoden der MTrPs empfohlen werden. Sie sollte nicht als alleinige Methode angewendet werden, da nicht genügend aussagekräftig nachgewiesen werden konnte, ob die Therapie zur Lösung der MTrPs effektiv ist. Es ist in jedem Einzelfall zu prüfen, ob die Entspannungstherapie für den Patienten indiziert ist.

6. Bibliographie

- (1) Mense S., Simons D.G. (2001). Muscle Pain, Understanding Its Nature, Diagnosis and Treatment, Lippincott Williams + Wilkins, Philadelphia
- (2) Rief W., Birbaumer N. (2006). Biofeedback, Grundlagen, Indikationen, Kommunikation, praktisches Vorgehen in der Therapie, 2. Auflage, Schattauer Verlag
- (3) Flor H., Birbaumer N. (1993). Comparison of the efficacy of electromyographic biofeedback, cognitive-behavioural therapy and conservative medical interventions in the treatment of chronic musculoskeletal pain. J Consult Cklin Psychol; 61, 653-658
- (4) Gröbli C, Dommerholt J. (1997). Myofasziale Triggerpunkte, Pathologie und Behandlungsmöglichkeiten, Manuelle Medizin, Springer-Verlag, 295-303
- (5) Simons D.G., Mense S. (2003). Diagnose und Therapie myofaszialer Triggerpunkte, Schmerz, Springer-Verlag, 419-424
- (6) Gröbli C., Dejung B. (2003). Nichtmedikamentöse Therapie myofaszialer Schmerzen, Schmerz, Springer-Verlag, 475-480
- (7) Gerwin R.D., Dommerholt J., Shah J.P. (2004). An expansion of Simons`integrated Hypothesis of Trigger Point Formation, Current Pain and Headache Reports, 468-475
- (8) Flor H., Diers M. (2007). Limitations of pharmacotherapy: Behavioral approaches to chronic pain, Handb Exp Pharmacol, (177):415-427
- (9) Gerwin R.D., Shannon S., Hong C.Z., Hubbard D., Gevertz R. (1997). Interrater reliability in myofaszial trigger point examination, Pain, 65-73
- (10) Fernandez-de-las-Penas C., Alonso-Blanco C., Miangolaro J.C. (2006). Myofascial trigger points in subject presenting with mechanical neck pain: A blinded, controlled study, Man. Ther.

- (11) Voerman G.E., Vollenbroeck-Hutten M.M., Hermens H.J. (2006). Changes in pain, disability and muscle activation patterns in chronic Whiplash patients after ambulant myofeedback training, *Clin J Pain*, Vol. 22, N0. 7, 656–663
- (12) Hou C.R., Tsai C.C., Cheng K.F., Chung K.C., Hong C.Z. (2002). Immediate effects of various physical therapeutic modalities on cervical myofascial pain and trigger-point sensitivity, *Arch Phys Med Rehabil*; 83: 1406-14
- (13) Cummings T.M., White A., (2002). Needling Therapies in the management of myofascial trigger point pain: A Systematic Review, *Arch Phy Med Rehabil*; 82: 986-92
- (14) Sciotti V. M., Mittak V.L., DiMarco L., Ford L.M., Plezbert J., Santipadri E., Wigglesworth J., Ball K. (2002). Clinical precision of myofascial trigger point location in the trapezius muscle, *Pain*, 93, 259-266
- (15) Wheeler A.H., Goolkasian P., Baird A.C., Darden B.V. (1999). Development of the neck pain and disability scale: Item analysis, face and criterion-related validity, *spine*, 24: 1290-4
- (16) Wlodyka-Demaille S., Poiraudreau S., Fermanian J., Catanzariti J.F., Rannou F., Revel M. (2002). French translation and validation of 3 functional disability scale for neck pain, *Arch Phys Med Rehabil*; 83: 376-82
- (17) Travell J. G., Simons D. G. (2002). *Handbuch der Muskel-Triggerpunkte, Obere Extremität, Kopf und Rumpf*, Urban + Fischer Verlag, München, 2. Auflage
- (18) Farina D., Madelaine P., Graven-Nielsen T., Merletti R., Arendt-Nielsen L. (2002). Standardising surface electromyogram recordings for assessment of activity and fatigue in the human upper trapezius muscle, *Eur J Appl Physiol*
- (19) Ekstrom R.A., Donatelli R.A., Soderberg G.L. (2003). Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles, *Orthop Sports Phys Ther.*

- (20) Chung J.W., Ohrbach R., McCall W.D. Jr. (2006). Characteristics of electrical activity in trapezius muscles with myofascial pain, *Clin Neurophysiol*
- (21) Falla D., Dall'Alba P., Rainoldi A., Merletti R., Jull G. (2002). Repeatability of surface EMG variables in the sternocleidomastoid and anterior scalene muscles, Published online
- (22) SENIAM (1999). European Recommendations for Surface Electromyography, Biomedical and Health Research Program, Roessingh Research and Development b.v,
- (23) Fink B., Registrierung elektrischer Muskelaktivität, Universität Wien, http://content.grin.com/binary/hade_download/19134.pdf
- (24) Rokicki L.A., Houle T.T., Dhingra L.K., Weinland St.R., Urban A.M., Bhalla R.K. (2003). A preliminary analysis of EMG variance as an index of change in EMG biofeedback treatment of tension-type headache, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, Vol. 28, No. 3, 205-215
- (25) Stetter F. (1998). Was geschieht, ist gut. Entspannungsverfahren in der Psychotherapie, Übersicht, *Psychotherapeut*, Springer Verlag, 209-220
- (26) Kweekkeboom K., Getarsdottir E. (2006). Systematic review of relaxation interventions for pain, *Journal of nursing scholarship*, 38:3, 269-277
- (27) Walco G.A., Ilowite N.T. (1992). Cognitive-behavioural intervention for juvenile primary fibromyalgia syndrome, *J Rheumatol*
- (28) Jensen C., Vasseljen O. Jr., Westgaard R.H. (1996). Estimating maximal EMG amplitude for the trapezius muscle: On the optimization of experimental procedure and electrode placement for improved reliability and increased signal amplitude, *J. Electromyogr. Kin&d*, Vol. 6, No. 1, Y-59

- (29) Nordander C., Willner J., Hansson G.-A., Larsson B., Unge J., Granquist L., Skerfving S. (2003). Influence of the subcutaneous fat layer, as measured by ultrasound, skinfold callipers and BMI, on the EMG amplitude, *Eur J Appl Physiol*, 89: 514-519
- (30) Baars H., Humburg H., Schröder J., Oberflächen-EMG, Aufklärung des Einflusses von Haut und subkutanem Fettgewebe auf Amplitude und Frequenz, Universität Hamburg, Fachbereich Sportwissenschaft, Erscheinungsdatum unbekannt
- (31) Jensen C., Vasseljen O., Westgaard R.H. (1993). The influence of electrode position on bipolar surface electromyogram recordings of the upper trapezius muscle, *Eur J Appl Physiol*, 266-273
- (32) McLean L. (2002). The reliability of MVE and RVE values used for the normalization of upper trapezius muscle activity, 14th Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Vienna
- (33) Pfaffenrath V., Brune K., Diener H.C., Gerber W.D., Göbel H. (1998). Behandlung des Kopfschmerzes vom Spannungstyp, Therapieempfehlungen der Deutschen Migräne- und Kopfschmerzgesellschaft, Springer-Verlag, *Der Schmerz*, 12: 156-170
- (34) Hemingway M.A., Biedermann H.J., Inglis J. (1995). Electromyographic recordings of paraspinal muscles, variation related to subcutaneous tissue thickness, *Biofeedback self Regul.*, 39-49
- (35) Herrmann-Lingen Ch., Buss U., Snaith R.P. (2005). HADS-D Hospital Anxiety and Depression Scale – Deutsche Version, Deutsche Adaptation der Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) von R. P. Snaith und A. S. Zigmond, Testdokumentation und Handanweisung, Huber Verlag, 2. Auflage
- (36) Lundberg U., Kadefors U., Nelin B., Palmerud G., Hassmen P., Engstrom M., Dohns I.E. (1994). Psychophysiological stress and EMG activity of the trapezius muscle, *Int J Behav Med.*, 1 (4):354-70
- (37) iSense-Guide, Biofeedback, Werfen Austria GmbH/Comesa, Wien

- (38) Woolf A.D., Pfleger B. (2003). Burden of major musculoskeletal conditions, Bulletin of the World Health Organisation, Vol. 81, No. 9, Geneva
- (39) Jeong IS. (2004). Effect of progressive muscle relaxation using biofeedback on perceived stress, stress response, immune response and climacteric symptoms of middle-aged women, Taehan Kanho Hakhoe Chi., Apr: 34 (2):213-24
- (40) Krantz G., Forsman M., Lundberg U. (2004). Consistency in physiological stress responses and electromyographic activity during induced stress exposure in women and men., Integr Physiol Behav Sci, Apr-Jun;39(2):105-18
- (41) McLean L., Chislett M., Keith M., Murphy M., Walton P. (2003). The effect of head position, electrode site, movement and smoothing window in the determination of a reliable maximum voluntary activation of the upper trapezius muscle, Journal of Electromyography and Kinesiology 13, 169-180
- (42) Nordander C., Balogh I., Mathiassen S.E., Ohlsson K., Unge J., Skerfving S., Hansson G.-A. (2004). Precision of measurements of physical workload during standardised manual handling. Part I: Surface electromyography of M. trapezius, m. infraspinatus and the forearm extensors, Journal of Electromyography and Kinesiology 14, 443-454
- (43) Matthiassen S.E., Winkel J., Hägg G.M. (1995). Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies – A review, Journal of Electromyography and Kinesiology 5, 197-226
- (44) Yap Eng-Ching (2007). Myofaszial pain – An overview, Anm Acad Med Singapore
- (45) Ferrari R., Russell A.S. (2003). Neck pain, Best Practice & Research Clinical Rheumatology, Vol.17, 57-70
- (46) Wlodyka-Demaille S., Poiraudou S., Catanzariti J.-F., Rannou F., Fermanian J., Revel M. (2004). The ability to change of three questionnaires for neck pain, Joint bone Spine, Vol. 71, 317-326

- (47) Rockiki L.A., Holroyd K.A., France C.R., Lipchik G.L., France J.L., Kvaal S.A. (1997). Change mechanisms associated with combined relaxation/EMG biofeedback training for chronic tension headache, *Appl. Psychophysiol Biofeedback*, 21-41
- (48) Coupe Chr., Torelli P., Fuglsang-Frederiksen A., Andersen K., Jensen R. (2007). Myofascial trigger points are very prevalent in patients with chronic tension-type headache: A doubled-blinded controlled study, *Clinical journal of pain*, Vol 27, 23–27
- (49) Vasseljen O. Jr., Johansen B.M., Westgaard R.H. (1995). The effect of pain reduction on perceived tension and EMG-recorded trapezius muscle activity in workers with shoulder and neck pain, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 243-252
- (50) Schilling D.J., Poppen R. (1983). Behavioral relaxation training and assessment, *Behav Ther Exp Psychiatry*, 99-107
- (51) Voerman G.E., Vollenbroek-Hutten M.M., Hermens H., Sansjö L., Kadefors R. (2006). Are changes in pain induced by myofeedback training related to changes in muscle activation patterns in patients with work-related myalgia? *Eur J Appl Physiol*, 209-215
- (52) Carroll D., Seers K. (1998). Relaxation for the relief of chronic pain: a systematic review, *J Adv Nurs.*, 27 (3): 476-487
- (53) Lefcourt, H.M. (1976). *Locus of control: Current trends in theory and research*, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates
- (54) Bandura A. (2004). *Self-efficacy*, Pallgrave, MacMillian
- (55) Goldberg J., Weller L., Blittner M. (1982). Cognitive self-control factors in EMG biofeedback, *Biofeedback Self Regul*, 7 (4): 545-515
- (56) Moffet J., McLean S. (2006). The role of physiotherapy in the management of non-specific back pain and neck pain, *Rheumatology*, 45(4):371-378

- (57) Victor L., Richeimer S.M. (2003). Psychosocial therapies for neck pain, *Phys Med Rehabil Clin N Am.*, 14(3):643-657
- (58) Middaugh S.J., Pawlick K. (2002). Biofeedback and behavioral treatment of persistent pain in the older adult: a review and a study, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, Vol. 27, No. 3
- (59) Hüter-Becker A., Dölken M. (2005), *Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Anhang

Anhang A: Flyer

Schmerzen und Verspannungen?

Leiden Sie oft an Schmerzen und Verspannungen im **Schulter-Nacken-Bereich**, die möglicherweise auch **Kopfschmerzen** und **Einschränkungen im Alltag** mit sich bringen?

Sie möchten etwas dagegen unternehmen?

Wir bieten Ihnen im Rahmen einer physiotherapeutischen Diplomarbeit **kostenlos** die Gelegenheit dazu.

Nach einer Eintrittsuntersuchung werden Sie in unserer Studie während vier Wochen therapeutisch betreut und erlernen spezifische Entspannungsübungen unterstützt durch die Biofeedback-Methode.

Voraussetzungen:

- Sie sind zwischen 20 und 65 Jahre alt
- Sie leiden immer wieder an Nacken-, Schulter- oder Kopfschmerzen, Verspannungen und dadurch provozierten Alltagseinschränkungen
- Sie sind **nicht** in ärztlicher oder physiotherapeutischer Behandlung für die Schulter-, Nacken-, Kopfschmerzen
- Sie sind bereit aktiv mit zu arbeiten
- Sie sind sich bewusst, dass durch unser Programm eine Verbesserung Ihrer Beschwerden eintreten kann, wir Ihnen aber nichts garantieren können

Melden Sie sich unverbindlich bei uns für weitere Informationen:

Andrea Britschgi, HEVs2, Physiotherapieschule Leukerbad,
079 / 702 77 54 oder a_britschgi@gmx.ch

Anhang B: Information für Probandinnen und Probanden

Sehr geehrte Probandin, sehr geehrter Proband

Wir danken Ihnen hier bereits für das Interesse und Ihre Bereitschaft an dieser Studie teilnehmen zu wollen. Dies ist eine wissenschaftliche Diplomarbeit und wir sind auf die Teilnahme freiwilliger Personen angewiesen. Wir möchten Ihnen hier nochmals die wichtigsten Punkte zum Ablauf der Studie zusammenfassen. Für eventuell auftauchende Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Beschreibung der Studie

Schulter-, Nacken- und Kopfschmerzen sind oft eine Folge von überlasteter Muskulatur, diese fühlt sich hart und verspannt an. Die Biofeedback-Methode gilt dafür als zuverlässige Behandlungstherapie. In dieser Studie werden wir den Effekt der Biofeedback-Behandlung auf Triggerpunkte im Schulter-Nacken-Bereich untersuchen. Triggerpunkte sind schmerzhaft Knötchen mit Verspannungen in der Muskulatur.

Ablauf der Studie

Bei einer ersten Eintrittsuntersuchung wird festgestellt, wo in Ihrer Schulter-Nacken-Muskulatur Verspannungen und Triggerpunkte vorkommen. In diesem Untersuch wird entschieden, ob Sie für unsere Studie geeignet sind. Wenn dies der Fall ist, werden Sie einen Fragebogen zu Ihren Schmerzen ausfüllen. Während den nächsten vier Wochen wird mit Ihnen ein spezifisches Therapie-Programm durchgeführt, wobei Sie ein Mal pro Woche in die Biofeedback-Therapie kommen. Diese Sitzungen dauern jeweils 60 min und es werden spezifische Muskulatur-Entspannungstechniken erlernt, welche Sie dann einmal täglich zu Hause durchführen sollen.

Beim Biofeedback werden Elektroden auf Ihrer Haut platziert, womit die Muskelspannung gemessen werden kann. Diese Spannung wird grafisch auf dem Computer dargestellt wodurch Sie Information erhalten, wie Sie die Muskulatur gezielter entspannen können. Die Werte der Muskelspannung werden dann von uns dokumentiert.

Im Anschluss an die vier Wochen findet eine Abschlussuntersuchung statt und der Schmerzfragebogen wird ein weiteres Mal von Ihnen ausgefüllt zur Evaluation der Therapie.

Nutzen und Risiken der Studie

Die Teilnahme an dieser Studie ist kostenlos und kann Ihnen folgenden Nutzen bringen: Durch die Therapie wird der Effekt der Entspannungsübungen auf die Schulter- und Nackenmuskulatur untersucht. Durch das Erlernen der Entspannungsübungen werden Sie nach der Studie in der Lage sein, diese Techniken selbständig zu Hause durchzuführen.

Es entstehen keine Risiken durch diese Studie. Das Biofeedback sowie die Entspannungstechniken bereiten keine Schmerzen. Sie müssen sich aber bewusst sein, dass dies ein Studienprojekt ist und wir somit nicht Vorhersagen können, ob eine Verbesserung Ihrer Beschwerden eintreten wird.

Vertraulichkeit der Daten

In dieser Studie werden persönliche Daten von Ihnen erfasst. Diese Daten werden anonymisiert und strikte vertraulich behandelt. Sie sind nur den an der Studie mitarbeitenden Personen zugänglich.

Kontaktperson

Bei Unklarheiten während oder nach Abschluss der Studie können Sie sich jederzeit an Ihre Kontaktperson wenden: Andrea Britschgi, Haus Aster, 3954 Leukerbad, 079 / 702 77 54, a_britschgi@gmx.ch, HEVs2 Physiotherapieschule Leukerbad

Anhang C: Einverständniserklärung

Schriftliche Einverständniserklärung zur Studienteilnahme

- Bitte lesen Sie dieses Formular sorgfältig durch.
- Bitte fragen Sie, wenn Sie etwas nicht verstehen oder wissen möchten.

Name, Vorname: _____

Geburtsdatum: _____

- Ich wurde mündlich und schriftlich über die Ziele, den Ablauf der Studie, die zu erwartenden Wirkungen sowie über mögliche Vor- und Nachteile informiert.
- Ich habe die Probandeninformation gelesen und verstanden. Meine Fragen im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Studie sind mir zufrieden stellend beantwortet worden.
- Ich nehme an dieser Studie freiwillig teil. Ich kann jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Zustimmung zur Teilnahme widerrufen ohne dass mir deswegen irgendwelche Nachteile entstehen.
- Ich bin mir bewusst, dass die in der Probandeninformation genannten Anforderungen und Weisungen während der Studie einzuhalten sind.

Ort, Datum: _____

Unterschrift: _____

Anhang D: Progressive Muskelentspannung nach Jacobson

Wechsel zwischen **kurzen Anspannungsphasen** (10-15 sec) und **langen Entspannungs-Phasen** (30- 45 sec.) mit deutlicher Betonung auf die Entspannung der Muskeln.

HÄNDE UND ARME

- rechte Hand (zur Faust)
- linke Hand (zur Faust)
- beide Hände (zu Fäusten)
- Oberarm (anbeugen - Bizeps)
- Oberarm (strecken - Trizeps)

GESICHT UND SCHULTERN

- Stirn (runzeln + Augenbrauen hochziehen)
- Augen (zusammenkneifen)
- Kiefermuskeln (Zähne aufeinander beißen)
- Lippen (aufeinander drücken)
- Nacken (Kopf nach hinten ziehen, langsam nach li. + dann nach re.)
- Schultern (zu den Ohren hoch ziehen)

KÖRPER

- Brustkorb (tief einatmen und Luft kurz anhalten)
- Bauchmuskeln (Bauch nach aussen drücken)
- Bauchmuskeln (Bauch nach innen ziehen)
- Rücken (Schulterblätter zur Wirbelsäule zusammenziehen)

BEINE

- Oberschenkel und Gesäss (anspannen)
- Unterschenkel (Füsse hochziehen und Gegenspannung in Schienbein- und Wadenmuskeln)
- Füsse (Zehen nach unten rollen)

ZURÜCKNEHMEN

- Arme fest (dreimal Arme fest anbeugen)
- Atem tief (zwei Tiefe Atemzüge nehmen)
- Augen auf (ganz bewusst die Augen aufschlagen)

Anhang E: Übungsprotokoll für zu Hause

Name, Vorname: _____

Halten Sie in diesem Protokoll jeweils das Datum und die Dauer der Durchführung des Entspannungsprogramms fest. Vielen Dank!

	Datum und Dauer der Durchführung	Bemerkungen (Wie gut konnte ich mich entspannen? Schwierigkeiten? Vorfälle? usw.)
1. Woche		

Bitte übergeben Sie uns dieses Protokoll bei der nächsten Therapiesitzung.

Anhang F: Datenerfassung MTrPs

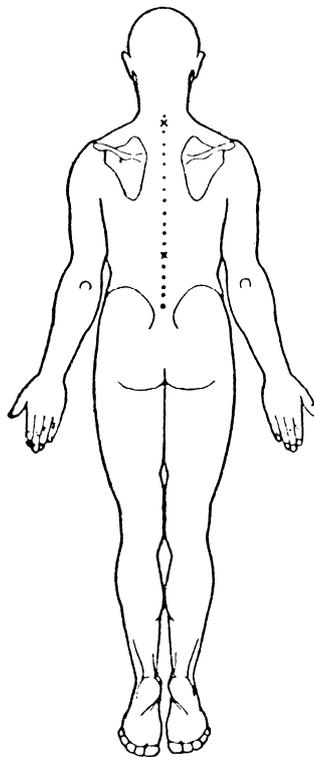
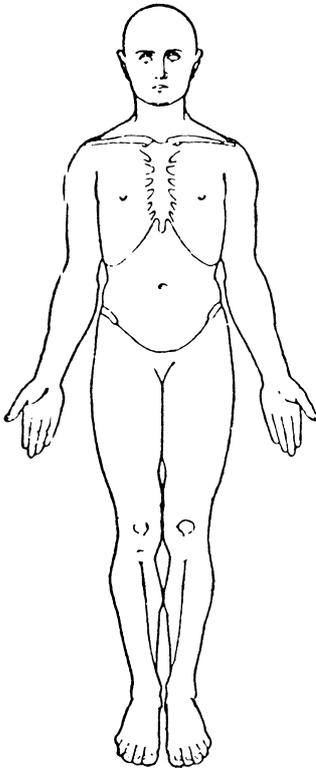
Bitte ankreuzen
 Eintrittstest T₀
 Re-Test T₁

Datum: _____

Name, Vorname des Probanden: _____

Schmerzgebiete / Lokalisation der MTrPs / Ausstrahlungsgebiet der MTrPs:

Bemerkungen:



Vorkommen Triggerpunkte:	1. Krit.	2. Krit.	3. Krit.	4. Krit.	Ja	Nein	Aktiv	Latent
M. trapezius								
M. levator scapulae								
M. SCOM								
M. supraspinatus								
Suboccipitale Muskulatur								

Anhang G: Datenerfassung EMG-Biofeedback

Name, Vorname des Probanden: _____

Position	1. Sitzung		2. Sitzung		3. Sitzung		4. Sitzung	
Arme in 90° ABD 2x messen 20 sek.	Re		Re		Re		Re	
	Li		Li		Li		Li	
1. Ruhemessung, vor Behandlung 60 sek.	Re		Re		Re		Re	
	Li		Li		Li		Li	
2. Ruhemessung, nach Behandlung, vor zurücknehmen, 60 sek.	Re		Re		Re		Re	
	Li		Li		Li		Li	
3. Ruhemessung, nach Behandlung, nach zurücknehmen, 60 sek.	Re		Re		Re		Re	
	Li		Li		Li		Li	
Handerwärmung								
Datum								

Bemerkungen:

Anhang H: Nacken Schmerz und Beschwerden Skala (Eintrittstest T₀)

Dieser Fragebogen erfasst Ihre momentanen Schmerzen und Einschränkungen im Alltag im **Schulter-, Nacken- und Kopfbereich**.

Datum: _____ Name, Vorname: _____

Geburtsdatum: _____ Geschlecht: männlich weiblich

Beruf: _____

vorwiegend sitzende Tätigkeit

vorwiegend stehende Tätigkeit

Krankheiten? (z.B. Fibromyalgie, Migräne, Arthrose in Halswirbelsäule, usw.): _____

Tragen Sie oft schwere Gewichte? ja nein

Wie lange leiden Sie schon unter Schulter-, Nacken- oder Kopfschmerzen?

- weniger als 6 Monate
- weniger als 12 Monate
- mehr als 12 Monate
- mehr als 5 Jahre

Wie oft leiden Sie unter Schulter-, Nacken- oder Kopfschmerzen?

- täglich
- etwa 1x pro Woche
- etwa 2x pro Monat
- etwa 1x pro Monat
- weniger als 1x pro Monat

Wie oft betreiben Sie sportliche Aktivitäten?

- keine
- 1x pro Woche
- 2 – 3x pro Woche
- mehr als 3x pro Woche

Welche Sportarten betreiben Sie? _____

Wie oft fühlten Sie sich im letzten Monat gestresst?

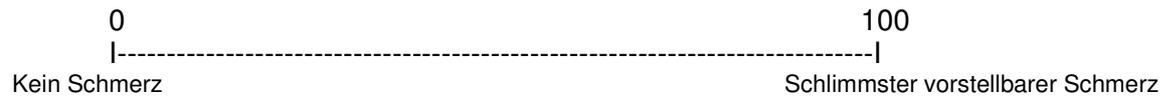
- sehr oft
- oft
- manchmal
- nie

Beantworten Sie die folgenden Fragen indem Sie Ihre Situation einschätzen. Setzen Sie auf jede horizontale Linie ein Kreuz zwischen 0 und 100.

1. Wie stark sind Ihre Schmerzen heute?



2. Wie stark sind Ihre Schmerzen durchschnittlich?



3. Wie stark sind Ihre schlimmsten Schmerzen?



4. Behindern die Schmerzen Ihren Schlaf?



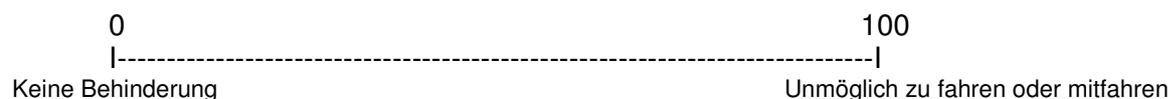
5. Wie stark sind Ihre Schmerzen im Stehen?



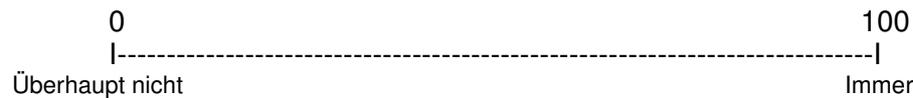
6. Wie stark sind Ihre Schmerzen beim Gehen?



7. Behindern die Schmerzen Sie beim Auto fahren (als Lenker oder Beifahrer)?



8. Behindern die Schmerzen Ihre sozialen Aktivitäten? (Vereine, Gruppen)



Ich bin nicht betroffen, da ich keine sozialen Aktivitäten habe.

9. Behindern die Schmerzen Ihre Freizeitaktivitäten? (kochen, Sport, basteln...)



Ich bin nicht betroffen, da ich keine Freizeitaktivitäten habe.

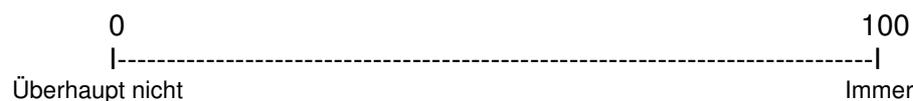
10. Behindern die Schmerzen Ihr Berufsleben?



11. Behindern die Schmerzen Sie bei der Selbstversorgung? (essen, sich anziehen, waschen, ...)



12. Behindern die Schmerzen Ihre Beziehungen zu Anderen (Freunde, Familie, Sexualpartner, ...)?



13. Haben die Schmerzen Ihre Lebenseinstellung und Zukunftspläne verändert (Depression, Hoffnungslosigkeit)?



14. Haben die Schmerzen Einfluss auf Ihre Emotionen (unangemessene Reaktionen auf eine gewöhnliche Situation)?



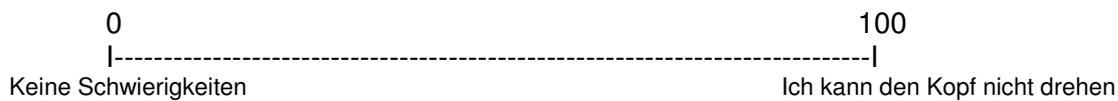
15. Behindern die Schmerzen Ihre Konzentrations- und Überlegungsfähigkeiten?



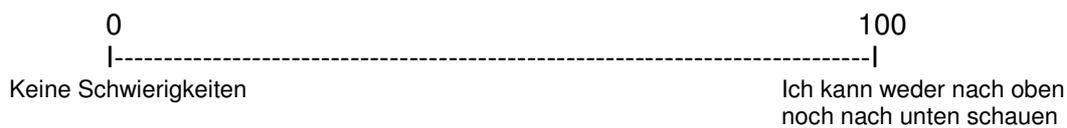
16. Fühlt sich Ihr Nacken steif an?



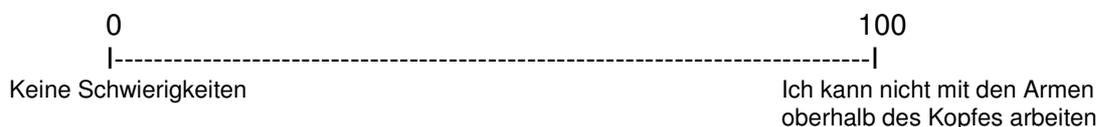
17. Haben Sie Schwierigkeiten den Kopf zu drehen?



18. Haben Sie Schwierigkeiten an die Decke und zum Boden zu schauen?



19. Haben Sie Schwierigkeiten mit den Armen oberhalb des Kopfes zu arbeiten?



Ich bin nicht betroffen, da ich diese Bewegung nie ausführe.

20. Können Medikamente Ihre Schmerzen vermindern?



Ich bin nicht betroffen, da ich keine Medikamente nehme.

Bitte überprüfen Sie, ob Sie alle Fragen beantwortet haben.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit !

Totalscore: _____

Anhang I: Nacken Schmerz und Beschwerden Skala (Re-Test T₁)

Dieser Fragebogen erfasst Ihre momentanen Schmerzen und Einschränkungen im Alltag im **Schulter-, Nacken- und Kopfbereich**.

Es betrifft die Zeitperiode nach der Therapie bis zum heutigen Datum.

Datum: _____ Name, Vorname: _____

Wie **stark** waren Ihre Beschwerden seit Abschluss der Therapie bis zum heutigen Datum?

- weniger stark als vor der Therapie
- gleich stark wie vor der Therapie
- stärker als vor der Therapie

Wie **oft** traten Ihre Beschwerden nach Abschluss der Therapie bis zum heutigen Datum auf?

- weniger oft als vor der Therapie
- gleich oft wie vor der Therapie
- öfters als vor der Therapie

Führen Sie die Entspannungstherapie zu Hause noch durch?

- nein
- ja, weniger als 1 x pro Woche
- ja, etwa 1 - 2 x pro Woche
- ja, öfters als 2 x pro Woche

Allgemeine Bemerkungen / Anregungen (z.B. Verlauf der Beschwerden, ...):

Inklusive der 20 Fragen wie beim Eintrittstest.

Anhang J: Nacken Schmerz und Beschwerden Skala (Follow-up)

Dieser Fragebogen erfasst Ihre momentanen Schmerzen und Einschränkungen im Alltag im **Schulter-, Nacken- und Kopfbereich.**

Es betrifft die Zeitperiode nach der Therapie bis zum heutigen Datum.

Datum: _____ Name, Vorname: _____

Wie **stark** waren Ihre Beschwerden seit Abschluss der Therapie bis zum heutigen Datum?

- weniger stark als vor der Therapie
- gleich stark wie vor der Therapie
- stärker als vor der Therapie

Wie **oft** traten Ihre Beschwerden nach Abschluss der Therapie bis zum heutigen Datum auf?

- weniger oft als vor der Therapie
- gleich oft wie vor der Therapie
- öfters als vor der Therapie

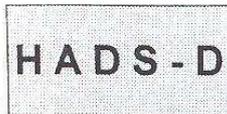
Führen Sie die Entspannungstherapie zu Hause noch durch?

- nein
- ja, weniger als 1 x pro Woche
- ja, etwa 1 - 2 x pro Woche
- ja, öfters als 2 x pro Woche

Allgemeine Bemerkungen / Anregungen (z.B. Verlauf der Beschwerden, ...):

Inklusive der 20 Fragen wie beim Eintrittstest.

Anhang K: HADS-D



Name, Vorname: _____

Geburtsdatum: _____ Code-Nummer: _____

Datum: _____

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient!

Sie werden von uns wegen körperlicher Beschwerden untersucht und behandelt. Zur vollständigen Beurteilung Ihrer vermuteten oder bereits bekannten Erkrankung bitten wir Sie im vorliegenden Fragebogen um einige persönliche Angaben. Man weiß heute, daß körperliche Krankheit und seelisches Befinden oft eng zusammenhängen. Deshalb beziehen sich die Fragen ausdrücklich auf Ihre allgemeine und seelische Verfassung.

Die Beantwortung ist selbstverständlich freiwillig. Wir bitten Sie jedoch, jede Frage zu beantworten, und zwar so, wie es für Sie persönlich **in der letzten Woche** am ehesten zutrif. Machen Sie bitte nur ein Kreuz pro Frage und lassen Sie bitte keine Frage aus! Überlegen Sie bitte nicht lange, sondern wählen Sie die Antwort aus, die Ihnen auf Anhieb am zutreffendsten erscheint! Alle Ihre Antworten unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht.

<p>Ich fühle mich angespannt oder überreizt</p> <p><input type="checkbox"/> meistens <input type="checkbox"/> oft <input type="checkbox"/> von Zeit zu Zeit/gelegentlich <input type="checkbox"/> überhaupt nicht</p> <p>Ich kann mich heute noch so freuen wie früher</p> <p><input type="checkbox"/> ganz genau so <input type="checkbox"/> nicht ganz so sehr <input type="checkbox"/> nur noch ein wenig <input type="checkbox"/> kaum oder gar nicht</p> <p>Mich überkommt eine ängstliche Vorahnung, daß etwas Schreckliches passieren könnte</p> <p><input type="checkbox"/> ja, sehr stark <input type="checkbox"/> ja, aber nicht allzu stark <input type="checkbox"/> etwas, aber es macht mir keine Sorgen <input type="checkbox"/> überhaupt nicht</p> <p>Ich kann lachen und die lustige Seite der Dinge sehen</p> <p><input type="checkbox"/> ja, so viel wie immer <input type="checkbox"/> nicht mehr ganz so viel <input type="checkbox"/> inzwischen viel weniger <input type="checkbox"/> überhaupt nicht</p> <p>Mir gehen beunruhigende Gedanken durch den Kopf</p> <p><input type="checkbox"/> einen Großteil der Zeit <input type="checkbox"/> verhältnismäßig oft <input type="checkbox"/> von Zeit zu Zeit, aber nicht allzu oft <input type="checkbox"/> nur gelegentlich/nie</p> <p>Ich fühle mich glücklich</p> <p><input type="checkbox"/> überhaupt nicht <input type="checkbox"/> selten <input type="checkbox"/> manchmal <input type="checkbox"/> meistens</p> <p>Ich kann behaglich dasitzen und mich entspannen</p> <p><input type="checkbox"/> ja, natürlich <input type="checkbox"/> gewöhnlich schon <input type="checkbox"/> nicht oft <input type="checkbox"/> überhaupt nicht</p>	<p>Ich fühle mich in meinen Aktivitäten gebremst</p> <p><input type="checkbox"/> fast immer <input type="checkbox"/> sehr oft <input type="checkbox"/> manchmal <input type="checkbox"/> überhaupt nicht</p> <p>Ich habe manchmal ein ängstliches Gefühl in der Magengegend</p> <p><input type="checkbox"/> überhaupt nicht <input type="checkbox"/> gelegentlich <input type="checkbox"/> ziemlich oft <input type="checkbox"/> sehr oft</p> <p>Ich habe das Interesse an meiner äußeren Erscheinung verloren</p> <p><input type="checkbox"/> ja, stimmt genau <input type="checkbox"/> ich kümmere mich nicht so sehr darum, wie ich sollte <input type="checkbox"/> möglicherweise kümmere ich mich zu wenig darum <input type="checkbox"/> ich kümmere mich so viel darum wie immer</p> <p>Ich fühle mich rastlos, muß immer in Bewegung sein</p> <p><input type="checkbox"/> ja, tatsächlich sehr <input type="checkbox"/> ziemlich <input type="checkbox"/> nicht sehr <input type="checkbox"/> überhaupt nicht</p> <p>Ich blicke mit Freude in die Zukunft</p> <p><input type="checkbox"/> ja, sehr <input type="checkbox"/> eher weniger als früher <input type="checkbox"/> viel weniger als früher <input type="checkbox"/> kaum bis gar nicht</p> <p>Mich überkommt plötzlich ein panikartiger Zustand</p> <p><input type="checkbox"/> ja, tatsächlich sehr oft <input type="checkbox"/> ziemlich oft <input type="checkbox"/> nicht sehr oft <input type="checkbox"/> überhaupt nicht</p> <p>Ich kann mich an einem guten Buch, einer Radio- oder Fernsehsendung freuen</p> <p><input type="checkbox"/> oft <input type="checkbox"/> manchmal <input type="checkbox"/> eher selten <input type="checkbox"/> sehr selten</p>
---	---

Anhang L: Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Score des Schmerz und Beschwerden Fragebogens NPDS bei Eintritt	7	328.00	1037.00	676.5714	274.81318
Score des Schmerz und Beschwerden Fragebogens NPDS bei Austritt	7	52.00	999.00	356.2857	301.08178
Score des Schmerz und Beschwerden Fragebogens NPDS im Follow-up	7	71.00	772.00	380.7143	279.57510
Veränderung des Scores bei Austritt	7	-816.00	-20.00	-320.2857	257.09837
Veränderung des Scores bei Austritt in %	7	-84.15	-1.96	-49.9229	29.03984
Veränderung des Scores im Follow-up	7	-919.00	-65.00	-295.8571	289.36622
Veränderung des Scores im Follow-up in %	7	-88.62	-8.64	-44.4071	31.34954
Anzahl vorhandener MTrPs bei Eintritt	7	1.00	6.00	3.7143	1.70434
Anzahl vorhandener MTrPs bei Austritt	7	.00	3.00	1.4286	1.39728
Veränderung der MTrPs	7	-3.00	.00	-2.2857	1.25357
Veränderung der MTrPs in %	7	-100.00	.00	-67.1429	36.83942
EMG Referenzwert 1. Sitzung (100%) re	7	21.68	237.25	76.0157	74.95360
EMG Referenzwert 1. Sitzung (100%) li	7	34.65	129.90	69.5514	35.10498
EMG 1. Sitzung vor der Behandlung re	7	.68	2.46	1.2771	.65258
EMG 1. Sitzung vor der Behandlung re % rvc	7	.30	6.57	2.8571	2.01275
EMG 1. Sitzung vor der Behandlung li	7	.23	1.32	.6829	.50019
EMG 1. Sitzung vor der Behandlung li % rvc	7	.22	3.38	1.3471	1.21647
EMG 1. Sitzung nach der Behandlung re	7	.63	1.09	.8471	.18154
EMG 1. Sitzung nach der Behandlung re % rvc	7	.38	3.92	1.9286	1.29335
EMG 1. Sitzung nach der Behandlung li	7	.31	.91	.5300	.22694
EMG 1. Sitzung nach der Behandlung li % rvc	7	.28	1.56	.8843	.42591
EMG Veränderung innerhalb der 1. Sitzung (1a,1c) re	7	-1.75	.18	-.4300	.69867
EMG Veränderung innerhalb der 1. Sitzung (1a,1c) re % rvc	7	-3.79	.46	-.9286	1.55010
EMG Veränderung innerhalb der 1. Sitzung (1a,1c) li	7	-1.01	.52	-.1529	.54076

EMG Veränderung innerhalb der 1. Sitzung (1a,1c) li % rvc	7	-2.58	.50	-.4629	1.12230
Fingertemperatur 1 (°C) 1. Sitzung	7	24.09	33.40	29.5814	3.01525
Fingertemperatur 2 (°C) 1. Sitzung	7	30.25	33.40	32.3857	1.14596
Fingertemperatur D (°C) 1. Sitzung	7	-.09	8.92	2.8029	3.02185
EMG Referenzwert 2. Sitzung (100%) re	7	29.98	276.30	108.7900	84.85807
EMG Referenzwert 2. Sitzung (100%) li	7	42.25	170.45	95.0086	47.92812
EMG 2. Sitzung vor der Behandlung re	7	.51	1.32	.8857	.36395
EMG 2. Sitzung vor der Behandlung re % rvc	7	.20	3.47	1.2757	1.06445
EMG 2. Sitzung vor der Behandlung li	7	.38	1.47	.6343	.37682
EMG 2. Sitzung vor der Behandlung li % rvc	7	.28	1.43	.7871	.45394
EMG 2. Sitzung nach der Behandlung re	7	.51	4.02	1.3029	1.31990
EMG 2. Sitzung nach der Behandlung re % rvc	7	.32	2.24	1.2600	.66000
EMG 2. Sitzung nach der Behandlung li	7	.28	1.61	.6400	.46504
EMG 2. Sitzung nach der Behandlung li % rvc	7	.29	1.57	.7357	.44773
EMG Veränderung innerhalb der 2. Sitzung (2a,2c) re	7	-.79	3.48	.4171	1.48190
EMG Veränderung innerhalb der 2. Sitzung (2a,2c) re % rvc	7	-1.53	1.26	-.0114	.99937
EMG Veränderung innerhalb der 2. Sitzung (2a,2c) li	7	-.23	.22	.0057	.15306
EMG Veränderung innerhalb der 2. Sitzung (2a,2c) li % rvc	7	-.54	.27	-.0500	.26147
Fingertemperatur 1 (°C), 2. Sitzung	7	22.34	33.11	28.9529	4.12297
Fingertemperatur 2 (°C), 2. Sitzung	7	29.40	33.44	32.1471	1.76657
Fingertemperatur D (°C), 2. Sitzung	7	.32	10.26	3.1943	3.38699
EMG Referenzwert 3. Sitzung (100%) re	7	24.72	152.20	83.0086	43.25125
EMG Referenzwert 3. Sitzung (100%) li	7	34.16	116.04	72.1214	30.23408
EMG 3. Sitzung vor der Behandlung re	7	.53	1.04	.7471	.20990
EMG 3. Sitzung vor der Behandlung re % rvc	7	.67	3.12	1.1700	.87251
EMG 3. Sitzung vor der Behandlung li	7	.25	.69	.4100	.15395
EMG 3. Sitzung vor der Behandlung li % rvc	7	.36	1.02	.6286	.25765
EMG 3. Sitzung nach der Behandlung re	7	.52	3.27	1.0171	.99672

EMG 3. Sitzung nach der Behandlung re % rvc	7	.46	2.95	1.3443	.89790
EMG 3. Sitzung nach der Behandlung li	7	.25	2.91	.7200	.96973
EMG 3. Sitzung nach der Behandlung li % rvc	7	.30	3.59	1.0100	1.15770
EMG Veränderung innerhalb der 3. Sitzung (3a,3c) re	7	-.50	2.23	.2700	.88897
EMG Veränderung innerhalb der 3. Sitzung (3a,3c) re % rvc	7	-.44	1.47	.1771	.61100
EMG Veränderung innerhalb der 3. Sitzung (3a,3c) li	7	-.07	2.22	.3100	.84424
EMG Veränderung innerhalb der 3. Sitzung (3a,3c) li % rvc	7	-.15	2.74	.3814	1.04364
Fingertemperatur 1 (°C), 3. Sitzung	7	25.67	33.52	30.8457	2.87165
Fingertemperatur 2 (°C), 3. Sitzung	7	28.02	33.89	31.8129	1.96865
Fingertemperatur D (°C), 3. Sitzung	7	-1.50	3.58	.9686	1.61296
EMG Referenzwert 4. Sitzung (100%) re	7	14.04	145.07	81.6143	53.79686
EMG Referenzwert 4. Sitzung (100%) li	7	22.66	139.32	69.4114	43.50066
EMG 4. Sitzung vor der Behandlung re	7	.55	1.71	.8357	.39395
EMG 4. Sitzung vor der Behandlung re % rvc	7	.49	4.77	1.6814	1.48908
EMG 4. Sitzung vor der Behandlung li	7	.24	1.19	.5471	.39267
EMG 4. Sitzung vor der Behandlung li % mvc	7	.19	1.42	.8829	.37411
EMG 4. Sitzung nach der Behandlung re	7	.55	2.59	1.0286	.72495
EMG 4. Sitzung nach der Behandlung re % rvc	7	.49	4.92	1.8629	1.48060
EMG 4. Sitzung nach der Behandlung li	7	.24	2.08	.6843	.68154
EMG 4. Sitzung nach der Behandlung li % rvc	7	.21	1.85	1.0014	.52667
EMG Veränderung innerhalb der 4. Sitzung (4a,4c) re	7	-.05	.88	.1929	.36477
EMG Veränderung innerhalb der 4. Sitzung (4a,4c) re % rvc	7	-.05	.61	.1786	.29796
EMG Veränderung innerhalb der 4. Sitzung (4a,4c) li	7	-.11	1.05	.1371	.40619
EMG Veränderung innerhalb der 4. Sitzung (4a,4c) li % rvc	7	-.16	.93	.1200	.37184
Fingertemperatur 1 (°C), 4. Sitzung	7	31.00	33.25	31.9357	.81963
Fingertemperatur 2 (°C), 4. Sitzung	7	31.20	33.47	32.6771	.79311
Fingertemperatur D (°C), 4. Sitzung	7	-.20	2.27	.7414	.90393
EMG Veränderung des Anfangswertes 1./ 4. Sitzung (1a,4a) re	7	-1.81	.06	-.4414	.68209

EMG Veränderung des Anfangswertes 1./4. Sitzung re in % rvc	7	-73.58	8.00	-24.8686	31.35574
EMG Veränderung des Anfangswertes 1./4. Sitzung (1a,4a) li	7	-1.08	.77	-.1357	.67089
EMG Veränderung des Anfangswertes 1./4. Sitzung li in % rvc	7	-81.82	296.15	34.3729	129.70820
EMG Veränderung des Schlusswertes 1./4. Sitzung (1c,4c) re	7	-.40	1.53	.1814	.63570
EMG Veränderung des Schlusswertes 1./4. Sitzung li in % rvc	7	-36.70	144.34	16.9771	60.99887
EMG Veränderung des Schlusswertes 1./4. Sitzung (1c,4c) li	7	-.22	1.30	.1543	.52252
EMG Veränderung des Schlusswertes 1./4. Sitzung li in % rvc	7	-43.14	166.67	13.7329	72.15650
Durchschnittliche Veränderung aller 4 Sitzungen (D a,c 1-4) re	7	-.18	1.04	.1129	.42050
Durchschnittliche Veränderung aller 4 Sitzungen (D a,c 1-4) re % rvc	7	-.86	.47	-.1471	.42268
Durchschnittliche Veränderung aller 4 Sitzungen (D a,c 1-4) li	7	-.29	.98	.0743	.41492
Durchschnittliche Veränderung aller 4 Sitzungen (D a,c 1-4) li % rvc	7	-.71	1.08	-.0029	.54426
Gültige Werte (Listenweise)	7				

Median und Interquartilrange

	25. Perzentil	75. Perzentil	Median
EMG Veränderung innerhalb der 1. Sitzung (1a,1c) re % RVC	-2.29	.08	-.22
EMG Veränderung innerhalb der 1. Sitzung (1a,1c) li % RVC	-1.42	.24	.06
EMG Veränderung innerhalb der 2. Sitzung (2a,2c) re % RVC	-.65	1.18	.00
EMG Veränderung innerhalb der 2. Sitzung (2a,2c) li % RVC	-.17	.14	.01
EMG Veränderung innerhalb der 3. Sitzung (3a,3c) re % RVC	-.16	.25	.08
EMG Veränderung innerhalb der 3. Sitzung (3a,3c) li % RVC	-.07	.08	.06
EMG Veränderung innerhalb der 4. Sitzung (4a,4c) re % RVC	-.04	.60	.00
EMG Veränderung innerhalb der 4. Sitzung (4a,4c) li % RVC	-.13	.12	.01

Friedman-Test

NPDS	
N	7
Chi-Quadrat	10.571
df	2
Asymptotische Signifikanz	.005

Fingertemperatur	
N	7
Chi-Quadrat	21.952
df	7
Asymptotische Signifikanz	.003

Wilcoxon-Test

	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Anzahl vorhandener MTRPs bei Austritt - Anzahl vorhandener MTRPs bei Eintritt	-2.333(a)	.020
Score des Schmerz und Beschwerden Fragebogens NPDS bei Austritt - Score des Schmerz und Beschwerden Fragebogens NPDS bei Eintritt	-2.366(a)	.018
Score des Schmerz und Beschwerden Fragebogens NPDS im Follow-up - Score des Schmerz und Beschwerden Fragebogens NPDS bei Eintritt	-2.366(a)	.018
Score des Schmerz und Beschwerden Fragebogens NPDS im Follow-up - Score des Schmerz und Beschwerden Fragebogens NPDS bei Austritt	.000(b)	1.000
Fingertemperatur 2 (°C) 1. Sitzung - Fingertemperatur 1 (°C) 1. Sitzung	-2.197(c)	.028
Fingertemperatur 2 (°C), 2. Sitzung - Fingertemperatur 1 (°C), 2. Sitzung	-2.366(c)	.018
Fingertemperatur 2 (°C), 3. Sitzung - Fingertemperatur 1 (°C), 3. Sitzung	-1.521(c)	.128
Fingertemperatur 2 (°C), 4. Sitzung - Fingertemperatur 1 (°C), 4. Sitzung	-1.524(c)	.128

a Basiert auf positiven Rängen.

b Die Summe der negativen Ränge ist gleich der Summe der positiven Ränge.

c Basiert auf negativen Rängen.

Spearman-Rho

		Übungs- dauer (min)	Veränderung des Scores bei Austritt	Veränderung der MTRPs
Übungsdauer (min)	Korrelationskoeffizient	1.000	.571	-.178
	Sig. (2-seitig)	.	.180	.702
	N	7	7	7
Veränderung des Scores bei Austritt	Korrelationskoeffizient	.571	1.000	-.490
	Sig. (2-seitig)	.180	.	.264
	N	7	7	7
Veränderung der MTRPs	Korrelationskoeffizient	-.178	-.490	1.000
	Sig. (2-seitig)	.702	.264	.
	N	7	7	7