

BACHELORARBEIT I & II

Titel der Bachelorarbeit

Elektromyographische Untersuchung der selektiven Aktivierbarkeit des M. serratus anterior bei drei verschiedenen Kräftigungsübungen.

Verfasser

Thomas Fischer, Lukas Franke

angestrebter Akademischer Grad

Bachelor of Science in Health Studies (BSc)

St. Pölten, 2018

Studiengang:	Studiengang Physiotherapie
Jahrgang	PT 15
Betreuerin / Betreuer:	Dr. Brian Horsak

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

Dieses Bachelorarbeitsthema habe ich bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt.

.....
Datum

.....
Unterschrift

I. Abstract:

The prevention of muscular insufficiency in the selective activation of the musculus serratus anterior, in three different strength exercises, using a electromyographic examination.

Introduction

Because of its anatomic structure is the shoulder the joint with the highest mobility in the human body. To ensure such a high mobility, a perfect cooperation between the musculo-skeletal and capsuloligamentous systems is required.

It is relevant for therapists to know about the movement and muscle patterns of the joint stabilizing muscles, because with this knowledge they can develop the best suited therapy for their patients. The focus of this bachelor thesis is the muscular stabilization of the human body, especially the training of the muscular serratus anterior plus the muscular trapezius and its activation in different exercises.

Methods:

14 healthy male subjects were examined, if there are significant differences between those three exercises, the exercises were specially selected to increase the strength of the M.serratus anterior. The activity profile of the M. serratus anterior and the M. trapezius was measured with electromyographic examination and followed by an analysis of variance to verify the significance.

Outcome and Discussion

The Mean and Peak value of the M. serratus and the M. trapezius were determined. There was no significant difference between the Push up plus and the unilateral protraction. However, the horizontal abduction showed a significant difference compared to the other two exercises. Against expectations, the M. serratus anterior did not show any activity at the horizontal abduction. According to these results is a training of the M. serratus anterior in supine position as well as in plank position possible, as long the activity of the pars descendes of the M. trapezius is kept low. Therefore, can pathologies like Scapula alata be prevented.

I. Abstract:

Elektromyographische Untersuchung der selektiven Aktivierbarkeit des M.serratus anterior bei drei verschiedenen Kräftigungsübungen, um muskulären Insuffizienten vorzubeugen.

Einleitung

Die menschliche Schulter ist auf Grund ihrer anatomischen Grundvoraussetzungen das beweglichste Gelenk des menschlichen Körpers. Um ein so hohes Ausmaß an Beweglichkeit gewährleisten zu können, bedarf es einem perfekten Zusammenspiel von muskuloskeletalen und kapsuloligamentären Systemen.

Für TherapeutInnen ist es relevant, über die Bewegungs- und Muskelaktivitätsmuster der schultergelenkstabilisierenden Muskeln Bescheid zu wissen, denn dadurch kann für die PatientInnen die bestmögliche Therapie entwickelt werden, daher setzt sich diese Bachelorarbeit mit der muskulären Stabilisierung des Bewegungsapparates auseinander. Das Ziel dieser Arbeit war es, heraus zu finden welche Unterschiede es in der selektiven Muskelaktivierung des M. serratus anterior und des M.trapezius, zwischen den verschiedenen Übungen gibt.

Methodik:

Es wurde an 14 gesunden, männlichen Probanden untersucht, ob es signifikante Unterschiede zwischen einem Push up plus, einer aktiven unilateralen Protraktion und einer horizontalen Abduktion, gibt. Dabei wurde mittels Elektromyogramm das Aktivitätsprofil des M. serratus anterior und dem M trapezius erhoben und anschließend mittels mehrfaktoriellen Varianzanalyse auf ihre Signifikanz überprüft.

Ergebnisse und Diskussion:

Es wurden die Mean und Peak Werte des M. serratus und des M. trapezius erhoben. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Push up plus und der Aktiven unilateralen Protraktion. Die horizontale Abduktion unterscheidet sich jedoch signifikant zu den beiden anderen Übungen. Entgegen der Erwartungen, konnte bei der horizontalen Abduktion keine Aktivität des M. serratus anterior gemessen werden. Die Ergebnisse konnten zeigen, dass es zwischen dem Push up plus und der aktiven unilateralen Protraktion, keinen Unterschied gibt.

II. Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung.....	1
2	Einleitung	2
2.1	Funktion und Struktur des M. serratus anterior	2
2.2	Pathologien bei der Schulterblattstabilisation	2
2.3	Therapieansätze zur Kräftigung der Muskulatur	4
2.4	Muskelaktivitätsprofile bei verschiedenen Übungen	5
3	Forschungshypothesen	8
4	Elektromyographie	10
5	Methodik	15
5.1	Probandenrekrutierung.....	15
5.2	Studienprotokoll.....	16
5.3	Die Übungen	17
5.3.1	Der Push-up Plus	17
5.3.2	Isometrische Horizontale Abduktion.....	19
5.3.3	Aktive unilaterale Schulterprotraktion.....	20
5.4	Messkette.....	21
5.4.1	Datenerhebung.....	24
5.4.2	Datenbearbeitung	25
5.4.3	Statistisches Auswertungsverfahren	26
5.4.4	Outcomeparameter.....	26
5.4.5	OMNI Skala	28
6	Ergebnisse:	29
6.1	Ergebnisse der mehr faktoriellen ANOVA mit Messwiederholung.....	29
6.2	Auswertung der Phasen Konzentrik vs. Exzentrik.....	34
6.3	Ergebnisse der subjektiven Belastungsempfindung laut OMNI Skala	34
7	Diskussion.....	36

7.1	Die horizontale Abduktion.....	37
7.2	Interpretation der Ergebnisse	40
7.3	Klinische Relevanz	45
7.4	Limitationen.....	47
8	Zusammenfassung.....	50

III. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Roh-EMG Signal (Konrand, 2011).....	11
Abbildung 2: Artefakte der EMG Messung (Grigereit et al. 2003).....	12
.....	12
Abbildung 3: Roh-EMG Signal, Gleichrichtung des EMG Signal, geglättetes Signal mittel Hüllkurve (Grigereit u. a., 2003).....	13
Abbildung 4: Zeitnormalisierung eines Bewegungszyklus (Konrand, 2011).....	14
Abbildung 5: Rechts-Ausgangstellung Push-up Plus, Links-Endstellung Push-up Plus...	19
Abbildung 6: links Ausgangstellung, rechts Endstellung.....	20
Abbildung 7: links Ausgangstellung, rechts Endstellung.....	21
Abbildung 8: Elektrodenpositionierung.....	23
Abbildung 9: Positionierung der Elektroden	24
Abbildung 10: Aktivitätskurve des M. serratus anterior während einer aktiven Protraktion	27
Abbildung 11: Mean und Peakdarstellung des gleichgerichteten EMG Signals (Konrand, 2011)	27
Abbildung 12: Meanwerte inkl. Standardabweichung für den M. serratus anterior, während der verschiedenen Übungen.....	31
Abbildung 13: PEAK Werte inkl. Standartabweichung für den M. serratus anterior, während der verschiedenen Übungen.....	33

IV. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: MEAN Werte der verschiedenen Muskeln während den Übungen	30
Tabelle 2: P Werte der verschiedenen Muskeln während den Übungen	30
Tabelle 3: PEAK Werte der verschiedenen Muskeln während den Übungen	32
Tabelle 4: P Werte der PEAK Werte	32
Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichung der konzentrischen und exzentrischen Phase	34
Tabelle 6: Ergebnisse der OMNI Skala	35

V. Abkürzungsverzeichnis

M.	Musculus
EWM	Einwiederholungsmaximum
EMG	Elektromyographie
EKG	Elektrokardiographie
Hz	Hertz
MVC	Maximal Voluntary Contraction
HWS	Halswirbelsäule
Bpm	Beats per minute
BH	Büstenhalter
ORmax	One Repetition maximum
KG	Kilogram
N	Teilmenge

1 Zielsetzung

Die menschliche Schulter ist auf Grund ihrer anatomischen Grundvoraussetzungen das beweglichste Gelenk des menschlichen Körpers. Um ein so hohes Ausmaß an Beweglichkeit gewährleisten zu können, bedarf es eines perfekten Zusammenspiels von muskuloskeletalen und kapsuloligamentären Systemen. Durch das Zusammenspiel vier verschiedener Gelenke, dem Glenohumeralgelenk, dem Scapulothoracalelenk, dem Acromioclavicularelenk und dem Sternoclavicularelenk wird diese Beweglichkeit möglich (Fu, Seel, & Berger, 1991).

Ein Mitbewegen der Skapula mit dem Arm ist dabei unverzichtbar. Würde sie starr am Thorax stehen könnte nur ein sehr kleiner Bewegungsumfangerreicht werden. Um dieses Mitbewegen der Skapula zu gewährleisten, bedarf es eines perfekten Zusammenspiels zwischen den verschiedenen Muskeln, welche ein Bewegen des Schulterblattes ermöglichen. Arbeitet einer insuffizient, führt dies zu einem schlechten thorakalem Rhythmus und dies kann zum Beispiel Nackenschmerzen oder ein geringeres Bewegungsausmaß des Armes zur Folge haben (Andersen, Andersen, Zebis, & Sjøgaard, 2014). Einer dieser Muskeln ist der M. serratus anterior, welcher sowohl ein Schwenken, als auch eine Fixation der Skapula am Thorax ermöglicht.

Für TherapeutInnen ist es relevant, über die Bewegungs- und Muskelaktivitätsmuster der schultergelenkstabilisierenden Muskeln Bescheid zu wissen, denn dadurch kann für die PatientInnen die bestmögliche Therapie entwickelt werden. Daher setzt sich diese Bachelorarbeit mit der muskulären Stabilisierung des Bewegungsapparates auseinander, speziell mit dem Training des M. serratus anterior und dessen Aktivierbarkeit bei verschiedenen Muskelkräftigungsübungen.

2 Einleitung

Im folgenden Kapitel wird auf die Struktur, auf die Pathologien, die Therapieansätze zur Kräftigung und auf die unterschiedlichen Muskelaktivitätsprofile des M. serratus anterior eingegangen.

2.1 Funktion und Struktur des M. serratus anterior

Der M. serratus anterior hat seinen Ursprung an den Rippenbögen der ersten neun Rippen und inseriert auf dem medialen Rand der Skapula. Es gibt drei verschiedene Anteile, die pars superior, die pars intermedia und die pars inferior. Die Ansatzpunkte auf der Skapula sind der Angulus superior, die Margo medialis und der Angulus inferior.

Tibaek und Gadsboell (2015) behaupten in ihrem Paper, dass zusammen mit dem unteren Anteil des M. trapezius, der M. serratus anterior die Hauptrolle bei der Schulterblattstabilisation während verschiedener Armbewegungen spielt, das heißt er steht in enger Verbindung mit der Pars ascendens des M. trapezius.

Die Funktion des M. serratus anterior ist maßgeblich dafür verantwortlich, die Skapula nach lateral-ventral zu verschieben. Des Weiteren ermöglicht die Pars inferior durch das Schwenken des Angulus inferior, die Elevation des Armes über 90 Grad und die Rückführung des elevierten Armes in die Neutral Null Stellung (Schünke, Schulte, & Schumacher, 2014).

Verändert man Punctum fixum und Punctum mobile in dem die Arme flektiert werden und zum Beispiel gegen eine Wand stützen, ermöglicht der M. serratus anterior ein nach hinten schieben des Thorax. Das Verschieben des oberen Rumpfes nach posterior ist eine Funktion welche man sich fürs Muskeltraining sehr gut zur Hilfe nehmen kann, weil man durch die Umkehr des Punctum fixum und des Punctum mobile den M. serratus anterior somit in einer geschlossenen Kette trainiert (Kendall, Supplitt, & Schierenberg, 2009).

Schwächt der M. serratus anterior ab, kann man bemerken, dass sich die Skapula nach unten außen rotiert, dadurch hebt sich der mediale Rand des Schulterblattes vom Thorax ab (Batbayar, Uga, Nakazawa, & Sakamoto, 2015).

2.2 Pathologien bei der Schulterblattstabilisation

Wenn der M. serratus anterior seine benötigte Muskelkraft verliert, beziehungsweise abschwächt, schafft er es nicht mehr, die Skapula an den Thorax zu pressen. Dabei hebt sich die Kante der Skapula, die Margo medialis vom Brustkorb ab, und es kommt zu einem

flügelartigem Abheben, auch bekannt als Skapula alata (Karin Wieben & Bernd Falkenberg). Aufgrund des gestörten thorakalem Rhythmus ist das Heben des Armes in die Flexion und Abduktion nur erschwert möglich (Kendall u. a., 2009). Park, Cynn, Yi und Kwon (2012) erwähnten in ihrer Arbeit, dass ein schwacher, schnell ermüdender oder insuffizient arbeitender M. serratus anterior zu Schulterdysfunktionen und zu einem schlechtem glenohumeralen Rhythmus führen kann. Auch Se-yeon, Park und Won-gyu Yoo (2011) geben an, dass bei einer schlecht stabilisierten Schulter, die Bewegungen im Glenohumeralgelenk stark beeinträchtigt sind und die Qualität dieser sehr darunter leidet.

Um die Kraft des M. serratus anterior zu testen gibt es zwei verschiedene Methoden beziehungsweise Ausgangstellungen, in Rückenlage oder im Sitzen. In der Rückenlage wird der Arm vor den Körper gestreckt, er befindet sich dann in 90° Flexion, der/die TherapeutIn gibt axialen Druck auf die Faust und der Getestete muss seinen Arm gegen diesen Druck nach oben schieben können. Die zweite Hand des/der TherapeutIn muss sich dabei auf dem Angulus inferior befinden, um sicher zu gehen, dass die Skapula abduziert. Sollte es zu Ausweichbewegungen des Schulterblattes kommen wird der Test im Sitzen durchgeführt. Dabei befindet sich der Arm des/der ProbandIn wieder ausgestreckt vor dem Körper, nun jedoch zwischen 120° und 130°. Bei diesem Test wird vor allem das Schwenken des Angulus inferior nach lateral untersucht. Der Druck kommt in diesem Test auf den Bereich zwischen Schulter und Ellenbogen, die zweite Hand gibt leichten Druck auf die Margo lateralis. Da die Unterlage, auf der die getesteten Personen liegen verhindert, dass sich der mediale Rand der Skapula vom Thorax abhebt, geratet die Skapula somit nicht in die Flügelstellung. Des Weiteren ermöglichte ein kräftiger M. pectoralis minor, dass das Schulterblatt nach anterior kippt und somit kann der Arm in Flexion, auch gegen den Druck des/die TherapeutIn, gehalten werden. Vergleicht man die Ergebnisse dieses Testes mit jenem bei dem sich der Arm in 120° Flexion befindet und der/die ProbandIn steht, beziehungsweise sitzen, kommt man auf ganz andere Ergebnisse (Kendall u. a., 2009).

Kibler und Sciascia (2010) beschreiben, dass Skapuladyskinesie ein Sammelbegriff für eine sich dysfunktional bewegende Skapula ist. Sie erwähnen drei verschiedene Formen, welche jedoch nicht alleine auftreten müssen. Die erste Form ist gekennzeichnet durch eine abnormale Position der Skapula und einer auffallenden Margo medialis während einer dynamischen Bewegung. Bei der zweiten Form kann man ein Hervorstehen des Angulus inferior und eine zu frühe Elevation der Skapula bei der Abduktion beziehungsweise Flexion des Armes beobachten. Beim Senken des Armes kann man die dritte Form erkennen, hier rotiert die Skapula zu schnell und zu weit nach kaudal.

In vielen westlichen Ländern ist die Anzahl an Personen mit chronischen Nackenschmerzen angesichts ihrer Arbeitssituation stark gestiegen. Ein Grund dafür ist oft der Verlust von Muskelkraft und die eingeschränkte Bewegung im Schultergürtel während des modernen Alltages (Andersen et al., 2014). Die Muskelschwäche hat ihren Ursprung oft durch eine Fehlhaltung oder einer falschen Belastung.

Die Wichtigkeit eines gut trainierten beziehungsweise gut aktivierten M. serratus anterior zeigt sich in der Studie von Andersen, et al (2014). Sie behaupteten, dass es durch die zu hohe Aktivierung des M. trapezius Pars descendens zu einem insuffizienten beziehungsweise schwachen M. serratus anterior kommt, welcher dadurch seine Aufgabe als Schulterblattstabilisator nicht mehr korrekt und physiologisch durchführen kann. Andersen, Andersen, Zebis und Sjøgaard (2014) konnte zeigen, dass gezieltes, selektives Training des M. serratus anterior einen positiven Effekt auf chronische Nackenschmerzen hat. Sie untersuchten zwei verschiedene Übungen, welche ihren Ursprung im Stütz haben, mittels EMG und achteten danach darauf, wie sich die Schmerzangaben der ProbandInnen über die Zeit der Testung veränderten. Die AutorInnen der Studie wählten Übungen aus bei denen sie im EMG erkennen konnten, dass bei diesen speziell der M. serratus anterior und der untere Anteil des M. trapezius, die Pars ascendens beansprucht wurden, jedoch beim oberen Anteil des M. trapezius, die Pars descendens, kaum Aktivität verzeichnet werden konnte. Castelein, Cools, Pralevliet und Cagnie (2016) untersuchten ebenfalls, wie sich die Muskelaktivitäten der Skapulamuskulatur bei Personen mit chronischen Nackenschmerzen verhalten. Das EMG konnte bei den ProbandInnen geringere Muskelaktivität, vor allem im M. trapezius während den verschiedenen Übungen erfassen, als bei gesunden Personen, welche die Studie für den direkten Vergleich testete.

2.3 Therapieansätze zur Kräftigung der Muskulatur

Bei der Maximalkraft handelt es sich um die höchstmögliche Kraft, die man bei maximaler, spontaner Kontraktion aufbringen kann. Für die Erhöhung der Maximalkraft gibt es grundsätzlich drei verschiedene Möglichkeiten. Als erste das Hypertrophietraining bei der einen Vergrößerung des Muskelquerschnitts stattfindet. Dies passiert durch die Zunahme der Myofibrillenanzahl pro Zelle, wobei die Anzahl der Muskelzellen gleichbleibt. Als Myofibrille bezeichnet man die Bau- und Funktionseinheit der Muskelfaser, die in der quergestreiften Muskulatur zu finden ist. Um nun die Myofibrillenanzahl im Gewebe zu erhöhen ist es nötig, dass der Muskel während der Kontraktion nicht durchblutet wird. Dieser Effekt wird erreicht, wenn Kräftigungsübungen mit mehr als 40% des Einwiederholungsmaximums (EWM) durchgeführt werden. Das Einwiederholungsmaximum ist ein bestimmtes Gewicht das bei

einer bestimmten Übung unter Aufbringung voller Kraft nur einmal durchgeführt werden kann. Diese Prozentzahl kann je nach Trainingszustand variieren und sich bis zu 80% steigern. Die vorgesehene Übung wird unter der Berücksichtigung des Prinzips der erschöpfungsbedingten letzten Wiederholung durchgeführt, d.h. nach der letzten Wiederholung ist keine weitere mehr möglich. Als Folge der durch die Kontraktion erreichten Minderdurchblutung kommt es zu einer Verkleinerung des Blutgefäßquerschnitts und einem plötzlichen Blutdruckanstieg. Zusätzlich wird durch die entstehende Pressatmung der Blutfluss zum Herz reduziert. Um ein optimales Ergebnis zu erreichen, sollte die Erschöpfung zwischen der 10 und 15 Wiederholung auftreten. Um den Umfang des Trainings zu steigern wird nicht die Wiederholungsanzahl erhöht, sondern die Zahl der Sätze. Eine zusätzliche Methode ist die Verbesserung der intramuskulären Synchronisation. Bei dieser Trainingsmethode wird keine äußerliche Veränderung des Muskels, sondern lediglich eine Erhöhung der gleichzeitig aktiven motorischen Einheiten erreicht. Dabei wird mit einer sehr niedrigen Wiederholungszahl (maximal zwei Wiederholungen) gearbeitet. Um das Prinzip der ermüdungsbedingt letzten Wiederholung aufrecht zu erhalten wird mit einem EWM von 95-100% trainiert. Durch die niedrige Wiederholungsanzahl ist die Dauer zu gering um eine Hypertrophie auszulösen, daher entspricht das Training einem muskulären Lernprozess. Des Weiteren besteht die Möglichkeit des Hyperplasie Trainings. Bei dieser Methode wird ebenfalls eine Vergrößerung des Muskelquerschnitts erreicht jedoch durch eine Erhöhung der Anzahl an Muskelzellen. Diese Form des Krafttrainings ist bei vereinzelt ProfisportlerInnen relevant, spielt jedoch in der Rehabilitation nur eine sehr geringe Rolle (Tomasits & Haber, 2016).

2.4 Muskelaktivitätsprofile bei verschiedenen Übungen

Um den M. serratus anterior zu trainieren spielt der sogenannte Push-up plus in der Rehabilitation eine wichtige Rolle. Gioftsos, Arvanitidis, Tsimouris, Kanellopoulos, Paras, Triggas, Sakellari (2016) untersuchten, wie sich die Muskelaktivität des M. serratus anterior während eines Push-up plus, auf einer stabilen beziehungsweise instabilen Unterlage, welche durch ein Wackelbrett simuliert wurde, unterscheidet. Sie bemerkten, dass die Muskelaktivität des M. serratus anterior nicht abhängig von der Unterlage ist. Jedoch wurden unterschiedliche Werte gemessen, wenn die Stellung der Hände geändert wird. Die höchste Aktivität wurde gemessen, wenn sich die Finger parallel auf der Unterlage befinden. In der Studie von Horsak, Kiener, Pötzelsberger und Siragy (2017) wurde ebenfalls untersucht, wie sich die Muskelaktivität des M. serratus anterior bei einem Push-up plus verhält, wenn er auf stabilen beziehungsweise auf instabilen Unterlagen durchgeführt wird. Die instabile Ausgangstellung wurde durch einen Slingtrainier oder eine Airexmatte ermöglicht. Da ein

gut ausgeführter Push-up für die Bevölkerung oft nur sehr schwer durchführbar ist, entschieden sie sich bei ihrer Studie, einen sogenannten Knee Push-up, bei dem die ProbandInnen ihre Knie ablegen, um so Gewicht zu reduzieren, zu untersuchen. Jedoch konnte kein signifikanter Unterschied an der selektiven Aktivität des M. serratus anterior gemessen werden. Auch Park und Yoo (2011) untersuchten, welchen Unterschied es macht, wenn man Push-ups auf einer stabilen oder instabilen Unterlage durchführt. Sie fanden heraus, dass der Push-up auf stabilen Unterlagen den M. serratus anterior besser trainiert (Park & Yoo, 2011). Park und Yoo (2011) untersuchten in ihrer Studie inwiefern sich die verschiedenen Anteile des M. serratus anterior in ihrer Aktivität unterscheiden, wenn der Push-up plus auf stabilen beziehungsweise auf instabilen Unterlagen durchgeführt wird. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass der untere Anteil des Muskels, die sogenannte Pars inferior, eine deutlich höhere Aktivität aufzeigt, wenn die Übung auf einer instabilen Unterlage durchgeführt wird. Es wird angenommen, dass bei Bewegungen auf dieser Unterlage mehr muskuläre Aktivität erforderlich ist um das Gelenk zu stabilisieren. Des Weiteren fanden sie heraus, dass die Aktivität des aufsteigenden Anteils des M. serratus anterior, die Pars superior, bei der Abwärtsbewegung, das heißt beim Zurückführen in die Ausgangsstellung, deutlich höher ist, als bei der Bewegung von der Ausgangsstellung in die Endstellung.

Wenn man nun die Studie von Horsak et al. (2017), Gioftsos et al. (2016) und die Studie von Park und Yoo (2011) miteinander vergleicht, wird bemerkt, dass sie auf verschiedene Ergebnisse bei der selektiven Muskelaktivierung kommen. Auf Grund der vorangegangenen Literatur sollte in kommenden Studien untersucht werden, wie sich der Push-up plus auf einer stabilen Unterlage, zu anderen Übungen für den M. serratus anterior verhält. In der Literatur findet man auch Übungen welche nicht im Stütz stattfinden und trotzdem den M. serratus anterior trainieren.

Park, Cynn, Yi und Kwon (2012) untersuchten, welche signifikanten Ergebnisse durch das Elektromyogramm (EMG) gefunden werden können, wenn man den Serratus anterior mit drei verschiedenen Therabandübungen trainiert und welche Auswirkungen sie auf die Pathologie Skapula alata haben. Sie untersuchten dabei Übungen welche in der horizontalen Abduktion stattfanden, eine in 90 Grad Flexion, eine in der Skaptionsebene, und einem Push-up plus, welcher gegen eine Wand durchgeführt wurde. Bei der Skaptionsebene befindet sich der Arm zwischen der Flexion und der Abduktion, also in 30° Adduktion. In dieser Stellung liegt der Humeruskopf am physiologischsten in der Cavitasglenoidale und ist somit funktionell und physiologisch am besten verwendbar. Erschwert wurden diese Übung, wie schon erwähnt, durch ein Theraband. Bei der Skaptionsebene befindet sich der Arm zwi-

schen der Flexion und der Abduktion. In dieser Stellung liegt der Humeruskopf am physiologischsten in der Cavitasglenoidale und ist somit funktionell und physiologisch am besten verwendbar. Diese Ebene wird im Alltag öfter verwendet als eine reine Flexion beziehungsweise Abduktion (Hislop & Montgomery, 2007). Sie erkannten, dass diese Übungen den Muskel laut Elektromyographie (EMG) sehr gut anspielten, vor allem, wenn sich die Arme dabei in Flexionsstellung befinden. Außerdem bemerkten sie auch, dass sich diese Übung sehr gut dazu eignet, um den M. serratus anterior isoliert zu trainieren ohne dabei den meist zu starken M. pectoralis major zu aktivieren.

Carvalho, Caserotti, Carvalho, Abade und Sampaio (2014) verglichen die Muskelaktivitätsprofile der Knieextensoren, in zwei verschiedenen Gruppen mit einander. Die erste Gruppe trainierte acht Wochen lang mit einer konzentrischen Übung, in der zweiten Gruppe mussten die ProbandInnen acht Wochen lang ein exzentrisches Trainingsprogramm aktivieren. Sie kamen auf das Ergebnis, dass beide Trainingsprogramme sowohl die Peak als auch die Meanwerte der EMG Messungen erhöhen konnten. Jedoch konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Übungen bemerkt werden.

In dieser Arbeit wurden die oben genannten Übungen miteinander verglichen. Es wurde untersucht, welche der drei Übungen laut EMG Messung, die höchste selektive Aktivierung des M. serratus anterior bewirkt. Des Weiteren ist untersucht worden, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen der konzentrischen und der exzentrischen Phase gibt.

Betrachtet wurden der Push-up plus, eine isometrische, horizontale Abduktion mit einem Theraband und eine aktive unilaterale Protraktion der Schulter. Die Frage die sich daraus stellt ist, mit welcher Übung wird der M. serratus anterior laut EMG am besten angesprochen, um eine Schwäche oder Insuffizienz vermeiden zu können.

Nach dem Ende der Literaturrecherche wurde ein Paper von Kim, Yun und Lee (2017) veröffentlicht. Sie untersuchten den Unterschied in der Muskelaktivierung des M. serratus anterior, wenn man während eines Knee Push up plus ein Bein streckte und somit von der Unterlage abhob. Es wurde bemerkt, dass durch die weiterlaufende Spannung und die damit verbundene Gleichgewichtsreaktion, welche durch die Extension im Hüftgelenk verursacht wird, der M. serratus anterior die Skapula besser stabilisieren muss und dadurch mehr Muskelaktivität aufweist.

3 Forschungshypothesen

Bisher gibt es keine Studien, die zeigen können, welche Unterschiede es bei der selektiven Muskelaktivierung des M. serratus anterior gibt, wenn man den Push-up plus mit Übungen vergleicht, in welcher sich die Testpersonen nicht in einem Stütz befinden. Verglichen wird er mit zwei verschiedenen Übungen. Bei der Ersten befinden sich die Arme des/der ProbandIn in einer horizontalen Flexion Die Aufgabe besteht darin, ein sich zwischen den Händen befindendes Theraband auf Spannung zu bringen, indem sich die Arme zur Seite bewegen und sich so voneinander entfernen. Bei der zweiten Übung liegt die Testperson in Rückenlage und sie schiebt ihren Arm, welcher sich in 90° Flexion befindet, nach oben. Dadurch muss es im Schulterblatt zu einer Abduktion kommen. Erschwert wird diese Übung durch eine Hantel.

Ein gut ausgeführter Push-up stellt die Population oft vor Schwierigkeiten, vor allem in der Rehabilitation. Auch Veränderungen der Ausgangspositionen, welche die Durchführung vereinfachen, wie zum Beispiel durch Knien, können Schwierigkeiten darstellen. PatientInnen könnten Probleme damit haben, die benötigte muskuläre Stabilisation im Rumpfbereich, welche während einer Stützübung benötigt wird, aufrecht zu erhalten. Die Körperabschnitte Lendenwirbelsäule und Becken können nicht mehr in der Körperlängsachse gehalten werden und sinken Richtung Unterlage ab. Durch diese Ausweichbewegungen, kann der Trainingseffekt, welcher von dieser Übung erwartet wird, nicht erreicht werden. Aus diesem Grund sollte man als TherapeutIn auch über Übungen Bescheid wissen, welche den Personen das selektive Muskeltraining der M. serratus erleichtern und vor geringere Anforderungen stellen.

Das Hauptziel dieser Arbeit war es heraus zu finden, ob es Unterschiede in der Muskelaktivität zwischen der aktiven Protraktion, dem Push-up plus und der horizontalen Abduktion gibt, beziehungsweise bei welcher der M. serratus anterior am meisten Aktivität, welche durch das EMG gemessen wird, zeigt.

Wie schon Andersen et al. (2014) in ihrer Studie beschrieben haben, kann ein Training des M. serratus anterior zu einer Verbesserung der Schmerzwahrnehmung bei chronischen Nackenschmerzen führen, jedoch muss darauf geachtet werden, dass der obere Anteil des M. trapezius, die pars descendens, durch die Übungen nicht belastet wird. Deshalb ist das zweite Hauptziel heraus zu finden, bei welcher der getesteten Übungen die Pars descendens des M. trapezius am wenigsten aktiviert wird und die geringste Muskelaktivität am EMG aufzeigt.

Ein Nebenziel dieser Studie ist es, herauszufinden, ob es einen Zusammenhang zwischen der gemessenen Muskelaktivität im M. serratus anterior und dem M. trapezius und dem subjektiven Anstrengungsgefühl der Probanden gibt. Die subjektive Anstrengung welche während der Durchführung der drei verschiedenen Übungen empfunden wird, wird mittels OMNI Skala gemessen.

Die erste Hypothese dieser Arbeit lautet, dass es signifikante Unterschiede bei der Muskelaktivität des M. serratus anterior, in den drei untersuchten Übungen geben wird. Dadurch, dass der Push-up plus in einigen Studien, wie zum Beispiel in der von Horsak et al. (2017) und von Park und Yoo, getestet worden ist, wird davon ausgegangen, dass er die höchste Muskelaktivität aufzeigen wird.

Die zweite Hypothese lautet, dass die gemessenen EMG-Daten keinen signifikanten Unterschied, zwischen der konzentrischen und der exzentrischen Aktivierung, des M. serratus anterior, aufzeigen. Carvalho et al. (2014) untersuchten welchen Unterschied es macht, wenn man ein konzentrisches mit einem exzentrischen Trainingsprogramm vergleicht. Sie konnten erkennen, dass beide Trainingsmethoden die Muskelaktivität steigern können und dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den zwei verschiedenen Trainingsprogrammen gibt.

Die dritte Hypothese lautet, dass sich die Muskelaktivierung des pars descendens des M. trapezius signifikant in den drei verschiedenen Übungen unterscheiden wird. In der Studie von Andersen et al. (2014) in der untersucht wurde, wie sich selektives Krafttraining des M. serratus anterior auf chronische Nackenschmerzen auswirken. Das Ziel war herauszufinden welche Übung den M. serratus anterior am besten anspricht, während die Aktivität im M. trapezius so gering wie möglich ausfällt. Die Ausgangstellungen der beiden untersuchten Übungen hatten beide ihren Ursprung im Stütz. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass die Muskelaktivierung des Pars descendens des M. trapezius, während des Push-up plus am geringsten ist, verglichen zu der aktiven Protraktion und zur horizontalen Abduktion.

4 Elektromyographie

Das Verwenden der Elektromyographie (EMG) zur Beurteilung einzelner Muskeln und deren Aktivität ist sowohl in der Sportmedizin als auch im Bereich der Rehabilitation eine mittlerweile etablierte Methode. Dieses Verfahren zeichnet die Veränderung der elektrischen Potentiale an der Muskelfasermembran auf, mit der wiederum der Kontraktionszustand der Skelettmuskulatur ermittelt werden kann.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei verschiedene Arten von EMG Geräten. Das klinische EMG dient hauptsächlich der Diagnose von Erkrankungen der Muskulatur und des peripheren Nervensystems. Das kinesiologische EMG dient vor allem der Erfassung und Verarbeitung von Zusammenhängen zwischen Muskelaktion und Kräften der Willkürmotorik. Bei einem kinesiologischen EMG werden in der Regel Oberflächen- oder Klebeelektroden verwendet. Anders als beim klinischen EMG bei dem vor allem Draht- und Nadelelektroden verwendet werden.

Eine messbare Aktivität eines bestimmten Muskels kann nur dann gemessen werden, wenn eine neurale Aktivierung einer motorischen Einheit stattfindet (Schünke et al., 2014). Eine motorische Einheit besteht aus allen Muskelfasern, die von einer motorischen Nervenfaser innerviert werden. Umso weniger Muskelfasern in einer motorischen Einheit vorhanden sind, umso genauer kann eine bestimmte Muskelgruppe angesteuert werden. Daher kann man zwischen kleinen motorischen Einheiten mit Großteils schnell ansteuerbaren Muskelfasern, wie beispielsweise die Finger und Handmuskulatur und großen motorischen Einheiten mit überwiegend langsam ansteuerbaren Muskelfasern, wie beispielsweise die Gesäß- und Rumpfmuskulatur, unterscheiden. Durch eine willkürliche Aktivierung eines motorischen Nervs wird die Ausschüttung der Transmittersubstanz Acetylcholin angeregt. Dies wiederum führt an der motorischen Endplatte zur Erzeugung eines Aktionspotenzials an der Muskelfasermembran. Abhängig von dem Ausmaß der Kontraktion kann eine Frequenz von bis zu 120 Hertz (Hz) erzeugt werden. Diese entstandene Frequenz wird von der Muskelfasermembran fortgeleitet und führt je nach Intensität zu einer Einzelzuckung oder einer tetanischen Kontraktion der Myofilamente. Mit den am Muskelbauch angebrachten Elektroden des EMGs kann somit die Potentialänderung, welche durch ein Weiterleiten von Aktionspotenzial an die Muskelfasermembran entstanden ist, aufgezeichnet werden. Das vom EMG aufgezeichnete Signal zeigt die Summe aller Aktionspotentiale der angesteuerten motorischen Einheiten an.

Das vom EMG Gerät ausgegebene Signal bezeichnet man als Interferenzsignal. Bei diesem Interferenzsignal handelt es sich um alle von den Elektroden erfassten Aktionspotentiale der zuvor angesteuerten motorischen Einheiten. Die gemessenen Aktionspotentiale werden elektrisch überlagert und als bipolares Signal mit symmetrischer Verteilung sowohl positiver als auch negativer Signalamplituden aufgezeichnet. Die beiden bedeutendsten Faktoren des EMG Signals, bezogen auf Dichte und Höhe, bezeichnet man als Rekrutierung und Frequenzierung der motorischen Einheiten. Diese beiden Faktoren beeinflussen somit auch die Dosierung des Kontraktionsprozesses und den dadurch messbaren Kraft-Output. Die erste ungefilterte bipolare Aufzeichnung des EMG Signals wird Roh-EMG genannt. In der Ruhephase zwischen den Kontraktionen sollte idealerweise eine total flache Nulllinie zu sehen sein. Diese Nulllinie ist stark von der Qualität des Verstärkers, externen Störsignalen und der zuvor durchgeführten Hautvorbereitung abhängig. Idealerweise sollte das Nulllinienrauschen die Grenze von 5 Mikrovolt nicht überschreiten. Das Betrachten der Nulllinie ist ein wichtiger Punkt in der Interpretation des EMG Signals, da Schwierigkeiten mit dem EMG Gerät nicht als erhöhter Muskeltonus oder Nullaktivität interpretiert werden dürfen. Grundsätzlich gilt, dass ein aufgezeichnetes EMG Signal nicht ident wiederholt werden kann. Das liegt einerseits am sich ständig ändernden Muskelquerschnitts und dem dazugehörigen Set der Motorischen Einheiten.

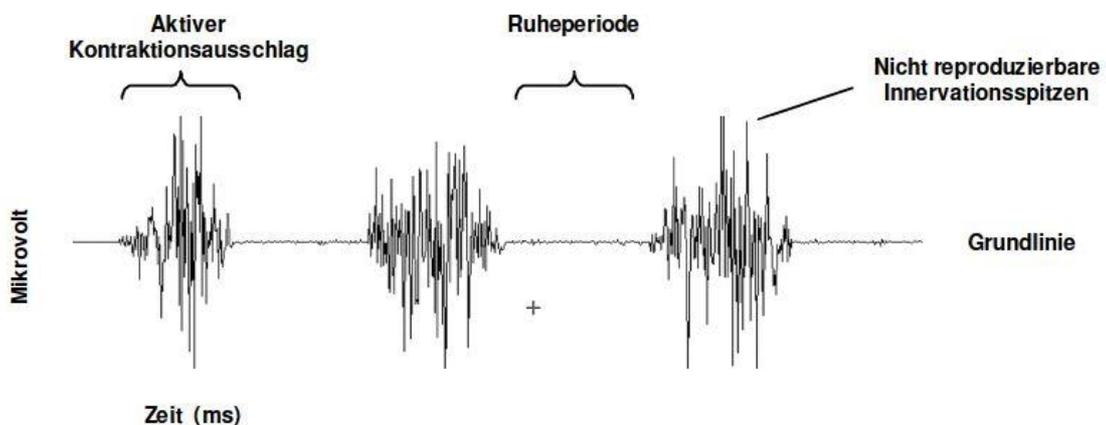


Abbildung 1: Roh-EMG Signal (Konrand, 2011)

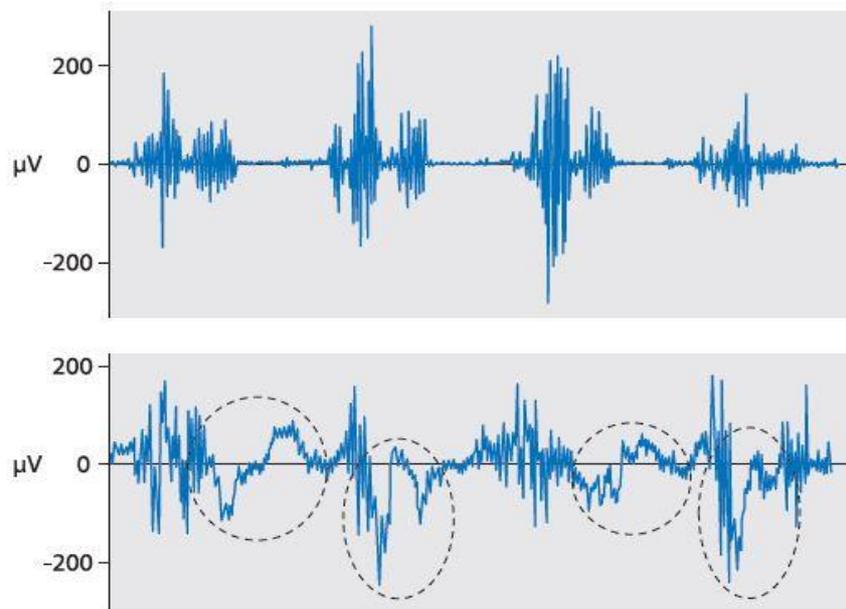


Abbildung 2: Artefakte der EMG Messung (Grigereit et al. 2003)

Bevor ein EMG Signal quantitativ interpretiert werden kann muss es auf Störungen kontrolliert werden. Artefakte können unter anderem durch Bewegungen der Elektroden auf der Haut oder durch einen schlechten Kontakt der Elektrode entstehen. Zusätzlich ist zu beachten, dass von der Muskelfasermembran bis zu den Elektroden mehrere Beeinflussungsfaktoren die Messung verfälschen können. Dazu gehören unter anderem die individuellen Gewebeeigenschaften, wie Gewebedicke und Temperatur eines jeden einzelnen Körpers (Grigereit u. a., 2003). Des Weiteren ist der physiologische Crosstalk ein Faktor der EMG-Messungen verfälschen kann. Dabei werden EMG Signale von der benachbarten Muskulatur zusätzlich zu dem eigentlichen Muskel mitaufgenommen. Vor allem bei Muskeln des oberen Rumpfes und der Schulter besteht die Möglichkeit, dass EKG Artefakte die Messung mit beeinflussen. Diese sind jedoch leichter zu erkennen und können durch eine einfache Bearbeitung eliminiert werden. Üblicherweise ist zwischen Elektrode und dem eigentlichen EMG Gerät ein EMG Verstärker zwischengeschaltet. Dieser fungiert als Differenzialverstärker, dessen Hauptaufgabe darin besteht Artefakte zu unterdrücken. Um das gemessene EMG Signal auf Papier zu bringen ist es zuvor nötig den analogen Messstrom in ein digitales Signal zu konvertieren. Dieses Verfahren bezeichnet man als A/D Konvertierung. Eine erste Möglichkeit das gemessene Signal zu quantifizieren ist das Auszählen der Nulldurchgänge (zerocrossings), Signalspitzen (peaks) und Richtungsänderungen (turns). Die Basis für die Analyse von kinesiologicalen EMG Signalen bezeichnet man als gleichgerichtetes EMG. Dabei werden alle negativen Signalanteile invertiert, vereinfacht gesagt

nach oben geklappt. Verdeutlicht wird dies in Abbildung drei. Um nun wie in dieser Forschungsarbeit beschrieben die Aktivität eines bestimmten Muskels in verschiedenen Ausgangssituationen zu vergleichen, müssen (Grigereit u. a., 2003) spezielle Normierungsverfahren angewendet werden. Für die Bestimmung der Aktivitätshöhe wird grundsätzlich die einfache Mittelwertbildung angewendet. Eine weitere Möglichkeit bietet die Berechnung mittels Effektivwert (Root Mean Square Wert). Dabei wird die Wurzel des Mittelwerts der zuvor quadrierten Amplitudenwerte berechnet. Wird nun ein Muskel auf seine Aktivität gemessen, wird eine metrische Skala verwendet um die EMG Amplitude zu berechnen. Dadurch, dass die von dem Original-EMG ausgegebenen Daten von den stark variierenden Ableitbedingungen beeinflusst werden, ist es im Vorhinein nötig eine Reskalierung zu einem Prozentwert vorzunehmen. Dafür verwendet man üblicherweise die Maximal Voluntary Contraction (MVC) Methode. Diese Methode wird als Standardverfahren vor der Messung empfohlen und ist in dem Kapitel Messkette genauer erläutert. Aus dem gemessenen EMG Signal wird anschließend die höchste Aktivität und die durchschnittliche Belastung berechnet und miteinander verglichen. Nach der Erfassung des EMG Signals muss die entstandene Kurve mittels Tiefenpassfilterung geglättet werden. In diesem Zusammenhang spricht man von einer Hüllkurvenbildung oder von der Signalglättung. Dabei wird mittels gleitender Mittelwertbildung bei zuvor bestimmten Kurvenabschnitten die mittleren Amplituden bestimmt. Das Ergebnis dieses Verfahrens ist ein bestimmter Verlauf der Muskelaktivität in geglätteter Form und nennt sich Hüllkurvenbildung (Grigereit u. a., 2003).

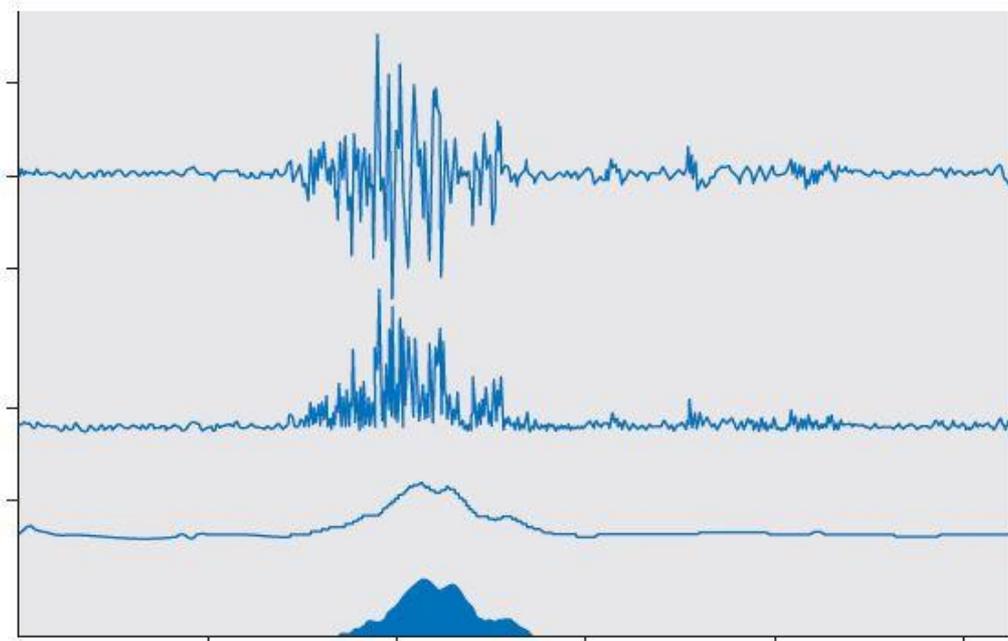


Abbildung 3: Roh-EMG Signal, Gleichrichtung des EMG Signal, geglättetes Signal mittel Hüllkurve (Grigereit u. a., 2003)

Die erste Kurve zeigt ein Roh EMG Signal einer üblichen Muskelkontraktion, bei der zweiten Kurve wurden die negativen Messwerte bereits gleichgerichtet, die dritte Kurve wurde mittels Tiefenpassfilterung geglättet

Grundsätzlich gilt, dass mit jeder Signalglättung auch ein Informationsverlust einhergeht. Daher sollten zeitliche Daten, wie beispielsweise der Aktivitätsbeginn und der Aktivitätsstop, aus der gleichgerichteten EMG-Messung interpretiert werden. Jedoch sind geglättete EMG Kurven die Basis für Zeitnormierungsverfahren (Grigereit u. a., 2003). Solche Zeitnormierungsverfahren sind auf Grund von signifikanten Differenzen zwischen den einzelnen Wiederholungen nötig. Grund dafür sind vor allem das koordinative Zusammenspiel von Agonist Antagonist und Synergisten. Dieses Zusammenspiel wird auch als koordinative Variabilität bezeichnet. Aus diesem Grund wird auch empfohlen, dass bis zu 30 Wiederholungen einer bestimmten Übung aufgezeichnet und anschließend aufbereitet und interpretiert werden sollen. Auf Grund dessen, dass es unmöglich ist eine Wiederholung exakt zu reproduzieren ist es nötig die zeitlich voneinander abweichenden Zyklen zu Mitteln. Das dafür übliche Konzept teilt jede einzelne Wiederholung in 100 Intervalle (Konrand, 2011). Somit weist jede Wiederholung dieselbe Anzahl an Abschnitten auf und kann anschließend gemittelt werden. Basierend auf diesem Konzept wird jede Wiederholung zu einer gemittelten Kurve inklusive Standardabweichung, verbildlicht in Abbildung vier. Die Standardabweichung weist die Variabilität der Wiederholungen auf. Umso größer der Bereich der Standardabweichung ist, umso schlechter war die zuvor durchgeführte Teststandardisierung. Zusätzlich hat dieses Verfahren den Vorteil, dass die EMG Kurve leichter lesbar wird.

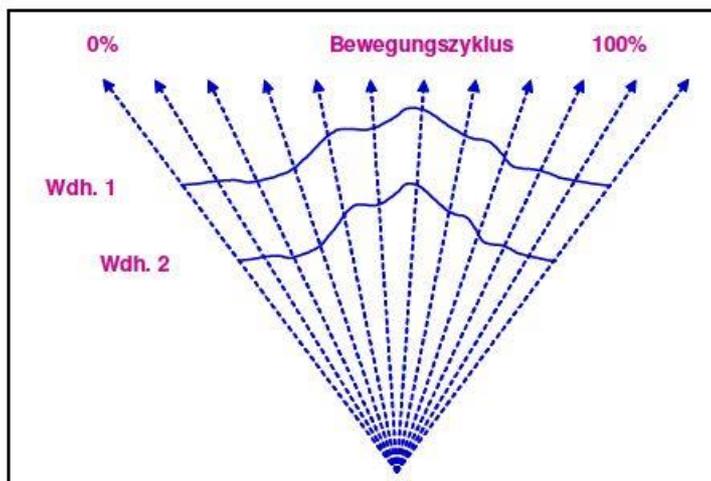


Abbildung 4: Zeitnormalisierung eines Bewegungszyklus (Konrand, 2011)

5 Methodik

5.1 Probandenrekrutierung

Um genügend Probanden für diese Arbeit zu finden gab es eine öffentliche Ausschreibung. Es wurde eine e-Mail an die Studenten der Fachhochschule St. Pölten gesendet, genauer gesagt wurden nur Studierende des Studiengangs Physiotherapie kontaktiert. In dieser E-Mail wurde erklärt wie die Messungen durchgeführt werden, welche Ergebnisse erhofft werden, wie das Ziel definiert ist und welche Ein- und Ausschlusskriterien es gibt. Des Weiteren wurde ein Link mitgesendet, mit Hilfe dieser Homepage konnten sich die Probanden dann für einen passenden Termin eintragen.

Die Einschlusskriterien für diese Studie waren das Alter, das Geschlecht und der allgemeine Gesundheitszustand. Die Teilnehmer mussten zwischen 18 und 45 Jahre alt sein. Ein allgemeinkörperlicher gesunder Zustand sollte vorhanden sein. Die Probanden mussten in der Lage sein die drei Übungen korrekt und kontrolliert durchzuführen. Das heißt es musste ihnen möglich sein, drei Sätze zu je fünf Wiederholungen auszuführen. Bei dieser Studie wurden nur männliche Probanden gemessen. Um die verschiedenen Muskelaktivitätsprofile des M. serratus anterior, mittels EMG messen zu können, müssen auf der Haut des Getesteten Elektroden angebracht werden. Diese befinden sich im Fall des M. serratus anterior sehr nahe am Brustbereich. Da ein Büstenhalter (BH) genau auf dieser Elektrode aufliegt und dies zu Messfehlern führen würde, können Frauen an dieser Studie nicht teilnehmen. Anomalien im Bereich des Schultergürtels und der Halswirbelsäule (HWS) und Operationen an der HWS und dem Schultergürtel, deren Durchführung in den vergangenen sechs Monaten stattfand, waren Ausschlusskriterien. Des Weiteren durften die Probanden keine Herz-Kreislauf- oder pulmonale Erkrankungen haben, da diese ein zu großes Risiko darstellen würden.

Ein Proband konnte nicht an der Messung teilnehmen, weil er am Tag der Untersuchung starke Schmerzen (VAS 8/10) im Schultergelenk angab.

Ausschlusskriterien:

- Schmerzen im Schulter und HWS Bereich
- Operationen in diesen Bereichen, welche Auswirkungen auf den Skapulathorakalen Rhythmus haben
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen
- Pulmonale Erkrankungen
- Verletzungen welche Auswirkungen auf den Skapulathorakalen Rhythmus haben

- Über 45 oder unter 18 Jahren alt

Einschlusskriterien:

- Männer
- Körperliche Fähigkeit die Übungen ausführen zu können
- gesunde Personen

Durch diese Kriterien konnte man davon ausgehen, dass nur gesunde Personen an dieser Studie teilnehmen, wodurch Einflüsse, welche die Ergebnisse verfälschen könnten, verkleinert wurden. Um an dieser Studie teilnehmen zu können, durfte bei den Proband kein Ausschlusskriterium auftreten beziehungsweise vorhanden sein.

5.2 Studienprotokoll

Die Messung dauerte pro Proband zwischen 40 und 60 Minuten. Begonnen wurde damit, ein Datenblatt auszufüllen, bei dem neben Basisdaten, wie Name, Alter, Adresse, Gewicht, Größe und Hobbies auch abgeklärt wurde ob es Erkrankungen bzw. Trauma im Schulter und/oder Thoraxbereich gibt, beziehungsweise gegeben hat, ob es Operationen in der Vergangenheit gab und welche sportlichen Aktivitäten der Proband ausübt. Anschließend wurde die Haut auf die EMG Messung vorbereitet. Die Probanden wurden an den Stellen, an denen später Elektroden angebracht wurden, rasiert und gereinigt. Wie bereits im Kapitel Elektromyographie beschrieben gibt es für jeden Muskel der mittels EMG gemessen wird eine Möglichkeit diesen zu palpieren und ihn mit einer Messelektrode zu versehen. Die geeigneten Stellen wurden mit Hilfe eines hautverträglichen Stiftes markiert.

Um bei der Untersuchung Verletzungen vorzubeugen, mussten die Probanden ein fünfminütiges Aufwärmprogramm durchführen. Dabei saßen sie auf einem Fahrradergometer, und traten mit mindestens 50 Wiederholungen pro Minuten. Nach drei Minuten wurde damit gestartet die Gelenke der oberen Extremität in folgender Reihenfolge zu bewegen:

1. Flexion/Extension der Finger
2. Pronation/Supination der Unterarme
3. Flexion/Extension der Ellenbogen
4. Abduktion/Adduktion der Schultergelenke

Diese Bewegungen wurden für je 30 Sekunden durchgeführt.

Danach kam es zur MVC Messung um die maximale Muskelaktivität des M. serratus anterior herauszufinden.

Anschließend wurde damit begonnen den Probanden die verschiedenen Übungen einzulernen damit sie während der Testung die beste Leistung bringen können. Nachdem sie die Übungen erlernt hatten und wussten in welchem Zeitintervall die einzelnen Bewegungen auszuführen sind, begannen die Probanden mit den Übungen, welche ihnen in randomisierter Reihenfolge zugeteilt worden waren. Während den einzelnen Übungen hatten sie jeweils zwei Minuten Pause. Wenn die getesteten Personen die drei Übungen absolviert hatten, waren die Messung für sie beendet. Den Probanden wurden dann nur noch die Elektroden entfernt. Mit Beendigung der Messungen, konnte mit der Datenauswertung begonnen werden.

5.3 Die Übungen

Um sicher zu gehen, dass die Ausgangstellungen und die Umweltfaktoren für alle Probanden gleich sind, war es besonders wichtig, alle Übungen mit dem gleichen Tempo und Rhythmus durchzuführen. Dazu wurde ein Metronom zu Hilfe genommen. Den Probanden wurde bei den Probedurchgängen beigebracht, zu jedem Laut, welches das Metronom von sich gibt, eine Bewegung auszuführen. Der Hauptgrund des Timings war, dass man den Start und den Stopp einer Bewegung genau definiert, außerdem konnte man dadurch eine Verfälschung des Mittelwerts vermeiden. Eine Verfälschung würde durch eine fehlerhafte Ausführung auftreten. Durch die Taktung der drei verschiedenen Übungen mit Hilfe des Metronoms, konnte man diese besser in exzentrische und konzentrische Phasen einteilen, um diese Phasen dann miteinander zu vergleichen und zu erkennen ob es signifikante Unterschiede gab. Die bei der EMG Messung verwendete Software MYO RESEARCH 3.9 der Firma NORAXON konnte sich das gesetzte Metronom speichern und setzte automatisch Marker auf der EMG-Linie. Diese Marker ermöglichten ein einfaches und rasches erkennen der exzentrischen und konzentrischen Phase. Die Einheit in welcher der Takt erfolgt war mit Beats per Minute (bpm) festgelegt. Eine immer gleiche Reihenfolge der Übungen könnte ebenfalls die Ergebnisse verfälschen und einen systematischen Fehler darstellen. Es hätte passieren könnten, dass die Probanden nach der ersten oder zweiten Übung nicht mehr so viel Kraft aufbringen können, wodurch die Muskelaktivität dann während der letzten getesteten Bewegung nicht mehr so hoch ist. Aus diesem Grund werden die Reihenfolgen für jeden einzelnen Probanden randomisiert, dies mit dem Programm Randomizer.org.

5.3.1 Der Push-up Plus

Der Push-up ist die bekannteste Kraftübung, welche in einer geschlossenen Kette ausgeführt wird, für den Oberkörper. Es ist eine einfache Übung zur Stärkung der Muskulatur in

und um die Schulter. Sie wird oft in der Rehabilitation und zur Verbesserung von Schulterdysfunktionen eingesetzt (Jung & Cho, 2015). Um speziell den M. serratus anterior zu trainieren, ist es wichtig den Thorax nach posterior zu schieben. Bei einem üblichen Push-up ist die Ausgangsstellung, wenn die Schulterblätter flach auf dem Thorax aufliegen und dieser zusammen mit dem Becken und dem Femur eine Linie bildet. Bewegt man den Thorax aus dieser Stellung nach posterior, sozusagen gegen die Schwerkraft, spricht man von einem Push-up Plus.

Um für alle Probanden dieselben Ausgangstellungen und Ausgangslagen gewährleisten zu können, ist es wichtig eine genaue Ausgangsstellung zu definieren. Da ein Stütz, welcher durch die Handflächen und den Füßen gebildet wird, für PatientInnen in der Rehabilitation oft sehr schwierig zu halten ist und dadurch auch eine saubere und korrekte Wiederholung des Push-ups nicht ermöglicht, wird diese Position oft vereinfacht indem man sie die Knie ablegen lässt. Dadurch verkleinert sich der Hebel und die Patientinnen müssen weniger Gewicht mit ihrem Rumpf halten und stabilisieren.

In der Ausgangsstellung sind die Knie hüftbreit und haben Kontakt mit dem Boden. Um Knieschmerzen zu vermeiden befinden sie sich auf einer etwa fünf Zentimeter hohen Schaumstoffmatte der Firma Airex. Der Winkel zwischen Oberschenkel und Boden beträgt 45° , welcher mittels eines Goniometers gemessen wird. Die Füße sind aufgestellt und die Zehen berühren die Unterlage. Der Thorax und der Kopf befinden sich in Verlängerung der Oberschenkel, also in Körperlängsachse. Die Arme befinden sich unter den Schultergelenken, die Ellbogen sind gestreckt. Die Hände haben schulterbreit Kontakt mit der Unterlage, dabei schauen die Daumen zu einander und die restlichen vier Finger nach vorne.

In der Endstellung dieser Übung befinden sich die Schultern in maximaler Protraktion und die Brustwirbelsäule hat sich nach posterior bewegt. Um diese Stellung ermöglichen zu können muss es zu einer leichten Flexion in den Hüftgelenken kommen.

Damit die ProbandInnen wissen, wann sie die Endstellung erreicht haben, wird vor der Messung ein Probedurchgang durchgeführt um das maximale Bewegungsausmaß zu erkennen. In dieser Stellung wird danach ein Balken montiert, welchen die getesteten Personen danach bei jeder Übung mit ihrer Brustwirbelsäule berühren müssen.

Damit die Probanden die Übung im richtigen Tempo durchführen, wird die Bewegungsabfolge mittels akustischen Signalen zeitlich eingeteilt.

Folgendermaßen ist der zeitliche Ablauf der Messung für diese Übung:

1. Signal: Schulterblätter sind vom Thorax abgehoben und bilden keine Linie mit dem Thorax, die Brustwirbelsäule hängt durch
2. Signal: Schulterblätter bilden eine Linie mit dem Thorax
3. Signal: Bewegen in die Endstellung
4. Signal: Pause
5. Signal: erneutes Durchführen der Bewegung, angefangen mit dem Bewegen in die Endstellung

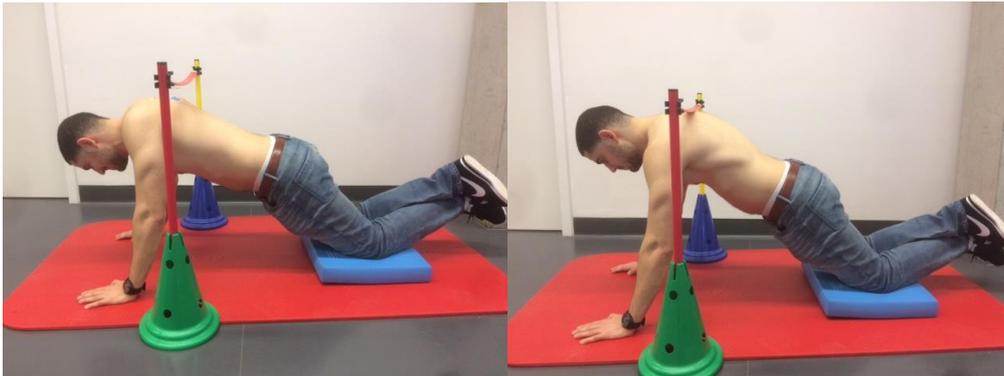


Abbildung 5: Rechts-Ausgangsstellung Push-up Plus, Links-Endstellung Push-up Plus

5.3.2 Isometrische Horizontale Abduktion

Park et al. (2012) untersuchten in ihrer Studie die Muskelaktivität des M. serratus anterior während einer isometrisch gehaltenen, horizontalen Abduktion des Schultergelenkes, in drei unterschiedlichen Ausgangstellungen. Sie erkannten, dass diese Übungen den Muskel laut EMG sehr gut anspielten, vor allem wenn sich die Arme dabei in Flexionsstellung befinden. In der Ausgangsposition, in welcher sich die ProbandInnen während der Übungen befinden, nehmen sie einen hüftbreiten Stand ein, die Knie sind leicht gebeugt um einen guten Stand zu garantieren. Der Oberkörper ist aufgerichtet und an einer Wand angelehnt. Um für alle Probanden dieselben Ausgangstellungen zu definieren und statistische Fehlerquellen zu vermeiden, wird die Flexion erneut mit Hilfe eines Goniometers gemessen. Dabei muss diese sich 130° befinden. Die Arme und Ellenbogen befinden sich dabei schulterbreit gestreckt vor dem Körper, der Unterarm und das Handgelenk in neutraler Position. Neben den Probanden findet man beidseitig zwei Holzbalken für die horizontale und vertikale Orientierung. Ein Theraband wird verwendet um mehr Spannung auf den M. serratus anterior zu bringen und dadurch die Ausführung zu erschweren. Um die Bewegung im richtigen Tempo durchführen zu können, wird auch bei dieser Übung mit einem Metronom gearbeitet. Nach dem ersten Signal mussten die Probanden ihre Arme von der Ausgangsstellung

in die Endstellung bewegen, nach fünf Sekunden hörten sie ein erneutes Signal, nach diesem mussten sie die Arme von Endstellung in die Ausgangstellung zurückbewegen. Nach fünf Sekunden begann die Durchführung wieder von vorne.



Abbildung 6: links Ausgangstellung, rechts Endstellung

5.3.3 Aktive unilaterale Schulterprotraktion

Bei der dritten Übung welche in dieser Arbeit untersucht wurde, befindet sich der Proband in Rückenlage. Die Funktion des M. serratus anterior, die Skapula nach lateral-ventral zu verschieben, nimmt man sich bei dieser Bewegungsreihe zur Hilfe. In der Ausgangstellung sind die Füße des Probanden auf der Unterlage abgestellt, die Knie und Hüftgelenke flektiert um Stabilität zu gewährleisten. Der Thorax, des zu Testenden, liegt in der Körperlängsachse ebenfalls auf der Unterlage auf. Ein Arm befindet sich in leichter Abduktion abgelegt. Der Arm der getesteten Seite befindet sich in 90° Flexion, welche mittels Goniometer gemessen wird. Der Ellbogen ist gestreckt. Um einen genügenden Widerstand zu erzeugen, muss der Proband die Übung mit einer 3 Kilogramm Hantel ausführen. Die Aufgabe besteht darin, das Schulterblatt nach ventral zu schieben, dadurch bewegt sich der Arm in die Höhe. In der Endstellung ist der Arm 90° flektiert, der Ellbogen gestreckt und die Skapula nach latero-ventral verschoben. Die Übung wird mittels eines Metronoms getaktet.

Der zeitliche Ablauf der Messung für diese Übung ist wie folgt:

1. Signal: bewegen des Armes in die Endstellung
2. Signal: Pause
3. Signal: zurückbewegen in die Ausgangstellung
4. Signal: Pause

5. Signal: erneutes bewegen des Armes in die Endstellung



Abbildung 7: links Ausgangsstellung, rechts Endstellung

5.4 Messkette

Die Hautvorbereitung für das anschließende Anbringen der Elektroden ist ein wichtiger Faktor, der vor der Untersuchung beachtet werden muss. Durch Fremdkörper und Lotionen auf der Haut können die Ergebnisse verfälscht werden bzw. ein Abbruch der Messung durch ein Lösen der Elektrode herbeigeführt werden. Laut Konrad (2011) sollte die Reinigung der Haut mit einer Rasur der benötigten Stelle beginnen, um einen sicheren Halt der Elektrode gewährleisten zu können. Anschließend wird eine Reinigungspaste verwendet um die Hautepithelien und weiteren Schmutz und Schweiß zu entfernen. Alternativ kann auch ein feines Schleifpapier oder Alkohol zur Reinigung nach der Rasur verwendet werden. Eine korrekte Reinigung ist an der Rötung der gereinigten Stelle erkennbar. Des Weiteren wird beschrieben, dass eine mittige Position zwischen Muskelursprung und dem Muskel-Sehnen-Übergang für die Messung am besten geeignet ist. Es besteht die Möglichkeit, dass durch eine Kontraktion im Muskelbauch die Elektrode stark von ihrer Anfangsposition abweicht und das Ergebnis verfälschen könnte. Zusätzlich ist zu beachten, dass die umliegende Muskulatur zu keiner Verfälschung und keinem sogenannten „Crosstalk“ der Messung führen kann. Um die Elektroden korrekt zu positionieren ist im Vorhinein nötig den Muskel zu palpieren.

Werden, wie in dieser Studie beschrieben, mehrere Probanden und deren Muskelaktivität miteinander verglichen, ist es notwendig vor der eigentlichen Messung die relative Muskelaktivität jedes zu testenden Muskels zu bestimmen. Grund dafür ist, dass die mikrovoltskalierten Amplitudenwerte stark von den gegebenen Messbedingungen abhängig sind. Eine beliebte Methode hierfür ist die MVC Normalisierung. Grundsätzlich ist das Ziel aller Normalisierungsmethoden, dass der erhobene Amplitudenwert in einen Referenzwert, der in Prozent angegeben wird, umgerechnet wird.

Üblicherweise wird für die MVC Normalisierung eine maximale Kontraktion jedes Muskels durchgeführt, der anschließend getestet wird. Um eine valide Maximalinnervation zu erreichen ist eine gute Fixation der zu testenden Elemente notwendig. MVC Messungen werden gegen isometrischen Widerstand gemessen. Der erste Schritt der MVC Testung besteht darin eine geeignete Position zu finden, bei der eine maximale Innervation des gewollten Muskels möglich ist. Anders als bei Muskeln der Extremitäten bei denen üblicherweise ein-gelenkige Übungen verwendet werden, eignen sich bei der Rumpfmuskulatur vor allem Übungen bei denen die gesamte Muskelkette innerviert wird. Um die ausgewählte Muskulatur ideal anzusteuern und die einzelnen Gelenke auf die bevorstehende Belastung der Übungsdurchführung vorzubereiten, wird zu Beginn mit einer kurzen, gezielten Aufwärmsequenz angeleitet (Konrand, 2011).

Anschließend an das Aufwärmen können die einzelnen Muskeln mittels MVC Messung untersucht werden. Für die Testung des M. serratus anterior befindet sich der Proband in Rückenlage auf einer Therapieliege. Die Arme sind in 90 Grad Flexion, somit zeigen die Finger Richtung Decke. Ein Gurt wird in beiden Händen genommen und so um den Rücken geführt, dass er entlang der Arme auf Zug gehalten werden kann. Der Bewegungsauftrag an die Testperson lautet die Arme in Richtung Decke zu strecken, eine Protraktion des Schultergürtels durchzuführen. Die Arme bleiben dabei während der Messung total extendiert, die Bewegungsrichtung sollte ausschließlich nach ventral stattfinden. Für die Pars descendens des M. trapezius steht der Proband aufrecht und hüftbreit mit beiden Beinen am Boden, die Arme hängen vertikal am Körper. In den Händen des Probanden wird ein Gurt gehalten, der damit am Boden fixiert wird indem die Testperson mit den eigenen Füßen draufsteht. In der Ausgangsstellung ist der Gurt leicht gespannt. Der Bewegungsauftrag lautet nun beide Schultern, so stark wie möglich in Richtung Decke zu ziehen, wobei die Ellenbogengelenke gestreckt bleiben müssen. Die ausgeführte Bewegung des Probanden sollte ausschließlich nach kranial erfolgen. Für die pars transversa des M. trapezius befindet sich der Proband in Bauchlage auf der Therapieliege. Ein Arm befindet sich 90 Grad Flexion, somit zeigen die Finger in Richtung Boden. Aufgrund der Breite der Therapieliege kann bei der Testung der Pars transversa jeweils nur einseitig gemessen werden. Der Bewegungsauftrag lautet nun den Arm vom Boden weg zu heben, und dabei die Schulterblätter zusammen zu ziehen und somit eine Retraktion im Schultergürtel durchzuführen. Als Widerstand kann entweder eine Hantel von der Testperson auf der zu testenden Seite gehalten werden oder auch ein manueller Widerstand vom/von der TherapeutIn gegeben werden, wobei die Hantel zu empfehlen ist, da der manuelle Widerstand ein sehr subjektiver Faktor ist. Für die MVC Messung der Pars ascendens empfiehlt sich die Bauchlage mit dem

Arm in 130 bis 150 Grad Abduktion. Der Unterarm befindet sich in Pronation. Dabei ist der manuell injizierte Widerstand in ventrale Richtung des/der TherapeutIn am besten geeignet. Der Auftrag an den Probanden lautet sich nicht wegdrücken zu lassen. Ist der Aufwärm-Zyklus beendet und die Ausgangsstellungen für die MVC Messung dem Probanden/der Probandin bekannt, wird dieser aufgefordert die Testposition einzunehmen und die Position mit maximaler Anspannung der Muskulatur drei bis fünf Sekunden zu halten. Anschließend folgt eine Entspannungsphase von ebenfalls drei bis fünf Sekunden. Diese Abfolge wird bis zu fünf Mal wiederholt und der höchste Wert notiert. Wichtig ist dabei zwischen den einzelnen MVC Messungen genügend Pause zu gewährleisten und die Abfolge der zu messenden Muskeln zu randomisieren um systematische Fehler zu vermeiden.

Ein großer Vorteil der MVC Messung ist die Bestimmung des Aufwandes der für eine gewählte Übung aufgebracht werden muss. Ein weiterer Vorteil ist die Anpassung zu einer einheitlichen und für alle Teilnehmer gültigen Referenz. Zusätzlich geben MVC normalisierte EMG Werte an, wie effizient eine gewisse Kräftigungsübung auf eine bestimmte Muskulatur oder einzelne Muskeln wirkt. Jedoch weist die MVC auch Nachteile auf. Erstens kann die MVC Messung ausschließlich bei gesunden ProbandInnen durchgeführt werden. Zweitens stellt sich die Frage ob die ausgewählte Testübung den zu testenden Muskel ideal ansteuert. Drittens ist es schwer herauszufinden, ob der Proband den gewünschten Muskel auch wirklich maximal isometrisch ansteuern kann, denn diese Faktoren sind in der Regel auch von der Motivation des Proband abhängig.

Laut Leakemann und Kreutzer (2009) ist der M. serratus anterior am besten aufzufinden, wenn sich der/die PatientIn in Rückenlage befindet und der Arm der gewünschten Seite vom Untersucher passiv in 90 Grad Flexion und leichter Abduktion gehalten. Zuerst wird die 12. Rippe im dorsolateralen Bereich des Thorax palpirt. Anschließend wird von dieser Rippe ausgehend nach kranial palpirt bis zur neunten Rippe. Die palpierende Hand liegt flächig im Verlauf der Rippenbögen auf, beginnend mit dem kleinen Finger auf der neunten Rippe. Wird nun vom/von der PatientIn der Schultergürtel aktiv protrahiert werden von fünfter bis achter Rippe einzelne Muskelstränge palpierbar. Im ventralen Bereich wird der Muskel von dem M. pectoralis major, im dorsalen von dem M. latissimus dorsi abgegrenzt. Da ein Teil des M. serratus anterior von der Scapula überlagert wird, sind nur die Ursprünge palpierbar. Bei Damen wird die Palpation durch das Brustgewebe erschwert, weshalb bei dieser Studie nur Männer untersucht wurden. Um die Elektrode am Muskelbauch anzubringen wird der Arm abduziert und eine gedachte Linie senkrecht durch die Mitte der Axilla gezogen. An der zuvor palpirten sechsten bis achten Rippe wird die Elektrode angebracht (Ekstrom, Donatelli, & Soderberg, 2003) Um die Elektrode an der Pars descendens des M.

trapezius anzubringen, wird laut der Homepage seniam.org eine aufrechte Sitzposition empfohlen, die Arme hängen vertikal. Die Elektrode wird mittig auf eine Linie zwischen Akromion und Processus spinosus des siebenten Halswirbelkörpers platziert. Für den Pars transversus wird die Margo medialis der Skapula und der Processus spinosus des dritten Brustwirbelkörpers palpirt. Die Elektrode wird mittig zwischen Margo medialis und Wirbelsäule auf der Höhe des dritten Brustwirbelkörpers platziert. Für den Pars ascendens wird zuerst am medialen Ende der Spina scapulae das Trigonum scapulae palpirt. Von diesem ausgehend wird eine Linie zum Processus spinosus des achten Brustwirbelkörpers gezogen. Auf dem Punkt, der sich ergibt, wenn man die Linie zu 2/3 verfolgt wird die Elektrode platziert. Die Positionierung der Elektroden, kann man in Abbildung 9 sehen.



Abbildung 9: Positionierung der Elektroden

5.4.1 Datenerhebung

Für die Messungen wird ein NORAXON DTS Drahtlos 8 Kanal EMG System verwendet. Die Elektrode, welche selbsthaftend auf der Haut platziert wird, ist eine NORAXON DUAL EMG Elektrode und weist eine Größe von 4 cm x 2.2 cm auf. Zur Auswertung wird die Software MYO RESEARCH 3.9 ebenfalls der Firma NORAXON verwendet. Durch die kabellose Bauweise entfällt die Verbindung von Elektrode zu EMG Verstärker. Damit wird die Handhabung um ein Vielfaches vereinfacht und für den/die ProbandIn ist angenehmer Tragekomfort gewährleistet.

Für alle drei untersuchten Übungen wurden vor der Messung, mit Hilfe der Software MYO Research 3.9, ein Metronom eingestellt um die konzentrische und exzentrische Phase für die Übungen bestimmen zu können, um diese zeitlich zu definieren und damit die Übungsdurchführung zu standardisieren. Gleichzeitig mit jedem Signal des Metronoms wurden in

der Aufzeichnung des Rohsignals ein Marker gesetzt. Mit Hilfe dieser Marker war es möglich, in der anschließenden Datenbearbeitung, Start und Stopp jeder einzelnen Übung zu definieren. Die Einheiten des Metronoms werden in „beats per minute“ angegeben und wurden so eingestellt, dass fortlaufend alle zwei Sekunden ein Signal ertönt. Durch die selbe Dauer von konzentrischer und exzentrischer Phase in der Übungsdurchführung wird die Aktivierung der Muskulatur genormt und damit eine Steigerung der Reliabilität der Mittelwerte erreicht. Bei horizontalen Abduktion wurde ertönt alle 5 Sekunden ein Signal.

5.4.2 Datenbearbeitung

Nach den eigentlichen Messungen wurden die Rohdaten im selben Programm (Software MYO Research 3.9) bearbeitet. Der erste Schritt nach dem Erheben der Rohdaten, war die Gleichrichtung der EMG Signale. Dabei werden die negativen Signalamplituden oder Signalauslässe positiviert. Der nächste Schritt der Datenbearbeitung war die Glättung des gleichgerichteten EMG Signals. Dabei wird laut Konrad (2011), der RMS (Root Mean Square) als gängigstes Instrument beschrieben. Der RMS errechnet die mittlere Leistung des Signals mittels mathematisch quadrierter Wurzeln. Dabei kann ein Zeitfenster von 20 ms (für schnelle Bewegungen) bis zu 500 ms (langsame Bewegungen) gewählt werden. Zusätzlich beschreibt Konrad (2011), dass für herkömmliche EMG Studien ein Zeitfenster zwischen 20 und 100 ms verwendet wird. In dieser Studie wurde daher ein Zeitfenster von 80 ms gewählt. Der dritte und letzte Schritt der Datenbearbeitung war die Amplitudennormalisierung. Dabei wird das geglättete Signal mit dem vor der Messung erhobenen MVC Wert normalisiert.

Um die am besten durchgeführten Sequenzen einer jeden Übung aus den fertig aufbereiteten Signalen zu finden wurden primär der Verlauf der EMG Kurve betrachtet. Zusätzlich wurden die einzelnen Sequenzen mit Hilfe einer Videoanalyse auf falsch durchgeführte Wiederholungen überprüft und gegebenenfalls eliminiert. Anschließend wurde aus den drei besten Wiederholungen einer jeden Übung eine gemittelte EMG Kurve erstellt um daraus der erste Outcomeparameter, der MEAN Wert, zu errechnen. Zusätzlich wurde ein zweiter Outcomeparameter errechnet, der PEAK Wert. Dieser ergibt sich aus den gemittelten Spitzenwerten der drei besten Wiederholungen jeder Übung. Die beiden Outcomeparameter (MEAN und PEAK Wert) wurden für jeden Muskel (M. serratus anterior, M. trapezius) sowohl in der konzentrischen als auch in der exzentrischen Phase, bei den drei durchgeführten Übungen (Push up plus, Aktive unilaterale Protration und Horizontale Abduktion) erhoben und dienen in weiterer Folge dem statistischen Auswertungsverfahren.

5.4.3 Statistisches Auswertungsverfahren

Um einen die gemessenen Ergebnisse errechnen zu können, wurden die Mean und Peak Werte in Excel Tabellen aufgelistet und zunächst auf extreme Ausreißer mittels Punktediagramm analysiert. Diese Ausreißer entstehen durch Kabeldefekte oder fehlerhafte Elektroden und können in der statistischen Auswertung die Signifikanz stark beeinflussen. Daher wurden extreme Ausreißer nach einer optischen Begutachtung entfernt. Anschließend wurden die Excel Tabellen in die Statistik Software (IBM SPSS Statistics Version 22.0) importiert. Um die signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Übungen und der konzentrischen und exzentrischen Phase zu berechnen, wurde eine mehrfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung durchgeführt. Zuvor mussten die Voraussetzungen für die ANOVA geprüft werden. Die erste Voraussetzung ist, dass, metrische Daten vorliegen müssen. Des Weiteren müssen mindestens zwei Gruppen mit mehr als zehn Personen vorhanden sein. Diese Gruppen müssen zusätzlich normalverteilt sein. Werden die Voraussetzungen nicht erfüllt sollte der Friedmanntest für die Berechnung der Signifikanz ausgewählt werden. Um die Normalverteilung zu überprüfen wurde der Kolorov-Smirnov (K-S) Test angewendet und zusätzlich die Verteilungsmaße Schiefe und Kurtosis berechnet. Beim Betrachten der Signifikanz des KS-Tests waren abgesehen von drei Variablen (Mean Werte) und fünf Variablen (Peak Werte) von jeweils 24 Variablen alle Normalverteilt. Durch den Vorteil der höheren Teststärke wurde dennoch die ANOVA dem Friedmanntest vorgezogen. Im Zuge der ANOVA wird die Sphärizität mittels Mauchly Test berechnet. Die Sphärizität gibt an ob die Differenz aller Stufen der unabhängigen Variablen gleich sind. Ist die Sphärizität nicht gegeben müssen die Werte nach Greenhouse Geisser korrigiert werden. Beim anschließenden Test der Innersubjekteffekte, ergibt sich gegebenenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen den Faktoren im Fall dieser Studie (Übung und Phase). Im Fall eines signifikanten Ergebnisses im Test der Innersubjekteffekte, wird der Post hoc Test durchgeführt. Dabei werden Paarweise Vergleiche erstellt deren Konfidenzintervall nach Bonferoni angepasst wird. Mit den Paarweisen Vergleichen kann ermittelt werden, welche Übungen sich signifikant voneinander unterscheiden.

5.4.4 Outcomeparameter

Untersucht wurde neben einem signifikanten Unterschied in der elektromyographischen Muskelaktivität des M. serratus anterior bei den zuvor beschriebenen Übungen, auch ob sich die Muskelaktivität des M. trapezius pars descendens signifikant unterscheidet und ob es einen Unterschied zwischen der konzentrischen und der exzentrischen Belastung gibt. Dafür wurden von den EMG Messungen die besten drei Sequenzen jedes einzelnen Satzes ermittelt. Diese wurden mit Hilfe des aufgenommenen Videos nach Qualität der Ausführung

ausgewählt. Von diesen wurde primär der Mittelwert berechnet. Laut Konrad (2011) ist der Amplituden Mittelwert am besten geeignet um einzelne Übungen miteinander zu vergleichen und gleichzeitig einer der wichtigsten EMG Analyseparameter. Der Mittelwert zeigt am besten wie hoch der neuromuskuläre Input ist den ein Muskel zu einer Bewegung beiträgt. Zusätzlich wurde bei den fünf ausgewählten besten Sequenzen der gemittelte Spitzenwert, Peakwert, notiert. Dieser wurde ermittelt indem, aus den zehn höchsten Peak Werten ein gemittelter Spitzenwert berechnet wurde. Diese beiden Werte wurden anschließend im statistischen Auswertungsverfahren, mittel mehrfaktorier ANOVA, auf ihre Signifikanz geprüft. Abbildung 10 zeigt das Muskelaktivitätsprofil des M. serratus anterior während einer aktiven unilateralen Protraktion. Die gelbe Linie (1) zeigt den Mittelwert, die gelben Kreise (2) die Peakwerte.

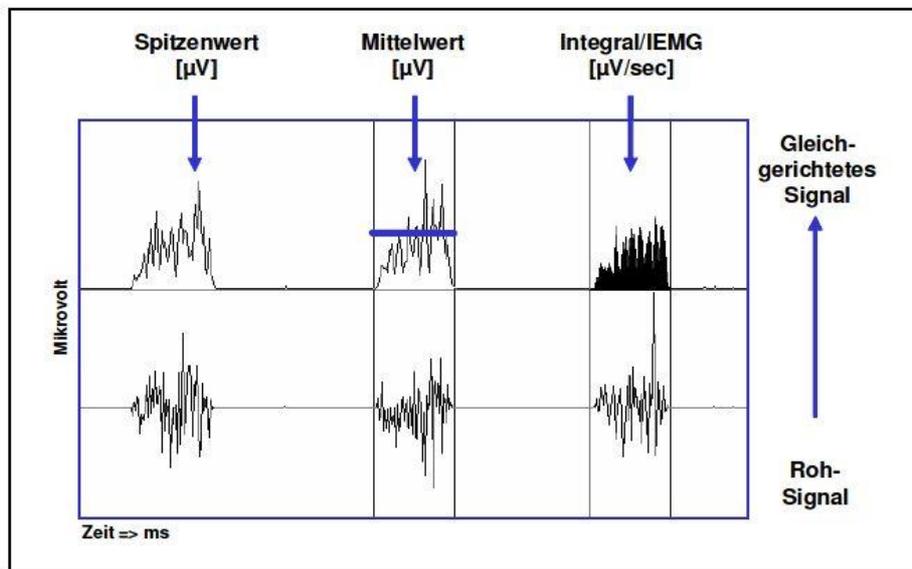


Abbildung 11: Mean und Peakdarstellung des gleichgerichteten EMG Signals (Konrand, 2011)



Abbildung 10: Aktivitätskurve des M. serratus anterior während einer aktiven Protraktion

5.4.5 OMNI Skala

Im Nebenziel dieser Studie wird untersucht, ob die subjektive Anstrengung mit der gemessenen Muskelaktivität in Verbindung steht. Dazu werden die gemessenen Muskelaktivitätsprofile der EMG-Daten mit der subjektiven Anstrengung jedes Probanden bei den einzelnen Übungen verglichen. Um das subjektive Empfinden auf Papier zu bringen empfiehlt sich laut Robertson et al. (2003) die OMNI Skala, welche von der ursprünglichen BORG Skala abgewandelt wurde. Dabei handelt es sich um eine Skala von eins bis zehn, bei der die Testpersonen jeweils vor und nach einem Training Satz ihr subjektiv wahrgenommenes Anstrengungs - Empfinden eintragen. Bevor die Testung beginnt sollte der Proband die Anstrengung schätzen, um anschließend nach Beendigung des Satzes den zuvor angegebenen Wert reflektieren zu können. Die OMNI Skala ist sowohl für männliche, als auch für weibliche ProbandInnen valide und kann zudem auf weitere sportliche Übungen verwendet werden wie beispielsweise ein Ausdauertraining. Lagally et al. (2009) behaupten, dass die Werte 3, 6 und 9 der OMNI-Skala zum Definieren der notwendigen Übungsintensität für das Kraftausdauer-, Muskelhypertrophy- und das Maximalkrafttraining angestrebt werden können.

6 Ergebnisse:

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse des statistischen Auswertungsverfahrens beschrieben und zusätzlich mittels Tabellen und Grafiken bildlich dargestellt. Es werden jeweils die Mittelwerte (Mean) und die Spitzenwerte (Peak) der ausgewählten Muskulatur beschrieben und in % MVC angegeben.

6.1 Ergebnisse der mehr faktoriellen ANOVA mit Messwiederholung

Zuerst wurden die Mittelwerte (Mean) der Messungen miteinander verglichen. Im Zuge des Mauchly Tests auf Sphärizität, wurde bei dem M. serratus anterior ($p = 0,769$) und dem pars descendens des M. trapezius, ($p = 0,792$) kein signifikantes Ergebnis erzielt. Daher wurde bei diesen beiden Muskeln, beim Test der Innersubjekteffekte, der Wert der angenommenen Sphärizität herangezogen. Dieser zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Übungen beim M. serratus anterior ($p = 0,000$) und beim Pars descendens des M. trapezius ($p = 0,000$). Im Gegensatz dazu wurde beim Mauchly Test auf Sphärizität, bei den weiteren beiden Anteilen des M. trapezius, pars ascendens ($p = 0,000$) und pars transversa ($p = 0,002$) ein höchst signifikanter Unterschied errechnet und die Werte daher nach Greenhouse Geisser korrigiert. Beim Test der Innersubjekteffekte wurde auch hier ein signifikantes Ergebnis beim Faktor Übung erzielt, sowohl beim pars transversa des M. trapezius ($p = 0,001$) als auch beim pars descendens des M. trapezius ($p = 0,000$). Anschließend an den Mauchly Test wurden mittels Post Hoc Tests und Bonferroni Korrektur die einzelnen Übungen untereinander verglichen. Dabei wurde ein höchst signifikanter Unterschied zwischen der Übung „Push up plus“ und der Übung „Horizontale Abduktion“ und der Übung „Aktive unilaterale Protraktion“ und der Übung „Horizontale Abduktion“ sichtbar. Wobei sich das Aktivitätsprofil der einzelnen Muskeln je nach Übung signifikant unterscheidet (Tabelle 1). Gemessen am M. serratus anterior wurde bei der Übung „Push up plus“ das höchste Aktivitätsprofil erreicht (durchschnittlicher Mean Wert von $23,6 \pm 9,8$ %MVC). Die Übung „Aktive Protraktion“ zeigt jedoch keinen signifikanten Unterschied zu der Übung „Push up plus“ (durchschnittlicher Mean Wert von $22,9 \pm 10,7$ %MVC). Die Übung „Horizontale Abduktion“ weist ein signifikant niedrigeres Ergebnis verglichen zu den beiden erstgenannten Übungen auf (durchschnittlicher Mean Wert von $11,2 \pm 4,7$ %MVC). Betrachtet man die Aktivitätsprofile der drei Anteile des M. trapezius, zu den drei durchgeführten Übungen, so wird ersichtlich, dass ebenfalls die Übung „Horizontale Abduktion“ einen höchst signifikanten Unterschied zu den beiden anderen Übungen aufzeigt. Der pars transversa wird bei der Übung „Horizontale Abduktion“ (durchschnittlicher Mean Wert von $22,0 \pm 9,1$

%MVC) am stärksten aktiviert. Die beiden anderen Übungen ergeben ein signifikant niedrigeres Aktivitätsprofil (Tabelle 1). Der pars ascendens (durchschnittlicher Mean Wert $19,8 \pm 8,5$ %MVC) weist bei der Übung „Horizontale Abduktion“ ebenso einen signifikant höheren Wert zu den beiden anderen Übungen auf, wie der pars descendens (durchschnittlicher Mean Wert von $10,8 \pm 5,6$ %MVC). Siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: MEAN Werte der verschiedenen Muskeln während den Übungen

Übung	MEAN \pm SD			
	M. serratus anterior	Pars descendens	Pars transversa	Pars ascendens
Aktive Protraktion	$22,9 \pm 10,7$	$1,3 \pm 0,7$	$1,4 \pm 0,6$	$1,4 \pm 0,4$
Push up plus	$23,6 \pm 9,8$	$1,7 \pm 0,9$	$2,6 \pm 1,4$	$3,9 \pm 3,0$
Horizontale Abduktion	$11,2 \pm 4,7$	$10,8 \pm 5,6$	$22,0 \pm 9,1$	$19,8 \pm 8,5$

Tabelle 2: P Werte der verschiedenen Muskeln während den Übungen

	Signifikanz der Übungen im Vergleich bezogen auf die Muskulatur (MEAN Werte)			
	<i>M. serratus anterior</i>	<i>Pars descendens</i>	<i>Pars transversa</i>	<i>Pars ascendens</i>
AP:PP	$p = 1$	$p = 0,065$	$p = 0,228$	$p = 0,15$
AP:HA	$p = 0,006$	$p = 0,000$	$p = 0,002$	$p = 0,000$
PP:HA	$p = 0,01$	$p = 0,000$	$p = 0,003$	$p = 0,000$

In Abbildung 12 sind die Mean Werte inklusive Standardabweichung in %MVC des M. serratus anterior bei allen drei Übungen Aktive Protraktion (AP), Push up plus (PP) und Horizontale unilaterale Abduktion (HA) ersichtlich. Zusätzlich werden die konzentrische (P1) und exzentrische (P2) Phase der einzelnen Übungen da gestellt.

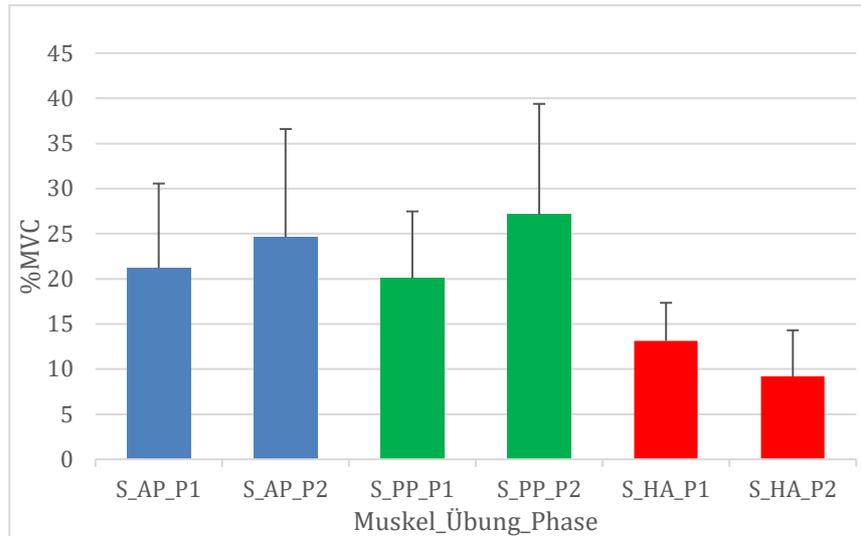


Abbildung 12: Meanwerte inkl. Standardabweichung für den M. serratus anterior, während der verschiedenen Übungen

Bei den Spitzenwerten (Peak Wert) der Messungen kommt es zu einem ähnlichen Ergebnis wie bei den zuvor betrachteten Mean Werten. Beim Betrachten des Mauchly Tests auf Sphärizität wurde beim M.serratus anterior ($p = 0,521$), dem pars descendens ($p = 0,484$) und dem pars ascendens ($p = 0,366$) des M. trapezius, kein signifikantes Ergebnis erhoben und daher im Test der Innersubjekteffekte der Wert „angenommene Sphärizität“ herangezogen. Der Test der Innersubjekteffekt ergibt bei allen Muskeln ein signifikantes Ergebnis: M. serratus anterior ($p = 0,000$), pars descendens ($p = 0,000$) und pars ascendens des M. trapezius ($p = 0,000$). Im Gegensatz dazu wurde beim Mauchly Test des pars transversa ($p = 0,000$) des M. trapezius, ein signifikantes Ergebnis errechnet und daher der Wert nach Green House Geisser korrigiert. Beim Test der Innersubjekteffekte wurde auch hier ein signifikantes Ergebnis erzielt ($p = 0,000$). Auch bei den anschließenden Post hoc Tests und dem Vergleich der einzelnen Übungen untereinander wird ersichtlich, dass die Ergebnisse der Peak Werte den Mean Werten gleichen. Bezogen auf den M. serratus anterior, unterscheidet sich das Aktivitätsprofil der Übung „Push up plus“ (durchschnittlicher Peak Wert = $41,8 \pm 18,2$ %MVC) signifikant von der Übung „Horizontale Abduktion“ (durchschnittlicher Peak Wert = $19,3 \pm 7,6$ %MVC). Ein ebenso signifikanter Unterschied wurde zwischen der Übung „Aktive unilaterale Protraktion“ (durchschnittlicher Peak Wert = $40,3 \pm 15,9$ %MVC) und der Übung „Horizontale Abduktion“ (durchschnittlicher Peak Wert = $19,3 \pm 7,6$ %MVC) errechnet. Vergleicht man die durchschnittlichen Spitzenwerte des M. trapezius und dessen drei Anteile, zu den drei durchgeführten Übungen, wird wie schon beim M. serratus anterior, ein ähnliches Ergebnis ersichtlich, wie bei den vorhergehenden Mean Werten. Das höchste

Aktivitätsprofil zeigt der Pars transversa, bei der Übung „Horizontale Abduktion“ (durchschnittlicher Peak Wert = $40,3 \pm 17,5$ %MVC). Das Aktivitätsprofil des pars transversa ist bei den Übungen „Aktive unilaterale Protraktion“ und „Push up plus“ signifikant niedriger. Das selbe Schema zeigt sich bei den weiteren beiden Anteilen des M. trapezius pars ascendens und pars descendens, wie in der Tabelle 3 ersichtlich ist. In Tabelle 4 ist die Signifikanz der Übungen im Vergleich auf die Muskulatur ersichtlich.

Tabelle 3: PEAK Werte der verschiedenen Muskeln während den Übungen

Übung	PEAK \pm SD %MVC			
	M. serratus anterior	Pars descendens	Pars transversa	Pars ascendens
Aktive Protraktion	40,3 \pm 15,9	2,0 \pm 1,3	2,9 \pm 1,3	3,3 \pm 1,2
Push up plus	41,8 \pm 18,2	2,6 \pm 1,4	3,5 \pm 1,2	9,0 \pm 8,2
Horizontale Abduktion	19,3 \pm 7,6	12,7 \pm 3,2	40,3 \pm 17,5	34,1 \pm 13,9

Tabelle 4: P Werte der PEAK Werte

	Signifikanz der Übungen im Vergleich bezogen auf die Muskulatur (PEAK Werte)			
	<i>M.serratus anterior</i>	<i>Pars descendens</i>	<i>Pars transversa</i>	<i>Pars ascendens</i>
AP:PP	p = 1	p = 0,756	p = 1	p = 0,33
AP:HA	p = 0,001	p = 0,000	p = 0,001	p = 0,009
PP:HA	p = 0,01	p = 0,000	p = 0,001	p = 0,001

In Abbildung 13 sind PEAK Werte inklusive Standardabweichung in %MVC des M. serratus anterior bei allen drei Übungen Aktive Protraktion (AP), Push up plus (PP) und Horizontale unilaterale Abduktion (HA) ersichtlich. Zusätzlich werden die konzentrische (P1) und exzentrische (P2) Phase der einzelnen Übungen da gestellt.

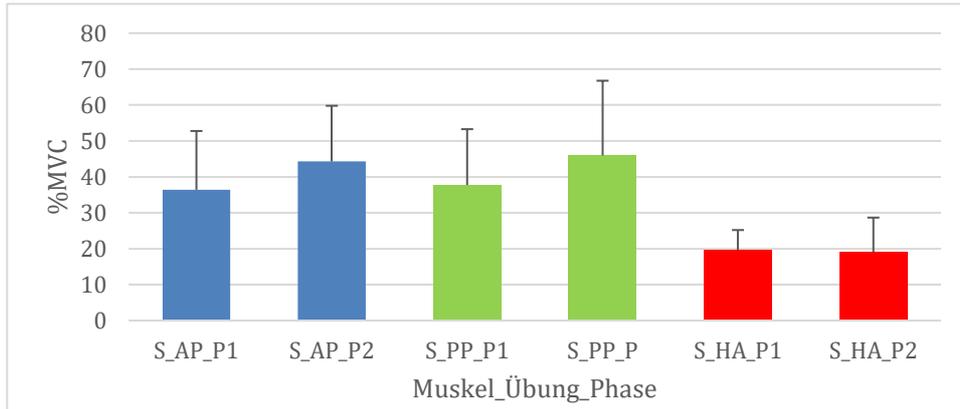


Abbildung 13: PEAK Werte inkl. Standardabweichung für den M. serratus anterior, während der verschiedenen Übungen

6.2 Auswertung der Phasen Konzentrik vs. Exzentrik

Vergleicht man die konzentrische und die exzentrische Phase der einzelnen Übungen miteinander, wird abgesehen vom pars transversa des M. trapezius (MEAN Werte) kein signifikanter Unterschied sichtbar. Dabei ergab sich beim Mauchly Test auf Sphärizität kein Ergebnis da es mit der konzentrischen und exzentrischen Aktivität nur zwei Gruppen gab. Daher wurde beim Test der Innersubjekteffekte der Wert der angenommenen Sphärizität herangezogen. Dieser ergab einen höchst signifikanten Unterschied ($p = 0,000$). Bei den darauffolgenden, mit Bonferroni korrigierten, Post hoc Tests ergab sich bei der Übung „Horizontale Abduktion“ ein durchschnittlicher Mean Wert von $17,8 \pm 13,3$ %MVC bei konzentrischer und $27,4 \pm 13,4$ %MVC bei exzentrischer Aktivität. Die Werte der konzentrischen und exzentrischen Phasen, der Übungen „Push up plus“ und „Aktive unilaterale Protraktion“ waren signifikant niedriger wie in Tabelle 5 ersichtlich.

Tabelle 5: Mittelwerte und Standartabweichung der konzentrischen und exzentrischen Phase

MEAN Werte der Phasen am Pars transversa des M.trapezius in %MVC		
<i>Übung</i>	<i>Mittelwert \pm Standartabweichung</i>	
	<i>Konzentrische Phase</i>	<i>Exzentrische Phase</i>
Aktive Protraktion	1,2 \pm 0,2	1,7 \pm 0,9
Push up plus	3,0 \pm 2,2	2,3 \pm 0,6
Horizontale Abduktion	10,5 \pm 6,4	33,5 \pm 11,9

6.3 Ergebnisse der subjektiven Belastungsempfindung laut OMNI Skala

Wie bereits in der Methodik beschrieben, wurde um das subjektive Belastungsempfinden zu messen ein Wert auf der OMNI Skala erhoben. Dabei wurde jeder Proband nachdem die Übung erklärt und vorgezeigt wurde, nach seiner Vorstellung gefragt, wie belastend die Übung sein wird. Anschließend wurde jeder Proband nach der Durchführung der Übung erneut befragt wie belastend die Übung wirklich war. Zur Erhebung der Belastung wurde ein Wert auf der OMNI Skala angegeben, die Skala reicht von 1-10 wobei 1 für nicht belastend und 10 für extrem belastend steht.

Bei der ersten Messung des subjektiven Belastungsempfindens wurden beim Mauchly Test auf Sphärizität kein signifikantes Ergebnis erzielt ($p = 0,119$) und daher wurde bei den Tests der Innersubjekteffekte der Wert der angenommenen Sphärizität herangezogen, dieser ergab ein höchst signifikantes Ergebnis ($p = 0,000$). Darauf folgten Post hoc Tests die mittels Bonferroni korrigiert wurden um das Belastungsempfinden der einzelnen Übungen miteinander zu analysieren. Dabei ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Übung „Push up plus“ und den anderen beiden Übungen „Aktive unilaterale Protraktion“ ($p = 0,000$) und „Horizontale Abduktion“ ($p = 0,000$). Zwischen den Übungen „Aktive unilaterale Protraktion“ und „Horizontale Abduktion“ ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p = 1$). Die Mittelwerte inklusive Standardabweichung sind in der Tabelle 4 angeführt.

Bei der erneuten Messung des subjektiven Belastungsempfindens, nach der Durchführung der Übung, ist das Ergebnis abweichend zu der ersten Messung. Der Mauchly Test auf Sphärizität zeigt keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,928$) daher wurde erneut der Wert der angenommenen Sphärizität bei den Tests der Innersubjekteffekte herangezogen dieser ergab einen signifikanten Unterschied ($p = 0,000$). Bei den darauffolgenden Post hoc Tests die ebenfalls mittels Bonferroni korrigiert wurden ergab sich folgendes Ergebnis: Die Übung „Horizontale Abduktion“ zeigt ein höchst signifikantes Ergebnis zu beiden anderen Übungen „Aktive unilaterale Protraktion“ ($p = 0,000$) und „Push up plus“ ($p = 0,000$). Im Vergleich der beiden Übungen „Aktive unilaterale Protraktion“ und „Push up plus“ ergab sich kein signifikantes Ergebnis ($p = 1$). Die Mittelwerte inklusive Standardabweichung sind in der Tabelle 6 angeführt.

Tabelle 6: Ergebnisse der OMNI Skala

MEAN Werte der Omni Skala inklusive Standardabweichung		
Übung	Erste Erhebung	Zweite Erhebung
Aktive Protraktion	3,5 ± 1,3	3,9 ± 1,2
Push up plus	7,0 ± 1,4	4,2 ± 1,2
Horizontale Abduktion	3,9 ± 1,3	7,7 ± 1,2

7 Diskussion

Am Anfang dieser Studie wurde darauf eingegangen, welche Funktion der M. serratus anterior hat, welche Pathologien bei den Schulterblattstabilisatoren entstehen können, mit welchen Therapieansätzen bereits gearbeitet wird, welche Trainingsaspekte sich für das Training der Schulterblattmuskulatur eignen und welche Muskelaktivitätsprofile bei den untersuchten Übungen zu erwarten sind. Für diese Punkte wurde die aktuelle Literatur miteinander verglichen. Durch diese Recherche ergab sich dann die Forschungsfrage dieser Studie, welche hier noch einmal kurz angeführt ist. Das Hauptziel dieser Arbeit war es heraus zu finden, ob es Unterschiede in der Muskelaktivität zwischen der aktiven Protraktion, dem Push-up plus und der horizontalen Abduktion gibt, beziehungsweise bei welcher der M. serratus anterior am meisten Aktivität, welche durch das EMG gemessen wurde, zeigt. Zu diesem Ziel und der vorangegangenen Literaturrecherche, entwickelten sich in weiterer Folge drei Forschungshypothesen. Zu diesen Hypothesen wurden die Muskelaktivitätsprofile des M. serratus anterior und des M. trapezius, von 14 Probanden, während einem Push up plus, einer aktiven unilateralen Protraktion und einer horizontalen Abduktion mittels EMG-Datenaufzeichnung gemessen und mit einer mehrfaktoriellen ANOVA statistisch bearbeitet.

Die erste Hypothese dieser Arbeit lautet, dass es signifikante Unterschiede bei der Muskelaktivität des M. serratus anterior, in den drei untersuchten Übungen geben wird.

Horsak et al. (2017) und Park und Yoo (2011) haben in ihren Studien verschiedene Variationen des Push up plus untersucht und sind auf ausschlaggebende Ergebnisse gekommen. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass der Push up plus, das höchste Muskelaktivitätsprofil im M. serratus anterior aufzeigen wird.

Die zweite Hypothese lautet, dass die gemessenen EMG-Daten keinen signifikanten Unterschied, zwischen der konzentrischen und der exzentrischen Aktivierung, des M. serratus anterior, aufzeigen. Carvalho et al. (2014) untersuchten welchen Unterschied es macht, wenn man ein konzentrisches mit einem exzentrischen Trainingsprogramm vergleicht. Sie erkannten, dass beide Trainingsmethoden die Muskelaktivität steigern können und dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den zwei verschiedenen Trainingsprogrammen gibt.

Die dritte Hypothese dieser Arbeit lautet, dass sich die Muskelaktivierung des Pars descendens des M. trapezius signifikant in den drei verschiedenen Übungen unterscheiden wird. Ausgangspunkt für diese Behauptung ist die Studie von Andersen et al. (2014). Es wurde

untersucht wie sich gezieltes, selektives Muskelkräftigungstraining der Schulterblattstabilisatoren auf chronischen Nackenschmerz auswirkt. Die untersuchten ProbandInnen hatten die Aufgabe, zwei verschiedene Stützübungen durchzuführen. Deshalb wird davon ausgegangen, dass während dieser Übung die geringste Muskelaktivität im M. trapezius pars descendens, verglichen zur aktiven Protraktion und zur horizontalen Abduktion, gemessen werden kann.

Das Nebenziel dieser Studie war es, herauszufinden, ob es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der gemessenen Muskelaktivität im M. serratus anterior und dem M. trapezius und dem subjektiven Anstrengungsgefühl der Probanden gibt. Die subjektive Anstrengung, welche während der Durchführung der drei verschiedenen Übungen empfunden wird, wird mittels OMNI Skala gemessen.

Um die oben genannten Hypothesen bestätigen, beziehungsweise vernachlässigen zu können, wurden die mit Hilfe des EMG gemessenen Muskelaktivitäten des M. serratus anterior und des M. trapezius, mit einer mehrfaktoriellen ANOVA berechnet und statistisch ausgewertet. Zur Vereinfachung der nachfolgenden Diskussion werden die durchgeführten Übungen noch einmal kurz vorgestellt. Verglichen wurden die Übungen Push-up plus und die unilaterale aktive Protraktion der Schulter. Bei einem Push up plus hatten die Probanden die Aufgabe durch Verschieben der Schulterblätter nach lateral-ventral, ihre Brustwirbelsäule gegen die Schwerkraft in die Höhe zu strecken. Bei der aktiven unilateralen Protraktion befanden sich die Probanden in Rückenlage auf einer Therapieliege. Die Aufgabe bestand darin ihren ausgestreckten rechten Arm durch eine Protraktion gegen die Schwerkraft zu bewegen. Dabei mussten die Probanden eine auf sie abgestimmte Kurzhantel halten. Bei der horizontalen Abduktion wurden EMG-Daten gemessen, mit denen im Vorfeld nicht gerechnet wurde, deshalb wird diese Übung nun separat zu dem Push up plus und der aktiven unilateralen Protraktion beschrieben. Wenn in weiterer Folge im Kapitel Interpretation der Ergebnisse die Hypothesen dieser Arbeit beschrieben werden, wird nur noch auf diese zwei Übungen eingegangen.

7.1 Die horizontale Abduktion

In der Ausgangsstellung der horizontalen Abduktion, befanden sich die Probanden im hüftbreiten Stand. Die Schultern waren etwa 130 Grad flektiert und vor dem Körper ausgestreckt, die Ellbogen waren ebenfalls gestreckt. Um die Handgelenke wurde ein Theraband gewickelt um einen Widerstand zu erzeugen. Die Probanden hatten die Aufgabe ihre Arme, gegen den Zug des Therabandes, auseinander zu ziehen. Diese Position wurde für fünf Sekunden gehalten, danach wurden die Arme in Ausgangsstellung zurück geführt um nach

fünf Sekunden Pause die Übung erneut durchzuführen. Die horizontale Abduktion wurde fünf Mal wiederholt.

Entgegen den Erwartungen konnte bei der horizontalen Abduktion keine Muskelaktivität beim M. serratus anterior gemessen werden. Betrachtet man die Aktivitätskurve der EMG-Signale, kann man erkennen, dass während der fünf Sekunden der konzentrischen Phase, die Aktivitätslinie gegen null geht und erst bei der exzentrischen Phase wieder steigt. Auch der direkte Vergleich zwischen dem Push up plus und der aktiven unilateralen Protraktion zeigt, dass diese zwei Kräftigungsübungen, den M. serratus anterior, signifikant stärker beanspruchen. Signifikant höhere EMG-Werte konnten jedoch beim M. trapezius pars descendens und beim pars transversus festgestellt werden. Park et al. (2012) meinten jedoch, dass das Durchführen einer isometrischen horizontalen Abduktion, gegen den Widerstand eines Therabandes den M. serratus anterior selektiv gut anspielt, ohne dabei den meist zu starken M. pectoralis major zu aktivieren. Untersucht wurde in dieser Studie, wie bereits im Kapitel Muskelaktivitätsprofile bei verschiedenen Übungen erklärt, wie sich die Muskelaktivität des M. serratus anterior verhält, wenn man eine horizontale Abduktion in 90 Grad Flexion, eine in der Skaptionsebene und einen Wall Push up plus miteinander vergleicht. Vor allem wenn die Endstellung die Skaptionsebene war, konnte man eine selektive Muskelaktivität des M. serratus anterior feststellen.

Vergleicht man die Studie von Park et al. (2012) mit dieser Bachelorarbeit, kann man erkennen, dass sich die Ergebnisse sehr stark voneinander unterscheiden. Mögliche Gründe für die verschiedenen Messergebnisse werden nun erklärt.

Ein Erklärungsgrundsatz für die unterschiedlichen Muskelaktivitätsprofile des M. serratus anterior, könnte sein, dass die EMG Messungen unterschiedlich durchgeführt wurden, weil die Elektroden unterschiedlich auf der Haut der Probanden angebracht wurden. Die Vorbereitung der Haut lief bei den Studien ident ab. Das gewünschte Gebiet wurde rasiert und mit Abriebpaste und Alkohol gereinigt. Auch die Palpation der untersuchten Muskeln, genauer gesagt des M. serratus anterior, lief in der Theorie ident ab. Beide Studien orientierten sich am Angulus inferior der Skapula, am medialen Rand des M. latissimus dorsi und an der Axilla (etwa 2cm unterhalb). Nun stellt sich die Frage, ob die Auffindung und Beklebung des Muskels, trotz theoretischer Grundlage, fehlerhaft abgelaufen ist. Jedoch konnten diese Fehler, sowohl bei der MVC Messung, als auch beim Push up plus und bei der aktiven unilateralen Protraktion, nicht festgestellt werden. Durch diese Ergebnisse kann man feststellen, dass der M. serratus anterior richtig palpirt und die Elektroden korrekt positioniert wurden.

Park et al. (2012) führten ihre Messungen an Probanden mit Skapula alata durch. Das bedeutet, dass die Margo medial der Getesteten nicht am Thorax fixiert war, was auf eine Insuffizienz des M. serratus anterior hinweist. In diesem Punkt unterscheiden sie sich von dieser Studie. Die Probanden dieser Bachelorarbeit durften, wie bereits im Kapitel Probandenrekrutierung erwähnt, keine Pathologien im Schulter und Thoraxbereich haben. Dieser Unterschied könnte ein Grund für die verschiedenen gemessenen Ergebnisse sein. In Zukunft wäre interessant, welche Muskelaktivitätsprofile man für diese Übung erhält, wenn man diese mit Hilfe von zwei unterschiedlichen Probandengruppen vergleicht.

Jedoch gibt es auch für diese Übung eine klinische Relevanz. Im Vergleich zum Push up plus und zur aktiven unilateralen Protraktion der Schulter, könnte bei der horizontalen Abduktion ein signifikant höheres Muskelaktivitätsprofil des gesamten M. trapezius festgestellt werden. Laut Schünke et al. (2014) teilt man den M. trapezius in drei Anteile, den pars descendens, transversa und ascendens. Die Hauptfunktion des pars descendens ist das Ziehen der Skapula nach cranial-medial, wodurch eine Außenrotation des Schulterblattes eingeleitet wird, des Weiteren neigt er den Kopf zur ipsilateralen Seite. Der pars transversa, ermöglicht die Verlagerung der Schulterblätter nach medial und der pars ascendens zieht die Skapula nach kaudal-medial. Der gesamte Muskel ermöglicht die Fixation der Skapula am Thorax.

Wie bereits im Kapitel Pathologien bei der Schulterblattstabilisation erklärt, beschreiben Andersen et al. (2014), dass es auf Grund der modernen Arbeitssituation, vor allem in den westlichen Staaten, zu Fehlhaltungen kommt, welche zu Verlust der Muskelkraft und Bewegungseinschränkungen im Schultergürtel führen.

Während der horizontalen Abduktion konnte bei dieser Messung keine Muskelaktivität im M. serratus anterior gemessen werden, jedoch wurde erkannt, dass es zu einer erhöhten Aktivität im M. trapezius kommt. Für Personen mit Funktionseinschränkungen beziehungsweise Kraftmangel im M. trapezius, bietet diese Übung eine Möglichkeit um den Muskel zu trainieren. Durch diese Bewegung könnten, Haltungsschäden verbessert werden beziehungsweise präventiv bekämpft werden. Fennell, Phadke, Mochizuki, Ismail und Boulias (2016) beschreiben in ihrer Studie, dass spezielles Krafttraining für den M. trapezius positive Effekte für PatientInnen mit einem Subacromialen Impingement hat.

7.2 Interpretation der Ergebnisse

Bei der Durchführung des Push up plus befanden sich die Probanden mit den Handflächen und den Knien auf der Unterlage. Der Oberkörper und die Oberschenkel waren in der Körperlängsachse eingeordnet. Die Aufgabe bestand darin, durch ein Rotieren der Schulterblätter nach lateral und ein Gleiten Richtung Ventral, die Brustwirbelsäule gegen die Schwerkraft nach oben zu drücken. In der Ausgangsstellung der aktiven unilateralen Protraktion, befanden sich die Probanden in Rückenlage auf der Unterlage, der rechte Arm war 90 Grad flektiert und die Aufgabe bestand darin, durch ein Gleiten des rechten Schulterblattes, den gestreckten Arm gegen die Schwerkraft nach oben zu strecken.

Betrachtet man die Ergebnisse der erwähnten mehrfaktoriellen ANOVA, wird bemerkt, dass es bei der Muskelaktivität des M. serratus anterior, keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Push-up plus und der aktiven unilateralen Protraktion gibt. Das bedeutet, dass die erste Forschungshypothese widerlegt werden muss. Die möglichen Gründe für dieses Ergebnis werden nun beschrieben.

Eine mögliche Erklärung für die Ergebnisse in den gemessenen Muskelaktivierungen des M. serratus anterior, während dem Push up plus und der aktiven unilateralen Protraktion, könnte sein, dass die aktive unilaterale Protraktion selektiver auf den Muskel wirkt. Die untersuchte Ausführung fand unilateral und mit Hilfe einer Kurzhantel statt. Das geeignete Trainingsgewicht wurde, wie bereits im Kapitel Methodik besprochen, speziell auf jeden Probanden abgestimmt. Probanden welche angegeben haben, Kraftsport in ihrer Freizeit zu betreiben (n=8), mussten die aktive unilaterale Protraktion mit einer 8 KG schweren Kurzhantel durchführen, alle anderen mit 5 KG (n=6). Mit dieser individuellen Anpassung konnte sichergestellt werden, dass das erreichte Ergebnis für jeden Probanden am aussagekräftigsten ist. Um diese Anpassung in Zukunft noch genauer gestalten zu können, wäre es hilfreich, bei einer Eingangsuntersuchung, das maximale Gewicht, das ein Proband einmal durch Protraktion bewegen kann (EWM), herauszufinden. Die Übung sollte dann mit 70% dieses EWM durchgeführt werden.

Ein weiterer Erklärungsansatz für die nicht signifikanten Unterschiede, beim Aktivitätsprofil des M. serratus anterior, während der Durchführung einer aktiven unilateralen Protraktion verglichen mit einem Push up plus ist, dass die aktive Protraktion in offener Kette ausgeführt wird, währenddessen der Push up plus in geschlossener Kette durchgeführt wird. Durch diese Eigenschaft muss der Proband seine volle Konzentration auf die untersuchte Seite lenken und kann so die Bewegung nicht zum Beispiel über die nicht untersuchte Seite ausgleichen, somit muss der M. serratus der rechten Seite die gesamte Arbeit ausführen und

kann sich nicht über die linke Seite helfen. Wie schon im Kapitel Übungen erklärt, lagen die Schulterblätter der Probanden in der Ausgangstellung flach am Thorax auf, die Aufgabe bestand darin, die Schulterblätter nach außen vorne zu ziehen und so die Brustwirbelsäule gegen die Schwerkraft in die Höhe zu drücken. Dadurch entsteht beim Probanden eine Krümmung in der Wirbelsäule. Sollte beim Probanden nun die nicht getestete Seite, die stärkere sein, könnte er den Push up plus vermehrt über diese ausführen. Diese Ausweichbewegung hätte zur Folge, dass der M. serratus anterior der getesteten Seite weniger Kraft aufwenden muss und deshalb die mittels EMG gewonnenen Daten geringer ausfallen. Trotz Kontrolle der ausgeführten Bewegungen könnte es zu falschen Ausführungen gekommen sein. Durch die unilaterale Bewegung, welche die aktive unilaterale Protraktion verlangt, kann es nicht zu dieser Ausweichbewegung kommen und der M. serratus anterior der getesteten Seite, wird selektiver aktiviert. In weiterer Folge wäre es gut in folgenden Studien sowohl die rechte als auch die linke Seite, während dem Push up plus, gemessen werden, um diesen Messfehlern vorzubeugen.

Der dritte Erklärungsansatz lautet, dass die Ausführung des Push up plus nicht individuell genug für die Probanden abgestimmt war und dadurch die Aktivierung des M. serratus anterior im Vergleich zum davor gemessenen MVC Wert sehr gering ausfiel. Alle getesteten Probanden gaben an, sich wöchentlich sportlich zu betätigen und der Großteil (n=8) gab an Kraftsport zu betreiben. Die Probanden befanden sich während der Durchführung des Push up plus auf den Knien, dadurch wurde der Hebel verkleinert, was dazu führte, dass weniger Kraft aufgewendet werden musste um die erwünschte Bewegung durchzuführen. Würde man nicht die Knie als Auflagepunkte verwenden, sondern die Zehenballen und die Unterschenkel in die Körperlängsachse einordnen, müssten die Probanden mehr Kraft und Energie aufwenden um die gewünschte Bewegung auszuführen. Mit dieser Veränderung der Ausgangsposition, könnten höhere Muskelaktivitätsprofile beim M. serratus anterior mit dem EMG gemessen werden. Wie bereits in Kapitel Muskelaktivitätsprofile erwähnt, beschrieben Kim et al. (2017) diese Ausgangstellung in ihrer Studie. Des Weiteren ließen sie ihre ProbandInnen ein Bein extendieren, somit von der Unterlage abheben. Es wurde bemerkt, dass durch die weiterlaufende Spannung und die damit verbundene Gleichgewichtsreaktion, welche durch die Verkleinerung der Unterstützungsfläche erzwungen wird, der M. serratus anterior die Skapula besser stabilisieren muss und dadurch mehr Muskelaktivität aufweist.

In der zweiten Hypothese dieser Arbeit wurde davon ausgegangen, dass es keinen signifikanten Unterschied, bei den gemessenen EMG-Daten, zwischen konzentrischer und exzentrischer Phase geben wird. Diese Hypothese kann nach Abschluss der Messungen und der

Datenanalyse durch eine mehrfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) bestätigt werden. Untersucht wurde, ob sich die gemessenen Peak und Meanwerte des M. serratus anterior, während der Durchführung eines Push up plus und einer aktiven unilateralen Protraktion, unterscheiden. Wie bereits im Kapitel Ergebnisse erwähnt, konnten die gewonnenen EMG-Daten, keine signifikanten Unterschiede, bezogen auf die zweite Hypothese feststellen. Um diese Ergebnisse besser interpretieren zu können, sollten die Erklärungsansätze auf die verschiedenen Übungen umgelegt werden. Wie bereits im Kapitel Übungen beschrieben, wurde die Durchführung des Push up plus und der aktiven unilateralen Protraktion mittels Metronom getaktet.

Folgendermaßen fand der zeitliche Ablauf der Messung für den Push up plus statt:

1. Signal: Schulterblätter sind vom Thorax abgehoben und bilden keine Linie mit dem Thorax, die Brustwirbelsäule hängt durch
2. Signal: Schulterblätter bilden eine Linie mit dem Thorax, die Brustwirbelsäule ordnet sich zusammen mit den Schulterblättern in die Körperlängsachse ein
3. Signal: Bewegen in die Endstellung, Krümmen der Wirbelsäule und verschieben der Schulterblätter nach lateral-ventral
4. Signal: Pause
5. Signal: Zurückbewegen in die Ausgangsstellung

Die Gründe für die zeitliche Einteilung der Übung waren, die Ausführung dieser Aufgabe für den Getesteten zu erleichtern, weil genau vorgegeben war in welchem Rhythmus, welche Bewegung zum Durchführen ist. Des Weiteren konnte durch die genaue zeitliche Vorgabe eine standardisierte Bewegung erreicht werden, wodurch mögliche Messfehler vermieden werden konnten. Durch das Unterteilen der Übung in verschiedene zeitliche Abschnitte mit Hilfe eines Metronoms wurde das Erkennen der konzentrischen und exzentrischen Phase erleichtert. Mit der bei der EMG-Messung verwendeten Software MYO RESEARCH 3.9 der Firma NORAXON, konnten das gewünschte Metronom eingestellt werden. Die verwendeten Takte des Metronoms wurden in weiterer Folge zu Markern. Das aufgezeichnete EMG Signal wird dann automatisch in die verschiedenen Phasen eingeteilt.

Bei der aktiven unilateralen Protraktion kam die gleiche Taktik zur Anwendung, wie beim Push up plus. Um die Bewegung zu standardisieren wurde auch bei dieser Bewegung mit einem Metronom gearbeitet. Um einen besseren Überblick über die Ausführung zu bekommen, ist wie im Kapitel Übungen bereits beschrieben, die zeitliche Einteilung folgendermaßen:

1. Signal: bewegen des Armes in die Endstellung, verschieben des Schulterblattes nach lateral-ventral, Arm wird gestreckt
2. Signal: Pause
3. Signal: zurückbewegen in die Ausgangstellung
4. Signal: Pause
5. Signal: erneutes Bewegen des Armes in die Endstellung

Um in Zukunft signifikante Ergebnisse erreichen zu können, wäre eine Veränderung der Taktung von Vorteil. Die Probanden hatten drei Signale lang Zeit, sich von der Ausgangstellung in die Endstellung zu bewegen, jedoch nur ein Signal lang, um sich von der Endstellung in die Ausgangstellung zurück zu begeben. Würde man die Aufgabenstellung so verändern, dass die Probanden weniger Zeit für die konzentrische Phase, dafür mehr Zeit für die exzentrische haben, müssten sie sich schneller in die Endstellung bewegen, wodurch höhere Muskelaktivitätsprofile gemessen werden könnten. Auch die Verlängerung der exzentrischen Phase, könnte bewirken, dass die Probanden sich kontrollierter absinken und nicht kraftlos in die Anfangsstellung zurücksinken, wodurch erneut höhere EMG-Ausschläge gemessen werden könnten.

Die Hypothese drei ging davon aus, dass die selektive gemessene Muskelaktivität des M. trapezius pars descendens, während der Durchführung eines Push up plus am geringsten ausfallen wird. Bereits im Kapitel Ergebnisse kann man erkennen, dass die mittels mehrfaktorieller ANOVA berechnet, EMG-Daten, keine signifikanten Unterschiede, während einem Push up plus, verglichen mit der aktiven unilateralen Protraktion, aufzeigen, jedoch unterschieden sich diese nur gering und nicht signifikant voneinander. Durch diese gemessenen Daten, kann die dritte Hypothese bestätigt werden.

Bei einem Push up plus kommt es zu einem Zusammenspiel aus M. pectoralis, M. deltoideus und M. serratus anterior, diese drei Muskeln sind maßgeblich dafür verantwortlich, die geforderte Stabilität und Bewegung im Schultergürtel, zu ermöglichen (Park et al. 2013).

Eine Erklärung für das geringe Muskelaktivitätsprofil im M. trapezius pars descendens während einer aktiven unilateralen Protraktion ist, dass der Kopf des Probanden sowohl in der Ausgangstellung, als auch in der Endstellung, auf der Unterlage abgelegt war. Mit diesen Stellungen, mussten Probanden keine Muskelaktivität und Kraft, aufwenden um den Kopf in der Körperlängsachse zu stabilisieren und einzuordnen.

Die Hauptfunktion des M. trapezius pars descendens ist die Elevation mit gleichzeitiger Außenrotation der Skapula, beziehungsweise, wird das Punctum fixum und Punctum mobile verändert, die Lateralflexion des Kopfes auf die ipsilaterale Seite (Schünke et al. 2014).

Durch die Fixation der Schulterblätter am Thorax, während der geforderten Stützfunktion kommt es nicht zu einer Elevation, dadurch kann kaum Aktivität, mittels EMG, beim M. trapezius pars descendens, gemessen werden.

Die geringe Muskelaktivität des M. trapezius pars descendens, während einem Stütz, machten sich auch Andersen et al. (2014) zu Nutze. Sie beschrieben in ihrer Studie, dass die Muskelaktivität im M. trapezius pars descendens, während einer Stützfunktion, gering ausfällt. Diese Eigenschaft nahmen sie als Grundlage, bei ihrer Studie, zwei verschiedene Stützübungen mit einander zu vergleichen, um herauszufinden, ob sich das Training der Schultergürtel stabilisierenden Muskulatur, positiv auf chronische Nackenschmerzen auswirkt. Wichtig dabei war, die schmerzhafteste Muskulatur (M. trapezius pars descendens) so wenig wie möglich zu belasten und trotzdem die stabilisierenden Muskeln des Schultergürtels (M. serratus anterior, M. pectoralis, M. rhomboideus) zu trainieren.

Das Nebenziel dieser Arbeit war herauszufinden, ob die subjektive Anstrengung der Probanden, einen Zusammenhang mit der gemessenen Muskelaktivität hat. Wie bereits im Kapitel Outcomeparameter beschrieben, wurde die subjektive Anstrengung der Probanden mittels OMNI Skala gemessen. Um das subjektive Empfinden messen zu können empfiehlt sich laut Robertson et al. (2003) die OMNI Skala, welche von der ursprünglichen BORG Skala abgewandelt wurde. Bei der Messung mussten die Probanden von 1-10 angeben, wie anstrengend sie sich die folgende Übung vorstellen können. Nach der Durchführung wurden sie erneut gefragt, wie anstrengend die geforderte Bewegung für sie war. Durch diese zwei Befragungen konnte man die Erwartung mit der tatsächlichen Empfindung vergleichen und messen ob die subjektive Anstrengung mit der beobachteten Muskelaktivität in Verbindung steht.

Wenn man die Ergebnisse betrachtet, konnte man erkennen, dass die subjektive Anstrengung, welche nach der Übung abgefragt wurde, bei einem Push up plus und bei der aktiven unilateralen Protraktion signifikant geringer für die Probanden war, als die horizontale Abduktion. Die Getesteten gaben durchschnittlich an, dass diese Übung auf einer Skala von 1-10, $7,0 \pm 1,4$ anstrengend war. Die angegebene subjektive Anstrengung für den Push up plus war mit durchschnittlich $4,2 \pm 1,2$ nur gering anstrengender als die aktive unilaterale Protraktion, mit durchschnittlich $3,9 \pm$. Betrachtet man die Werte der angegebenen erwarteten subjektiven Anstrengung, wird erkannt, dass sich Probanden vorgestellt haben, den Push up plus signifikant am anstrengendsten zu finden. Ein weiteres Augenmerk wurde auf die vorgenommene selektive Anpassung der verwendeten Kurzhantel, für die aktive unilaterale Protraktion gelegt. Die angegebene subjektive Anstrengung der Probanden, welche

mit einer 8kg Kurzhantel gemessen wurde, unterschied sich nicht signifikant mit jener Anstrengung, welche von den Probanden angegeben wurde, die mit einer 5kg Kurzhantel die Übung durchführten. Durch diese mittels OMNI Skala gemessenen Daten, kann davon ausgegangen werden, dass es sinnvoll ist, nach diesem Verfahren, das Gewicht der Kurzhantel, auf die getesteten Probanden abzustimmen. Die mittels EMG-Messung gesammelten Daten zeigen signifikant höhere Muskelaktivitätsprofile des M. serratus anterior während einem Push up plus und einer aktiven unilateralen Protraktion verglichen mit der horizontalen Abduktion. Die angegebene subjektive Anstrengung der Probanden war bei diesen Übungen signifikant geringer, als bei der horizontalen Abduktion. Diese Ergebnisse zeigen, dass die selektive Aktivierung des M. serratus anterior, für die Probanden nicht so anstrengend wahrgenommen wurde, wie die Aktivierung des M. trapezius. Da der M. serratus dem M. trapezius größtmäßig unterlegen ist, könnte ein Grund für diese Ergebnisse sein, dass die Aktivierung eines kleineren Muskels weniger subjektive Anstrengung verursacht, als die eines größeren. Ein weiterer Grund, weshalb die Probanden angaben, dass die horizontale Abduktion signifikant am anstrengendsten war, könnte sein, dass eine statische/isometrische Übung anstrengender als eine dynamische ist.

Abschließend wird nun auf das Hauptziel dieser Arbeit eingegangen. Wie bereits erwähnt ist das Hauptziel dieser Arbeit Unterschiede in der selektiven Aktivierung des M. serratus anterior zwischen einem Push up plus, einer aktiven unilateralen Protraktion und einer horizontalen Abduktion gibt. Gemessen wurden diese Ergebnisse mit Hilfe des Elektromyogramms. Auf Grund der nicht vorhersehbaren Muskelaktivitätsprofile welche während der horizontalen Abduktion gemessen wurden, wird diese Übung nicht mit den anderen zwei untersuchten verglichen. Zwischen dem Push up plus und der aktiven unilateralen Protraktion konnten weder in der Aktivität des M. serratus, noch in der des M. trapezius Unterschiede gemessen werden.

7.3 Klinische Relevanz

Im Kapitel Pathologien des Schultergürtels wurde schon darauf eingegangen, dass auf Grund eines schwachen, beziehungsweise insuffizienten M. serratus anterior das Schulterblatt nicht mehr am Thorax fixiert werden kann. Bei der sogenannten Skapula alata, hebt sich die Margo medialis ab, wodurch es zu einem gestörten, thorakalen beziehungsweise glenohumeralen Rhythmus kommt. In weiterer Folge kann es durch einen schwachen M. serratus anterior auch zu chronischen Nackenschmerzen kommen. Eine Kräftigung dieses Muskels zielt darauf ab, das Schulterblatt besser zu stabilisieren und dadurch die erwähnten Pathologien zu vermeiden oder zu verbessern. Auf Grund der gemessenen Daten der

Muskelaktivitätsprofile kann gesagt werden, dass es keinen Unterschied zwischen einem Push up plus und einer aktiven unilateralen Protraktion, für die Kräftigung des M. serratus anterior gibt. Die mittels mehrfaktorieller ANOVA berechneten Mean und Peakwerte unterschieden sich nicht signifikant. Andersen et al. (2014) beschreiben in ihrer Studie, dass durch Muskelkräftigung des M. serratus anterior und gleichzeitiger Nichtbeanspruchung des M. trapezius pars descendens, chronische Nackenschmerzen verringert werden können. Die gemessenen Muskelaktivitäten des M. trapezius pars descendens unterschieden sich zwischen dem Push up plus und der aktiven unilateralen Protraktion nicht signifikant. Auch die mittels OMNI Skala gemessene subjektive Anstrengung, konnte keine Unterschiede zwischen diesen beiden Übungen feststellen. Obwohl es gemäß den gesammelten Daten zu den zwei verschiedenen Übungen keine signifikanten Unterschiede gibt, kann mit diesem Ergebnis dennoch keine klinische Relevanz zur Übungsauswahl getroffen werden. Es gibt verschiedene Gründe weshalb PatientInnen Probleme mit dem Push up plus haben könnten und TherapeutInnen deshalb die aktive unilaterale Protraktion wählen. Personen mit Knieproblemen wird es nicht möglich sein die gewünschte Ausgangstellung einzunehmen. Des Weiteren könnten auf Grund von fehlender Rumpfkraft, Probleme auftreten, den gesamten Oberkörper und die Oberschenkel in der Körperlängsachse zu stabilisieren. Die dadurch resultierenden Ausweichbewegungen könnten die gewünschte Muskelaktivität des M. serratus anterior verändern, beziehungsweise verfälschen. Für diese Gruppe der PatientInnen könnte das Training des M. serratus anterior in der Ausgangstellung von der aktiven unilateralen Protraktion von Vorteil sein. Ein weiterer Grund weshalb TherapeutInnen die aktive unilaterale Protraktion, für gewisse PatientInnen, dem Push up plus vorziehen könnten, ist die einfachere individuelle Anpassung des Trainingsgewichts. Zum einen kann diese Anpassung über das EWM erfolgen. Der/die TherapeutIn ermittelt das höchst mögliche Gewicht, dass von der Person eine Wiederholung lang bewegt werden kann. Um den Effekt der Muskelkräftigung beziehungsweise der Hypertrophie erreichen zu können, empfiehlt sich laut Tomastis und Haber (2016) mit einem Gewicht zu trainieren, welches mehr als 40% des EWM ausmacht. Die Wiederholungszahl der Übung sollte zwischen 10-15 liegen. TherapeutInnen können neben dem Gewicht auch das Trainingsgerät anpassen. Um eine bilaterale Komponente zu erreichen, könnte die Kurzhantel durch eine Langhantel ersetzt werden. Durch diese Veränderung könnte es PatientInnen leichter fallen, das Gewicht während der Bewegung zu stabilisieren um Ausweichbewegungen zu verhindern. Um den Push up plus auf die PatientInnen abzustimmen, kann die Ausgangstellung verändert werden. Personen denen es Probleme bereitet auf die Unterlage zu kommen, können den Stütz gegen eine Wand beziehungsweise gegen eine Therapieliege aufbauen. Der

Winkel zwischen Untergrund und Oberkörper kann dadurch soweit verkleinert werden, dass die gewünschte Trainingsintensität einsetzt. Erschwert kann die Ausgangsstellung, durch Veränderung des Hebels werden. Werden die Füße statt den Knien zu den Auflagepunkten, wird mehr Kraft benötigt um den Körper in der Körperlängsachse zu stabilisieren. Laut Kim et al. (2017) kann zusätzliches Abheben eines Fußes von der Unterlage, die Muskelaktivität des M. serratus anterior steigern. Ein Vorteil des Push up plus gegenüber der aktiven unilateralen Protraktion ist, dass diese in einer geschlossenen Kette durchgeführt wird, wodurch Ausweichbewegungen minimiert werden können. Ein weiterer Vorteil des Push up plus ist, dass durch die Stützposition viele verschiedene Muskeln zusammen arbeiten müssen um diese Ausgangsstellung zu ermöglichen. Jung und Cho (2015) beschreiben in ihrer Arbeit, dass neben dem M. serratus anterior vor allem der M. deltoideus, der M. infraspinatus und der M. pectoralis major, die Stabilität im Schultergürtel ermöglichen. Um die Ausgangsstellung dem individuellen Belastungsniveau der PatientInnen anzupassen empfiehlt sich laut Robertson et al. (2003) das Verwenden der OMNI Skala. Lagally et al. (2009) behaupten, dass die Werte 3, 6 und 9 der OMNI-Skala zum Definieren der notwendigen Übungsintensität für das Kraftausdauer-, Muskelhypertrophy- und das Maximalkrafttraining angestrebt werden können. Laut Tomastis und Haber (2016) kann sich die Intensität einer Übung auch anhand der maximal möglichen Wiederholung orientieren. Mit Hilfe dieses Ergebnisses kann passende Ausgangsstellung getroffen werden.

7.4 Limitationen

Im folgendem Kapitel werden die Limitationen der Studie erwähnt, die durch mangelnde Möglichkeiten oder durch mangelnde Beachtung im Vorfeld und während der Durchführung der Messungen entstanden sind.

1. Aufgrund dessen, dass bei dieser Studie die Elektrodenplatzierung nur auf der rechten Körperhälfte stattgefunden hat, kann man davon ausgehen, dass bei Probanden, deren dominante Körperhälfte die Linke ist, ein vermindertes Aktivitätsprofil gemessen wurde. Wie Kerschbaum, Maziak, Scheibl und Böhm (2017) in seiner Studie beschreibt gibt es Kraftunterschiede zwischen dominanter und nicht dominanter Seite in den Bewegungen der Ellenbogen Flexion und Supination des Unterarms. Das Ergebnis kann man auf diese Studie umlegen, da die Muskulatur der Schulter mit der Muskulatur des Oberarms eine funktionelle Einheit bildet. Das Erheben des Aktivitätsprofils auf der dominanten Seite wäre vor allem bei der Übung „Aktive unilaterale Protraktion“ interessant, da in diesem Fall einseitig mit einer Kurzhantel gearbeitet wurde. Aber auch bei den beiden unilateralen Übungen wäre

das Erheben des beidseitigen Aktivitätsprofils interessant gewesen, da es oft, bei der Ausführung bilateraler Übungen zu einer Kompensation über die dominante Seite kommt.

2. Durch die Anatomie des M. serratus anterior und die damit verbundene Elektroden Platzierung wurden, wie bereits erwähnt, Frauen aus dieser Studie ausgeschlossen. Damit sind die Ergebnisse auch nur auf männliche Patienten umlegbar. Das Aktivitätsprofil der Muskulatur gemessen an Damen, bei diesen Übungen müsste noch untersucht werden.
3. Um die gemessenen EMG-Werte zu standardisieren, wurden vor den eigentlichen Messungen, MVC Messungen durchgeführt. Diese MVC Messungen sind laut Literatur die aktuellsten Methoden um das maximale Aktivitätsprofil der einzelnen Muskeln zu erhalten. Obwohl die aktuellsten Methoden zur Erhebung der maximalen Muskelkraft verwendet wurden kann nicht sichergestellt werden, dass der Outcome der Messung wirklich die maximale Aktivität eines jeden Muskels erhoben wurde. Bei manchen Probanden wurden bei der eigentlichen Messung Werte erreicht die grenzwertig nahe an der MVC Messung lagen oder diese sogar überschritten. Dieser Effekt wiederum führt dazu, dass sogenannte „Ausreißer“ das Ergebnis der statistischen Auswertung verfälschen können und dadurch im Vorhinein eliminiert werden. Die verminderte Aktivität der MVC Messung kann einerseits an der Motivation der einzelnen Probanden liegen, um diesem Effekt entgegenzuwirken wurden die Probanden verbal angefeuert oder ermutigt. Wie die Ergebnisse der Studie von Binboga, Tok, Catikkas und Dane (2013) zeigen wird eine höhere MVC Messung erreicht, wenn die Probanden verbal ermutigt werden. Anders als bei dieser Studie beschrieben, wurde die verbale Ermutigung nicht von einem Tonband abgespielt, sondern von dem Therapeuten durchgeführt, der nicht den manuellen Widerstand für die MVC Messung am Probanden gab. Andererseits kann eine verminderte MVC Messung auch dadurch entstehen, dass bei bestimmten MVC Messmethoden ganze Muskelgruppen und nicht nur der einzelne Muskel angesteuert wird.
4. Ein weiterer Punkt der als Limitation zu erwähnt wird, ist die Anzahl der getesteten Probanden. Die Gruppengröße war im Vergleich mit zuvor durchgeführten Studien dieser Art zwar groß genug, es wäre jedoch gut auf eine größere Messgruppe zurückgreifen zu können. Durch die Vergrößerung der Messgröße würden sich mögliche Fehler, die während der Messungen auftreten, besser kompensieren. Die Gruppengröße war zum Teil wegen dem begrenzten Rekrutierungsfeld, der FH St. Pölten eingeschränkt. Dazu kommt, dass die Messungen innerhalb von wenigen Tagen

durchgeführt werden mussten, da das Labor in dem die Messungen durchgeführt wurden, nur zu gewissen Zeiten benutzt werden konnte.

Für Studien, welche sich in Zukunft mit dieser Thematik beschäftigen, wäre es sinnvoll zu untersuchen, welche Unterschiede zwischen Frauen und Männern festgestellt werden können. Da in dieser Arbeit nur männlich Probanden untersucht worden sind, könnten sich die gemessenen Werte zu denen von weiblichen Probandinnen unterscheiden. Des Weiteren wäre es sinnvoll neben den gemessenen EMG-Daten, die subjektive Anstrengung mittels OMNI Skala zu vergleichen, um herauszufinden ob Frauen den Push up plus und die aktive unilaterale Protraktion als anstrengender empfinden oder kein Unterschied festgestellt werden kann. Ein weiterer Punkt welcher in zukünftigen Studien behandelt werden könnte wäre, inwiefern sich die Ergebnisse unterscheiden, wenn man die EMG-Messungen bilateral durchführt, da bei dieser Arbeit nur die rechte Seite gemessen wurde.

Weiters könnte ein Verändern des Studiendesigns noch offene Fragen klären. Bei einer sogenannten Randomised controlled Trial kurz RCT Studie, könnten zwei Gruppen miteinander verglichen werden. Damit könnten die Ergebnisse verglichen werden, wenn eine Gruppe über längere Zeit nur mit dem Push up plus trainiert, während die zweite Gruppe nur mit der aktiven unilateralen Protraktion arbeitet. Es könnten dabei die gemessene maximale Wiederholungsanzahl beziehungsweise die Maximalkraft mit einander verglichen werden. Obwohl bei dieser Bachelorarbeit keine signifikanteren Unterschiede in den Muskelaktivitätsprofilen der untersuchten Muskeln gemessen werden konnte, besteht die Möglichkeit, dass es auf Grund der unilateralen Komponente zu unterschiedlichen Ergebnissen in einer Randomised controlled Trial kommt.

8 Zusammenfassung

Ein schwacher M. serratus anterior kann verschiedene Pathologien des Schultergürtels verursachen. Eine Schwäche dieses Muskels kann zu einem Abheben des medialen Randes, der Margo medialis, der Skapula führen, bekannt unter Skapula alata. Durch diese Pathologie kommt es zu einem eingeschränkten glenohumeralen beziehungsweise thorakalem Rhythmus. Auf Grund dieser Schulterpathologien kann es zu Qualitätseinbußen der Schulterbeweglichkeit kommen. In Folge kann ein schwacher M. serratus anterior zu chronischen Nackenschmerzen führen. Auf Grund der veränderten Arbeitssituation vor allem in den westlichen Ländern, kommt es zu Fehlbelastungen welche meist durch Fehlhaltungen verursacht werden. Diese Fehlbelastungen führen in weiterer Folge zu Muskelschwäche und Verlust des Bewegungsausmaßes.

In dieser Bachelorarbeit wurden mittels EMG-Messung drei verschiedene Kräftigungsübungen miteinander verglichen. Das Hauptziel dieser Arbeit war es herauszufinden ob es Unterschiede in der selektiven Muskelaktivität des M. serratus anterior zwischen den Übungen gibt. Die untersuchten Übungen waren der Push up plus, die aktive unilaterale Protraktion und die horizontale Abduktion. Es wurde auf Grund der recherchierten Literatur davon ausgegangen, dass der Push up plus die signifikant höchsten Muskelaktivitätsprofile im M. serratus anterior aufzeigen wird. Jedoch sollte die Aktivität des M. trapezius pars descendens am geringsten sein, da Studien beweisen konnten, dass Kräftigung der Schulterblatt stabilisierenden Muskulatur einen positiven Effekt auf chronische Nackenschmerzen hat. Die Messungen zeigten, dass entgegen den Erwartungen keine Muskelaktivität des M. serratus anterior während einer horizontalen Abduktion gemessen werden konnte. Die Aktivität der verschiedenen Anteile des M. trapezius war jedoch bei dieser Übung signifikant am höchsten. Die Ergebnisse der Muskelaktivitätsprofile des Push up plus unterschieden sich nicht signifikant von denen der aktiven unilateralen Protraktion, weder bei der Aktivität des M. serratus anterior noch bei der des M. trapezius. Das Nebenziel dieser Arbeit war herauszufinden ob die subjektive Anstrengung der Probanden mit den Ergebnissen der EMG-Messung in Verbindung stehen. Die Ergebnisse der OMNI-Skala konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen Push up plus und der aktiven unilateralen Protraktion feststellen. Das Ergebnis dieser Bachelorarbeit ist bezogen auf das Hauptziel, dass es zwischen dem Push up plus und der aktive unilaterale Protraktion keine Unterschiede in der selektiven Muskelaktivität des M. serratus anterior gibt. Des Weiteren konnte kein Unterschied in der subjektiven Anstrengung bei diesen zwei Übungen gemessen werden.

Bezogen auf die klinische Relevanz kann nun abschließend gesagt werden, dass hinsichtlich der Aktivierung des M. serratus anterior keine Unterschiede zwischen dem Push up

plus und der aktiven unilateralen Protraktion gibt. Jedoch gibt es verschiedene Gründe weshalb eine Übung gegenüber der anderen bevorzugt werden konnte. Studien konnten zeigen, dass die Kräftigung des M. serratus anterior die Stabilisation des Schulterblattes ermöglicht, wodurch verschiedene Pathologien verbessert beziehungsweise vorgebeugt werden. Des Weiteren kann die Kräftigung positive Effekte auf chronische Nackenschmerzen haben.

VI. Literaturverzeichnis

- Andersen, C. H., Andersen, L. L., Zebis, M. K., & Sjøgaard, G. (2014). Effect of Scapular Function Training on Chronic Pain in the Neck/Shoulder Region: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Occupational Rehabilitation, 24*(2), 316–324.
<https://doi.org/10.1007/s10926-013-9441-1>
- Batbayar, Y., Uga, D., Nakazawa, R., & Sakamoto, M. (2015). Effect of various hand position widths on scapular stabilizing muscles during the push-up plus exercise in healthy people. *Journal of Physical Therapy Science, 27*(8), 2573.
<https://doi.org/10.1589/jpts.27.2573>
- Binboğa, E., Tok, S., Catikkas, F., Guven, S., & Dane, S. (2013). The effects of verbal encouragement and conscientiousness on maximal voluntary contraction of the triceps surae muscle in elite athletes. *Journal of Sports Sciences, 31*(9), 982–988.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2012.758869>
- Carvalho, A., Caserotti, P., Carvalho, C., Abade, E., & Sampaio, J. (2014). Effect of a short time concentric versus eccentric training program on electromyography activity and peak torque of quadriceps. *Journal of Human Kinetics, 41*, 5–13.
<https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0027>
- Castelein, B., Cools, A., Parlevliet, T., & Cagnie, B. (2016). Are chronic neck pain, scapular dyskinesis and altered scapulothoracic muscle activity interrelated?: A case-control study with surface and fine-wire EMG. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 31*, 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2016.10.008>
- Ekstrom, R. A., Donatelli, R. A., & Soderberg, G. L. (2003). Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 33*(5), 247–258.

- Fennell, J., Phadke, C. P., Mochizuki, G., Ismail, F., & Boulias, C. (2016). Shoulder Retractor Strengthening Exercise to Minimize Rhomboid Muscle Activity and Subacromial Impingement. *Physiotherapy Canada*, 68(1), 24–28.
<https://doi.org/10.3138/ptc.2014-83>
- Fu, F. H., Seel, M. J., & Berger, R. A. (1991). Relevant shoulder biomechanics. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 1(2), 134–146. [https://doi.org/10.1016/S1048-6666\(05\)80024-2](https://doi.org/10.1016/S1048-6666(05)80024-2)
- Gioftsos, G., Arvanitidis, M., Tsimouris, D., Kanellopoulos, A., Paras, G., Trigkas, P., & Sakellari, V. (2016). EMG activity of the serratus anterior and trapezius muscles during the different phases of the push-up plus exercise on different support surfaces and different hand positions. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(7), 2114. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.2114>
- Grigereit, A., Ziesing, A., Vogt, L., & Banzer, W. (2003). Elektromyographische Untersuchung zum präventiven und rehabilitativen Schultertraining bei Überkopfsportlern. *Sportverletzung· Sportschaden*, 17(01), 21–25.
- Hislop, H. J., & Montgomery, J. (2007). *Manuelle Muskeltests* (8.). Elsevier, Urban & Fischer.
- Horsak, B., Kiener, M., Pötzelsberger, A., & Siragy, T. (2017). Serratus anterior and trapezius muscle activity during knee push-up plus and knee-plus exercises performed on a stable, an unstable surface and during sling-suspension. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 23, 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.08.003>
- Jung, J., & Cho, W. (2015). Effects of push-up exercise on shoulder stabilizer muscle activation according to the grip thickness of the push-up bar. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(9), 2995. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2995>
- Karin Wieben, & Bernd Falkenberg. (o. J.). *Muskelfunktion*.

- Kendall, F. P., Supplitt, G., & Schierenberg, C. (Hrsg.). (2009). *Muskeln: Funktionen und Tests* (5. völlig überarb. und erw. Aufl., auf Grundlage der 3. amerikan. Aufl., mit Erw. aus der 4. und 5. amerikan. Aufl). München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Kerschbaum, M., Maziak, N., Böhm, E., & Scheibel, M. (2017). Elbow flexion and forearm supination strength in a healthy population. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 26(9), 1616–1619. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2017.05.031>
- Kibler, W. B., & Sciascia, A. (2010). Current concepts: scapular dyskinesis. *British Journal of Sports Medicine*, 44(5), 300–305. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.058834>
- Kim, J., Yun, C., & Lee, M. (2017). A comparison of the shoulder and trunk muscle activity according to the various resistance condition during push up plus in four point kneeling. *Journal of physical therapy science*, 29(1), 35–37.
- Konrand, P. (2011). *EMG-FIBEL Eine praxisorientierte Einführung in die kinesiologische Elektromyographie* (Bd. 1.1).
- Laekeman, M., Kreutzer, R., & Junginger, B. (2009). *Großer Bildatlas der Palpation: anatomische Strukturen gezielt lokalisieren und begreifen ; mit 33 Tabellen*. Heidelberg: Springer.
- Lagally, K. M., Amorose, A. J., & Rock, B. (2009). Selection of resistance exercise intensity using ratings of perceived exertion from the OMNI-RES. *Perceptual and Motor Skills*, 108(2), 573–586. <https://doi.org/10.2466/PMS.108.2.573-586>
- Park, Cynn, & Yi. (2012). Effect of isometric horizontal abduction on pectoralis major and serratus anterior EMG activity during three exercises in subjects with scapular winging. Abgerufen 29. März 2017, von <http://www.sciencedirect.com.ez.srv.meduniwien.ac.at/science/article/pii/S1050641112002167>
- Park, S., & Yoo, W. (2011). Differential activation of parts of the serratus anterior muscle during push-up variations on stable and unstable bases of support. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(5), 861–867. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.07.001>

- Park, S.-I., Choi, Y.-K., Lee, J.-H., & Kim, Y.-M. (2013). Effects of Shoulder Stabilization Exercise on Pain and Functional Recovery of Shoulder Impingement Syndrome Patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(11), 1359–1362.
<https://doi.org/10.1589/jpts.25.1359>
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... Andreacci, J. (2003). Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for Resistance Exercise: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(2), 333–341.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>
- Schünke, Schulte, & Schumacher. (2014). *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. (Voll & Wesker, Hrsg.) (4., überarbeitete und erweiterte Auflage). Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag.
- Tibaek, S., & Gadsboell, J. (2015). Scapula alata: description of a physical therapy program and its effectiveness measured by a shoulder-specific quality-of-life measurement. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 24(3), 482–490.
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2014.07.006>
- Tomasits, J., & Haber, P. (2016). *Leistungsphysiologie*. Springer.