

Sensory-Motor Systems Lab, Departement Gesundheitswissenschaften und Technologie, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

## Elektromyographische Untersuchungen des Trapezmuskels (pars descendens) bei sieben verschiedenen Normalisierungspositionen und bei maximaler Schultererelevation (Resultate einer Studienarbeit von Gion-Pitschen Gross und Gian Andri Rauch, 2007)

Thomas Läubli

*T. Läubli: Elektromyographische Untersuchungen des Trapezmuskels (pars descendens) bei sieben verschiedenen Normalisierungspositionen und bei maximaler Schultererelevation. Zbl Arbeitsmed 63 (2013) 246–249*

**Schlüsselworte:** Elektromyographie, Trapezmuskel, Normalisierung, Standardposition

**Kurzfassung:**

Zur Normalisierung der elektromyographisch erfassten Aktivität des Trapezmuskels (pars descendens) wird oft die Messung bei seitlich ausgestreckten Armen verwendet. Die vorliegende Arbeit untersuchte, ob geringe Abweichungen von der Standardposition zu unterschiedlichen Messwerten führen und verglich die Werte mit der Aktivität bei Schultererelevation mit Maximalkraft.

Bei zehn Personen wurde die Muskelaktivität bei unterschiedlichen Haltungen der Arme in randomisierter Folge und zum Schluss bei maximaler Kraftanstrengung gemessen. Das EMG-Signal wurde mit einer Frequenz von 512 Hz, einer Auflösung von 0.0715  $\mu V$  und einem Hochpass-Butterworth-Filter 2. Ordnung bei einer Grenzfrequenz von 20 Hz aufgenommen. Von den mittleren zwei Sekunden der einzelnen Testkontraktionen wurden für konsekutive 60 ms lange Zeitfenster RMS-Wert (Effektivwert) berechnet. Berichtet werden die mittleren Medianwerte der je zwei Messungen einer Bedingung.

Mit hängenden Armen erreichten die wenigsten Probanden eine vollständige Relaxation des Trapezmuskels. Die geringste Variabilität der relativen Werte im Vergleich zur Maximalkraft wurde in der empfohlenen submaximalen Standardmessung nach Mathiassen mit nach aussen ausgestreckten Armen beobachtet. Ein Ausweichen nach hinten führte zu erhöhten Werten. Die Aktivität der Standardmessung entsprach 17% der Aktivität bei maximaler Kraftanstrengung.

Die vorliegenden Ergebnisse geben eine grobe Abschätzung der Muskelaktivität bei der Standardmessung mit ausgestreckten Armen im Vergleich zur Maximalkraftmessung im Bereich von etwa 17%. Ein bessere Normalisierung könnte eine Messserie mit Gewichten an den Handgelenken sein, indem aus drei Messpunkten (kein Zusatzgewicht, 500g und 1000g) die Standardaktivität bestimmt wird.

### Electromyography of the trapezius muscle (descending part): comparison of the electrical activity in seven positions for normalization, and to elevation at maximal force (results of a study by Gion-Pitschen Gross and GianAndri Rauch, 2007)

*Thomas Läubli: Electromyography of the trapezius muscle (descending part): comparison of the electrical activity in seven positions for normalization, and to elevation at maximal force (results of a study by Gion-Pitschen Gross and GianAndri Rauch, 2007). Zbl Arbeitsmed 63 (2013) 246–249*

**Key words:** elektromyography, trapezius muscle, normalizing, standardposition

**Abstract:**

Electromyographic measurements of trapezius muscle activity are often normalized using standardized measures that are taken with laterally extended arms (according to Mathiassen et al., 1995). We examined whether slight deviations from this laterally extended position have an impact on the measured activity level. The measured activity levels were compared to the activity of isometric shoulder elevation at maximal force.

---

Autor:

PD Dr. med. Thomas Läubli ■ Facharzt für Arbeitsmedizin FMH und Prävention und Gesundheitswesen FMH ■ Sensory-Motor Systems Lab ■ Departement Gesundheitswissenschaften und Technologie ■ Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz

The electromyogram was recorded from ten subjects in seven shoulder positions performed in random order, followed by measures taken at maximal force. It was sampled at 512 Hz with a resolution of 0.0715  $\mu\text{V}$  and using a second-order high-pass-Butterworth filter with a cutoff frequency of 20 Hz.

The middle two seconds of each test contraction were divided into windows of 60 ms and root-mean-square values were computed. The mean of the medians from the two measures at each position is reported.

Full relaxation of trapezius muscles was rarely achieved in a position with freely hanging arms. The lowest variability of results was achieved in the standard position recommended by Mathiassen et al. Increased values were obtained in the position with arms moved slightly backwards. The electromyography activity in the standard position was, on average, 17% of the activity measured during maximal force.

Our findings give a rough estimate of muscle activity in the standard position (laterally extended arms) with respect to activity during maximal force. A better normalization could be obtained by placing different weights (e.g. no weight, 500 g and 1000 g) on the wrists and measuring activity in the standard recommended posture.

## 1. Einleitung

Die Oberflächen-Elektromyographie (EMG) wird oft benutzt, um die Beanspruchung des Trapezmuskels bei der Arbeit zu messen (Beispiel: Luttmann et al, 2009). Die Lokalisation der Elektroden, Charakteristika des Gewebes (Haut, Fettschicht) und die Stärke der Muskulatur beeinflussen die Messwerte erheblich, so dass eine Normalisierung des EMG erforderlich ist, um verschiedene Messungen zu vergleichen (Mathiassen et al., 1995). Üblicherweise wird dazu eine standardisierte Messung benutzt, entweder eine Normalisierung mittels einer Testkontraktion bei maximaler oder submaximaler Muskelanspannung. Gemäss Hansson et al. (2000) und Nordander et al. (2003) scheint eine submaximale Referenzkontraktion Vorteile gegenüber einer Maximalen zu haben, da die Variabilität zwischen den Probanden gesenkt werden könne. Die Empfehlungen zur Durchführung der submaximalen Referenzkontraktion von Mathiassen et al. (1995) haben sich für die Messungen beim Trapezmuskel allgemein durchgesetzt. Die Arme werden in der Frontalebene gestreckt und in 90° Abduktion gehalten. Die Hände sollten entspannt werden.

Beim Anwenden dieser Methode ergaben sich bei unseren Messungen (Nicoletti et al, 2012) Schwierigkeiten, indem sehr tiefe oder auch sehr hohe Referenzwerte gemessen wurden. Bei Labortests ist diese Problematik weniger wichtig, da wiederholte Messungen leicht möglich sind und Untersuchungen mit geeigneten Personen durchgeführt werden können. In Felduntersuchungen ist eine willkürliche Auswahl geeigneter

Probanden oftmals nicht zulässig und eine verlässliche Bestimmung der Muskelaktivität zur Normalisierung ist ein dringendes Erfordernis. Ziel dieser Publikation ist es, die Resultate einer kleinen Testserie darzustellen, die untersuchte, wie stark die gemessenen Referenzkontraktionen durch Abweichen von der optimalen Position beeinflusst werden.

## 2. Methodik

An den Messungen nahmen neun Personen im Alter zwischen 20–30 Jahren und eine über 40-jährige Person teil. Zuerst wurde die Muskelaktivität bei unterschiedlichen Haltungen der Arme in randomisierter Folge und zum Schluss bei maximaler Kraftanstrengung gemessen. Die Messpositionen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Bei der Ruheposition hingen die Arme entspannt nach unten. Bei „Pos 2“ wurden die Arme um 45° nach lateral angehoben. Die „Pos 3“ entsprach der Stan-

dardposition nach Mathiassen et al. (1995). Die folgenden Positionen 4–7 überprüften, ob leichte Abweichungen von der geforderten Standardkörperhaltung einen wesentlichen Einfluss auf den Wert der Referenzkontraktion hatten.

In jeder Position wurde zweimal während drei Sekunden gemessen. Zwischen allen Messungen wurde für mindestens 30 Sekunden eine entspannte Körperhaltung eingenommen. Nach diesen Messungen erfolgten drei Maximalkraft-Messungen. Dazu saßen die Versuchsperson auf einer Sitzfläche und drückten mit zunehmender Anstrengung die beiden vorher auf den Schultern fixierten Filzpolster gegen die Messapparatur nach oben bis die Maximalkraft erreicht wurde (siehe Abbildung 1). Mehrminütige Pausen zwischen den Maximalkraftmessungen ermöglichte eine Erholung der Muskeln.

Das EMG-Signal wurde mit einer Frequenz von 512 Hz, einer Auflösung von 0.0715  $\mu\text{V}$  und einem Hochpass-Butter-

Tabelle 1: Darstellung der untersuchten Positionen.

Pos	Stellung
1	Ruheposition, Arme nach unten
2	45 Grad nach aussen
3	Arme waagrecht nach aussen
4	Arme waagrecht, ca. 10 Grad nach vorne
5	Arme waagrecht, ca. 10 Grad nach hinten
6	Arme „waagrecht“, ca. 10 Grad nach oben
7	Arme „waagrecht“, ca. 10 Grad nach unten
8	Maximalkraft



Abbildung 1: Messapparatur zur Bestimmung des EMG bei Maximalkraft (linkes Bild) und Positionierung der Elektroden (rechtes Bild). Die Sitzfläche erlaubt eine stabile Position des gegen hinten fixierten Körpers. Die Beine schweben über dem Boden, damit sie nicht zur Kraftausübung eingesetzt werden können. Die Messelektroden lagen im medialen Drittel der Linie Akromion-C7, damit die Filzpolster bei der Maximalkraftmessung genügend weit von den Elektroden entfernt waren. Diese Lokalisation wurde mit den Autoren von „SENIAM“ besprochen, entspricht jedoch nicht den aktuellen Empfehlungen (SENIAM (2012)).

worth-Filter 2. Ordnung bei einer Grenzfrequenz von 20 Hz aufgenommen. Eine genaue visuelle Kontrolle aller einzelnen Messungen zeigte für alle EMG-Aufnahmen innerhalb der mittleren zwei Sekunden der Muskelkontraktionen eine konstante Aktivierung des Trapezmuskels. Von diesen mittleren stabilen EMG-Registrierungen der einzelnen Testkontraktionen wurden Mittels des Programms Matlab für konsekutive 60 ms lange Zeitfenster RMS-Wert (Effektivwert) berechnet. Berichtet werden die mittleren Medianwerte der beiden Messungen von jeweils zwei Sekunden für die acht Positionen.

### 3. Resultate

Die Ergebnisse dieses kleinen Experiments sind in Abbildung 2 zusammengestellt. In der Pos 1 erreichten die wenigsten Probanden eine vollständige Relaxation des Trapezmuskels, die An-

spannung betrug bis fast sechs Prozent der Maximalkraft. Die Person mit dieser „schlechten“ Entspannung zeigte auch für alle anderen Positionen die höchsten Werte, relativ zur Maximalkraft. Es ist daher zweifelhaft, ob sie eine maximale Anspannung erreichte. Keiner der Probanden berichtete jedoch über grössere Probleme beim Ausführen der Testkontraktionen. Die geringste Variabilität der relativen Werte im Vergleich zur Maximalkraft wurde in der von Mathiassen et al. (1995) empfohlenen submaximalen Standardmessung beobachtet (Pos 3). Ein Ausweichen nach hinten (Pos 5) zeigte deutlich höhere Werte.

Von Interesse ist der Vergleich der gemessenen Aktivität der Standardmessung nach Mathiassen et al. (1995) und der gemessenen Maximalkraft. In unserem kleinen Kollektiv entsprach die Aktivität der Standardmessung nach Mathiassen et al. (1995) etwa 17% der Akti-

vität bei maximaler Kraftanstrengung. Die Standardabweichung betrug  $\pm 11\%$ . Ein Wert von 11% der Maximalkraft entspricht allerdings 56% des Mittelwertes des submaximalen Tests und zeigt eine grosse Streubreite zwischen den einzelnen Testpersonen an (Tabelle 2).

### 4. Diskussion

Der Trapezmuskel ist ein Muskel mit grosser Ausdehnung und mehreren Funktionen. Schmerzhaft Befunde betreffen meist den Pars descendens (siehe Abbildung 1), der in vielen Studien und deshalb auch hier untersucht wurde. Im hier benutzten Testgerät für die Maximalkraftmessung pressten die Versuchspersonen die Schulter gegen einen fixen Widerstand senkrecht nach oben. Damit war die Kraftrichtung und Position der Schulter gut definiert. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da beim Ziehen an ei-



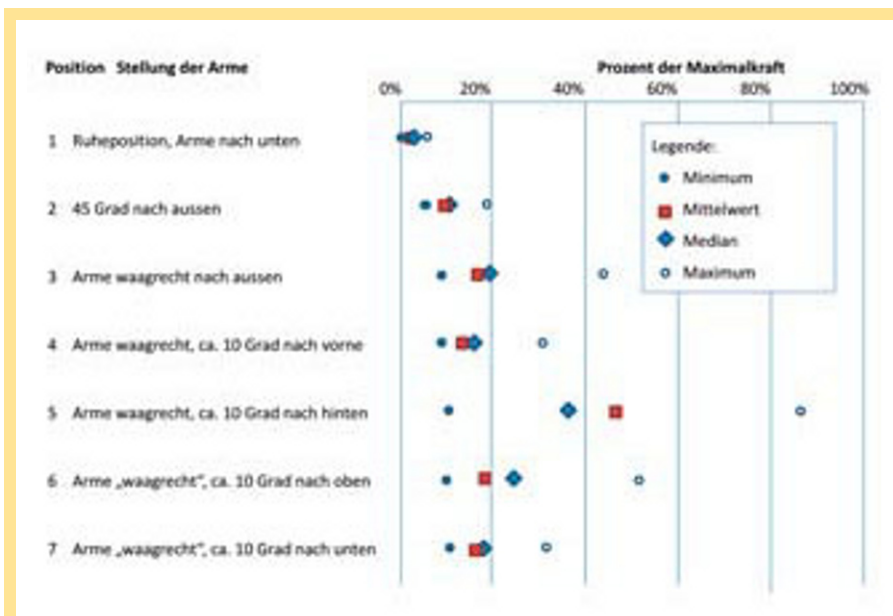


Abbildung 2: Vergleich der gemessenen Aktivität der Standardmessung nach Matthiassen et al. (1995) mit der gemessenen Maximalkraft.

nem gut fixierten Griff für den Versuchsleiter nur schwer zu beobachtende Abweichungen von einer senkrechten Kraftentwicklung erfolgen können. Trotzdem bleibt die Schulter gegen den Brustkorb etwas verschiebbar, so dass beim Bewegen der Arme nach vorn oder hinten auch eine Veränderung der Schulterposition im Vergleich zur Halswirbelsäule stattfindet. Damit können sich auch in der von uns benutzten und optimierten Messapparatur die Kraftvektoren im Trapezmuskel verändern und es werden andere Muskelregionen aktiviert, was bei einer submaximalen Kontraktion zu wesentlichen Änderungen im EMG führen kann. In der Tat waren die Messabweichungen, je nach unterschiedlicher Position teils signifikant unterschiedlich, besonders beim Abwei-

chen der Arme nach hinten. Abweichungen von der vorgeschriebenen Position sind für die Versuchsleiter einfach erkennbar und sollten daher bei einer sorgfältigen Versuchsdurchführung wenige Probleme verursachen. Die Resultate zeigen, dass besonders ein Abweichen der Armposition gegen hinten zu Verfälschungen der Messwerte führt. Dies sollte leicht vermeidbar sein, da sie von allen Versuchspersonen als sehr anstrengend empfunden wurde.

Die Messung der Maximalkraft erwies sich als problematisch, da es uns nicht vollständig gelang, eine stabile, fixe Kraftübertragung von der Schulter auf den Messsensor zu gewährleisten und gleichzeitig jegliche Schmerzempfindung zu verhindern. Einzelne Versuchspersonen empfanden die Druck-

schmerzen als erheblich. Alle Versuchspersonen erklärten, dass die unangenehme Schmerzempfindung sie nicht bei der maximalen Kraftanstrengung zur Schulterevaluation behindert habe. Trotzdem ist eine Beeinflussung der Kraftanstrengung möglich. Es brauchte eine gute Betreuung der Versuchspersonen, damit sie eine konstante maximale Anspannung über drei Sekunden ausführen konnten.

Es könnte daher sinnvoll sein, an den Handgelenken Gewichte von beispielsweise 500g und 1000g anzubringen und aus den drei Messpunkten (kein Zusatzgewicht, 500g und 1000g) die Standardaktivität zu bestimmen.

Danksagung: Die Messungen, welcher dieser Darstellung zu Grunde liegen, wurden von Gross und Rauch 2007 für eine Semesterarbeit an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich durchgeführt.

## 5. Literatur

- Hansson, G. A., Nordander, C., Asterland, P., Ohlsson, K., Stromberg, U., Skerfving, S. and Rempel, D. (2000). Sensitivity of trapezius electromyography to differences between work tasks – influence of gap definition and normalisation methods. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 10(2): 103–115.
- Luttman A, Sökeland J, Laurig W (1996): Electromyographical study on surgeons in urology. I. Influence of the operating technique on muscular strain, *Ergonomics*, 39:2, 285–297.
- Matthiassen, S. E., Winkel, J. and Hagg, G. M. (1995). Normalization of surface emg amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies – a review. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 5(4): 197–226.
- Nordander, C., Willner, J., Hansson, G. A., Larsson, B., Unge, J., Granquist, L. and Skerfving, S. (2003). Influence of the subcutaneous fat layer, as measured by ultrasound, skinfold calipers and bmi, on the emg amplitude. *European Journal of Applied Physiology* 89(6): 514–519.
- SENIAM (2012). Surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles. <http://www.seniam.org>.
- Veiersted, K. B. (1991). The reproducibility of test contractions for calibration of electromyographic measurements. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 62(2): 91–98.

Tabelle 2: Muskelaktivität der Standardmessung nach Matthiassen et al. (1995) im Vergleich zur Maximalkraft.

Parameter	Muskelaktivität [Prozent der Aktivität bei Maximalkraft]
Mittelwert	19%
Median	17%
Standardabweichung	11%
Minimum	9%
Maximum	43%