

Xco-Trainer: Leere Worte oder tatsächliche Wirkung?

Von: R. van Bruinessen, S. Couzy, P. van Doorn, K. den Hertog, A. Weimar, G. van de Wetering.

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie wurden die unterschiedlichen Muskelaktivitäten beim Trainieren mit einem Xco-Trainer und mit „toten Hanteln“ untersucht, wobei man sich hier auf die Muskelaktivität des M. biceps brachii und des M. triceps brachii während der Beuge-/Streckbewegung des Ellenbogens konzentrierte. Diese Bewegung wurde in unterschiedlichen Geschwindigkeitsstufen von 40, 60, und 80 Bewegungen pro Minute ausgeführt. Unter Einsatz einer Armstütze und einer Videokamera wurden die Ausgangsposition und die Bewegung selbst standardisiert. Die Teilnehmerzahl dieser Studie lag bei 10 Personen (Studiensubjekte). Jedes Studienobjekt führte die Bewegung in den drei verschiedenen Geschwindigkeitsstufen durch. Die ersten drei Durchgänge wurden mit dem Xco-Trainer absolviert. Anschließend folgten dieselben drei Durchgänge mit der Hantel. Zwischen jedem Durchgang folgte ein Ruheintervall von zwei Minuten.

Ergebnisse: Die Ergebnisse dieser Studie zeigten einen wesentlichen Unterschied in der Muskelaktivität. Das Trainieren mit dem Xco-Trainer verlangte bei jeder Geschwindigkeitsstufe eine höhere Muskelaktivität als das Trainieren mit der Hantel. Der größte Unterschied lag bei etwa 39% für den M. triceps und etwa 20% für den M. biceps (zu Gunsten des Xco-Trainers). Die gesamte prozentuale Abweichung der Muskelaktivität beider Muskeln zusammen kann bei gleicher Geschwindigkeit über 56% erreichen (zu Gunsten des Xco-Trainers). Bei den drei getesteten Geschwindigkeitsstufen trat die größte Abweichung in der Muskelaktivität bei 40 Wiederholungen pro Minute auf.

Stichworte: Xco-Trainer, Reactive Impact, Oberflächen-EMG

1. Einleitung

Die aktive Einbeziehung der Patienten in den Behandlungsverlauf spielt in der Physiotherapie eine immer größere Rolle. Neben den passiven Behandlungsmethoden erfolgt das Trainieren unter Aufsicht eines Physiotherapeuten immer häufiger mit dem Ziel der Verbesserung der Stabilität, Koordination, Muskelkraft und Ausdauer des Patienten. Zum Erreichen dieser Ziele stehen verschiedene Hilfsmittel, wie zum Beispiel Flaschenzüge, Gymnastikbälle und Hanteln, zur Verfügung. Die Funktionalität dieser Trainingshilfsmittel wird kontinuierlich verbessert, und es werden auch immer wieder neue Produkte entwickelt. Eines dieser neuen Produkte ist der Xco-Trainer. Der Xco-Trainer ist ein röhrenförmiger Behälter, in dem sich ein Granulat befindet, das frei hin und her schwingen kann¹, so dass am Ende der Bewegung eine Aufprallwirkung entsteht, wenn die lose Masse am Ende der Röhre ankommt. Diese Reaktion nennt man „reactive Impact“ (verzögerter Aufprall). Laut dem Entdecker entsteht dadurch eine zusätzliche mechanische Belastung der

Muskelfasern und der dazugehörigen Gewebeumhüllung.^{1,2} Verschiedene Studien haben außerdem gezeigt, dass der Xco-Trainer sich positiv auf das Erhöhen der Herzschlagfrequenz, den Sauerstoff- und den Energieverbrauch auswirkt^{3,4}. Im Rahmen dieser Studie haben wir die Unterschiede in der Muskelaktivität beim Trainieren mit dem Xco-Trainer im Vergleich zum Trainieren mit Hanteln unter Einsatz eines Oberflächen-EMGs untersucht.

2. Problemstellung

Vor Beginn der Studie wurden die beiden folgenden Forschungsfragen formuliert:

1. Gibt es einen Unterschied in der Höhe der Muskelaktivität des M. biceps brachii und des M. triceps brachii bei der Beuge-/Streckbewegung des Ellenbogens beim Trainieren mit dem Xco-Trainer im Vergleich zum Training mit einer Hantel?

2. Wirkt sich die Frequenz der Beuge-/Streckbewegung des Ellenbogens auf den reactive Impact und die Muskelaktivität aus?

3. Hypothese

Vor der Formulierung der Hypothese wurde überprüft, inwiefern bereits Literatur über Studien zum Xco-Trainer verfügbar war. Das Movement Technology Expertise Centre (ECBT) in Den Haag hatte bereits Forschungen zum „reactive Impact“ durchgeführt. Durch Messen der einzelnen Bewegungsmomente eines sich bewegenden „Arms“ mit einem Xco-Trainer oder einer Hantel in der Hand wurde der reactive Impact nachgewiesen. In Abb. 1 werden die Ergebnisse eines sich bewegenden Arms mit einem Original-Xco-Trainer und einer Hantel abgebildet. Drei Höhepunkte treten deutlich hervor, nämlich⁵:

- Der erste Höhepunkt zeigt den Moment des Ankommens am Wendepunkt an.
- Der zweite Höhepunkt zeigt die Vibration des Arms an.
- Der dritte Höhepunkt zeigt den Moment des Aufpralls nach dem Wendepunkt an, den reactive Impact.

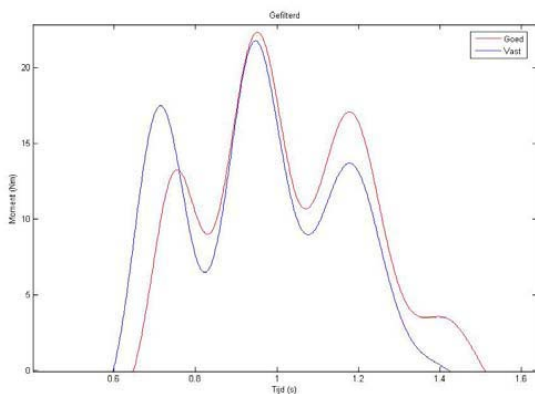


Abbildung 1: Graphik des „reactive Impact“. Die rote Linie ist der Xco-Trainer, und die blaue Linie die Hantel. Der reactive Impact wird am dritten Höhepunkt sichtbar.⁵

Hieraus lässt sich ableiten, dass der reactive Impact einen größeren Moment entstehen lässt als die Hantel, was zur Formulierung der ersten Hypothese führt:

1a. Die Gruppe erwartet, dass während der Beuge-/Streckbewegung des Ellenbogens mit dem Xco-Trainer im Moment des reactive Impact eine Belastungsspitze auftreten wird.

Da der Moment das Produkt von Kraft mal Armbewegung ist (siehe Formel 1), steigt die Kraft bei größerem Moment und demselben Arm an.

$$\text{Formel 1: } M = F \cdot a$$

Bei dynamischen Kontraktionen ist die Stärke des EMG-Signals (Muskelaktivität) nicht direkt proportional zur externen Belastung.^{6,7} Daher führt der reactive Impact, gemessen als höhere externe Belastung, nicht zu einem direkt proportionalen Anstieg des EMG-Signals.

1b. Die Gruppe erwartet, dass sich mit dem reactive Impact im Vergleich mit der Hantel eine höhere Muskelaktivität während der konzentrischen Kontraktion zeigen wird.

Wie aus Abb. 1 hervorgeht, setzt der reactive Impact nach der Umkehr der Bewegung ein. Das bedeutet, dass hier eine größere Belastung im konzentrischen Sinne vorhanden sein muss. Daher geht man davon aus, dass ein Anstieg des EMG-Signals erfolgen muss, wenn die externe Belastung, der reactive Impact, höher ist. Da dieser Anstieg aber nicht direkt proportional erfolgt, kann keine Schätzung der exakten Größe der externen Belastung vorgenommen werden.

2. Die Gruppe erwartet, dass der Unterschied in der Muskelaktivität zwischen dem Xco-Trainer und der Hantel bei einer Frequenz von 60 Wiederholungen pro Minute am größten sein wird.

Laut dem Entdecker des reactive Impact, Jan Hermans, ist der reactive Impact bei dieser Frequenz am größten, während bei einer höheren Frequenz der Xco-Trainer wie eine Hantel wirken würde. Bei einer geringeren Frequenz würde der reactive Impact eine zu geringe zusätzliche Belastung bewirken.²

4. Methoden

Um die Beweiskraft der Studie sicherzustellen, ist die Bewegung des Xco-Trainers so horizontal wie möglich auszuführen, da auf diese Weise die Gravitationsauswirkungen an beiden „Enden“ der Bewegung ähnlich sind. Man entschied, den Xco-

Trainer an beiden Bewegungsenden in einen Winkel von 45° zu bringen. Um dies zu erreichen, ist der Oberarmknochen durch eine Armstütze zu fixieren, wobei die Schulter in einer Vorbeugeposition von 120° gehalten wird. Aus dieser Position heraus wird wiederholt eine Beuge-/Streckbewegung mit einem Pfad von 75° Beugung bis 165° Streckung auf der Sagittalebene ausgeführt. Während der Bewegung wird der Xco-Trainer mittig gehalten, wie durch ein Tape angezeigt.

Zur Untersuchung des Unterschieds in der Muskelaktivität und des reactive Impact bei unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeiten wurden drei Frequenzen ausgewählt, die von einem Metronom angezeigt wurden. Das Bewegungsprotokoll wurde bei den Frequenzen 80, 120 und 160 Schläge pro Minute (bpm) geführt, und jeder Schlag des Metronoms zeigte das Ende einer Beuge- oder Streckbewegung an. Somit stehen 80, 120 und 160 Schläge pro Minute jeweils für 40, 60 und 80 Wiederholungen pro Minute.

An dieser Studie nahmen zehn Studiensubjekte teil, die folgende Teilnahmevoraussetzungen erfüllten:

- 18 -30 Jahre alt;
- Frei von Symptomen in den oberen Extremitäten;
- Minimaler Bewegungsspielraum:
Schulter: 130°/0°/-; Ellenbogen:
170°/0°/0°;
- Rechtshänder.

5. Studienaufbau

Das Oberflächen-EMG wird zur Messung der Muskelaktivität während der Beuge-/Streckbewegung des Ellenbogens eingesetzt. Die Elektroden wurden auf dem M. biceps brachii und dem M. triceps brachii, zwischen dem motorischen Reizpunkt und dem distalen Ende des Muskelbauches, platziert. Der mediale Epicondylus des Oberarmknochens wurde als Referenzpunkt genutzt. Die Kalibrierung des EMG erfolgte bei entspanntem, in der Stütze ausgestrecktem Arm.^{6,7} In der Streckposition wurde der erste Marker im EMG gesetzt. Gleichzeitig wurde der Marker auch im Minimod gesetzt, um eine synchrone Messung sicherzustellen. Während der Bewegung wurden

Marker im EMG gesetzt, sobald der vollständige Bewegungspfad durchlaufen war.

Mit dem Minimod wurde die winkelförmige Geschwindigkeit während der Bewegung gemessen. Die winkelförmige Geschwindigkeit führt zur erreichten winkelförmigen Beschleunigung, indem dieses Signal unterschieden wird, das letztlich den reactive Impact anzeigt. Wie in der Hypothese beschrieben, kommt der reactive Impact genau in diesem Moment zum Ausdruck. Da der Moment das Produkt des Massenmoments der Trägheit und der winkelförmigen Beschleunigung ist (siehe Formel 2), kann davon ausgegangen werden, dass bei gleichbleibendem Massenmoment der Trägheit die winkelförmige Beschleunigung die Maßeinheit des Moments ist.

*Formel 2: $M=I*a$*

Das Minimod wird am distalen Teil und an der dorsalen Seite des Unterarms, genau proximal zum Handgelenk, fixiert. Abb. 2 zeigt den Geräteaufbau mit der Messausrüstung.

Die digitale Videokamera wurde mit einem Computer verbunden, der ein direktes Bild erzeugte, so dass das Studiensubjekt ein visuelles Feedback zur Ausführung der Bewegung bekam.

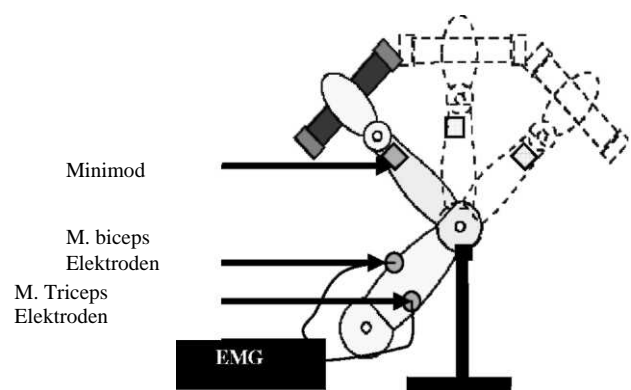


Abbildung 2: Schematische Nachbildung des Geräteaufbaus.

6. Datenanalyse

Die Studiensubjekte selbst übernahmen die Kontrolle ihrer Bewegungen. Die Gesamtmessung dauerte 40 Sekunden, und die Messergebnisse wurden aus den mittleren 20

Sekunden abgeleitet, da das Studiensubjekt während der ersten 10 Sekunden noch den richtigen Rhythmus und Bewegungsablauf finden musste. Auch die letzten 10 Sekunden wurden für die Messung nicht berücksichtigt, weil sich in diesem Zeitraum häufig bereits Ermüdungserscheinungen beim Studiensubjekt zeigen. Für den verbleibenden Verlauf wurde die durchschnittliche Muskelaktivität berechnet. Die durchschnittliche Muskelaktivität mit der Hantel wurde mit der durchschnittlichen Muskelaktivität beim Xco-Trainer verglichen. Dies wurde mit allen 10 Studiensubjekten und bei allen drei Geschwindigkeitsstufen, sowohl für die Aktivität des M. triceps als auch des M. biceps brachii durchgeführt.

Zur Messung der winkelförmigen Beschleunigung und Anzeige des reactive Impact wurde das Minimod-Signal unterschieden.

7. Ergebnisse

Die unterschiedliche Muskelaktivität des M. biceps und M. triceps brachii bei Einsatz der Hantel und des Xco-Trainers bei allen drei Geschwindigkeitsstufen wird in der folgenden Graphik für alle zehn Studiensubjekte dargestellt.

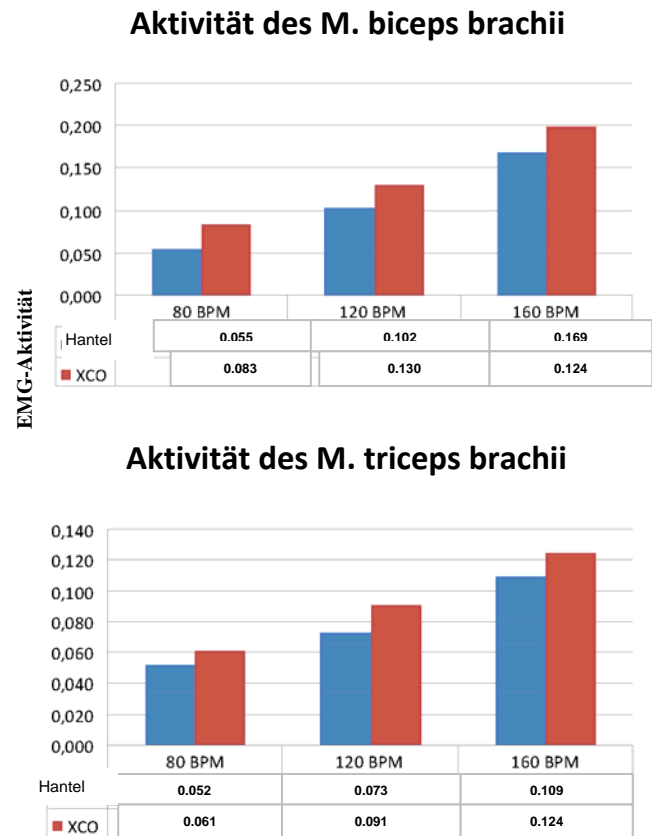


Abbildung 3. Die durchschnittliche Muskelaktivität des M. biceps und M. triceps brachii für die 10 Studiensubjekte bei drei unterschiedlichen Geschwindigkeitsstufen.

Es ist offensichtlich, dass bei allen drei Geschwindigkeitsstufen die durchschnittliche Muskelaktivität sowohl des M. biceps brachii als auch des M. triceps brachii mit dem Xco-Trainer höher ist als mit der Hantel. In Abb. 4 wird der Gesamtunterschied der Muskelaktivität in Prozentangaben ausgedrückt.

Durchschnittliche Abweichung der Muskelaktivität in %

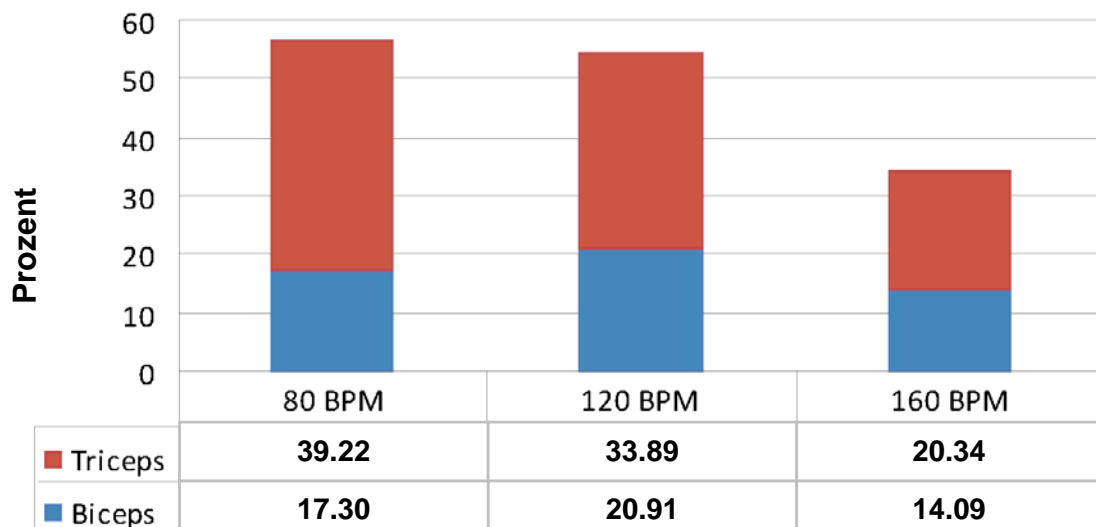


Abbildung 4: Die durchschnittliche Abweichung der Muskelaktivität in %, gemessen für den M. biceps und M. triceps brachii bei drei unterschiedlichen Geschwindigkeitsstufen über die Dauer von 20 Sek.

Die durchschnittliche prozentuale Abweichung der Muskelaktivität aller zehn Studiensubjekte für den M. biceps brachii bei 40, 60 und 80 Wiederholungen pro Minute lag bei 17%, 21% und 14%. Die durchschnittliche prozentuale Abweichung der Muskelaktivität aller zehn Studiensubjekte für den M. triceps brachii bei 40, 60 und 80 Wiederholungen pro Minute lag bei 39%, 34% und 20%. Abb. 4 zeigt, dass die Abweichung der Muskelaktivität zwischen dem Xco-Trainer und der Hantel bei einer Geschwindigkeit von 80 Schlägen pro Minute am höchsten ist. In Abb. 5 zeigt sich der reactive Impact als zweiter Höhepunkt des Xco-Trainer-Signals. Dieser zweite Höhepunkt wird in der Hantel-Graphik nicht angezeigt.

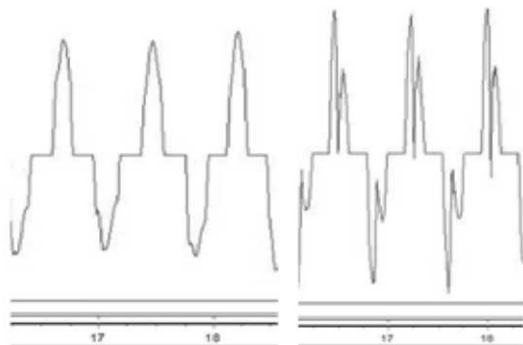


Abbildung 5: das unterschiedene Minimod-Signal bei einer Geschwindigkeit von 120 Schlägen pro Minute Links: Hantel. Rechts: Xco-Trainer.

8. Schlussfolgerungen

Aus den Minimod-Daten lässt sich schließen, dass beim Xco-Trainer im Vergleich zur Hantel ein Unterschied in der winkelförmigen Beschleunigung besteht. Wie in der Hypothese angenommen, zeigt sich hier ein zweiter Höhepunkt, der einen zusätzlichen Moment widerspiegelt. Dieser zusätzliche Moment wird auch reactive Impact genannt.

Die Ergebnisse zeigen, dass ein wesentlicher Unterschied in der durchschnittlichen Muskelaktivität beim Einsatz des Xco-Trainers und der Hantel besteht. Dieser Unterschied zeigt sich sowohl für den M. biceps brachii als auch für den M. triceps brachii bei allen drei Geschwindigkeitsstufen. Die gesamte gemessene Muskelaktivität steigt sowohl beim Xco-Trainer als auch bei der Hantel, wenn man die Geschwindigkeit erhöht. Die Abweichung der Muskelaktivität wird jedoch bei steigender Geschwindigkeit geringer. Die größte Abweichung zwischen dem Xco-Trainer und der Hantel tritt bei 40 Wiederholungen pro Minute auf. Die Gesamtabweichung der Muskelaktivität des M. biceps brachii und des M. triceps brachii gemeinsam liegt dann bei 56%.

9. Diskussion

Mit der ersten Hypothese wird vermutet, dass während der Beuge-/Streckbewegung des Ellenbogens mit dem Xco-Trainer eine Höchstbelastung zum Zeitpunkt des Einsetzens des reactive Impact entsteht. Dies konnte nicht nachgewiesen werden, weil die Messungen des EMG-Gerätes nicht präzise genug waren. Der reactive Impact tritt in weniger als einer Zehntelsekunde ein, und das EMG-Gerät hatte eine Mindestfrequenzmessgrenze von 10 Hz (0,1 Sekunden). Letztlich wurde entschieden, die Muskelaktivität über einen Zeitrahmen von 20 Sekunden hinweg zu messen.

So wurde das präzise Messen der Muskelaktivität während des reactive Impact unmöglich, und es konnte keine Schlussfolgerung in Bezug darauf gezogen werden, ob eine Höchstbelastung eintritt oder nicht. Des Weiteren war es nicht möglich, eine Schlussfolgerung über den Typ der Kontraktion während des reactive Impact zu ziehen.

Um sicherzustellen, dass das Studiensubjekt die Bewegung korrekt ausführte, wurde die Videokamera zur Anzeige eines direkten Bildes auf dem Computerbildschirm eingesetzt. Dieses Bild unterlag jedoch einer gewissen Verzögerung und eignete sich daher kaum als Referenz. Man entschied sich daher, lediglich ein auditives Feedback zu nutzen.

Es schien schwierig zu sein, dem korrekten Rhythmus zu folgen, weil das Geräusch des sich bewegenden Granulats den Metronomschlag überlagerte. Daher mussten während der Messung gelegentlich Korrekturen am auditiven Feedback vorgenommen werden, was sich auf die Messergebnisse hätte auswirken können.

Schließlich zeigten sich wesentliche Unterschiede bei den Ergebnissen einzelner

Studiensubjekte, was an den Abweichungen in der Ausführung der Bewegung gelegen haben könnte. Die Studiensubjekte hatten zwar dieselbe Erklärung erhalten, diese aber unterschiedlich interpretiert. Einigen Studiensubjekten schien es außerdem schwer zu fallen, das Handgelenk in der richtigen Position zu halten, so dass der Xco-Trainer nicht immer im 45°-Winkel von der horizontalen Ebene aus zu beiden Bewegungsenden geführt wurde.

Quellenangaben

1. <http://www.xcotrainer.be>, Oktober 2009
2. Hermans, J.; *gesprek met betrekking tot de Xco-Trainer*, Oktober 2009
3. *Influence of Xco-Trainers on Energy Expenditure, Oxygen Intake and Heart Rate During Walking and Running*, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, IMP 2007
4. *Effect of the "Xco-Trainer" on Heart Rate, Oxygen Intake and Energy Expenditure in Comparison to Solid Weights while Walking and Running*, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, IMP 2008
5. *Expertise centrum bewegingstechnologie (ECBT) in samenwerking met bewegingstechnologisch ontwerp bureau; in opdracht van cuckoo company; Testrapport tubetrainer*, 2005.
6. Riezebos, C.; *Oppervlakte-elektromyografie en bewegingsanalyse (1), fysiologische en biomechanische grondslagen*, *Versus*, tijdschrift voor fysiotherapie, 26^e jaargang 2008, no 1.
7. Riezebos, C.; *Oppervlakte-elektromyografie en bewegingsanalyse (2), opnemen en het bewerken van het emg-sigitaal*, *Versus*, tijdschrift voor fysiotherapie, 26^e jaargang 2008, no 3.
8. Dr. Florian Wenk, M.D.; *Expert report: Xco-Trainer*; 2007

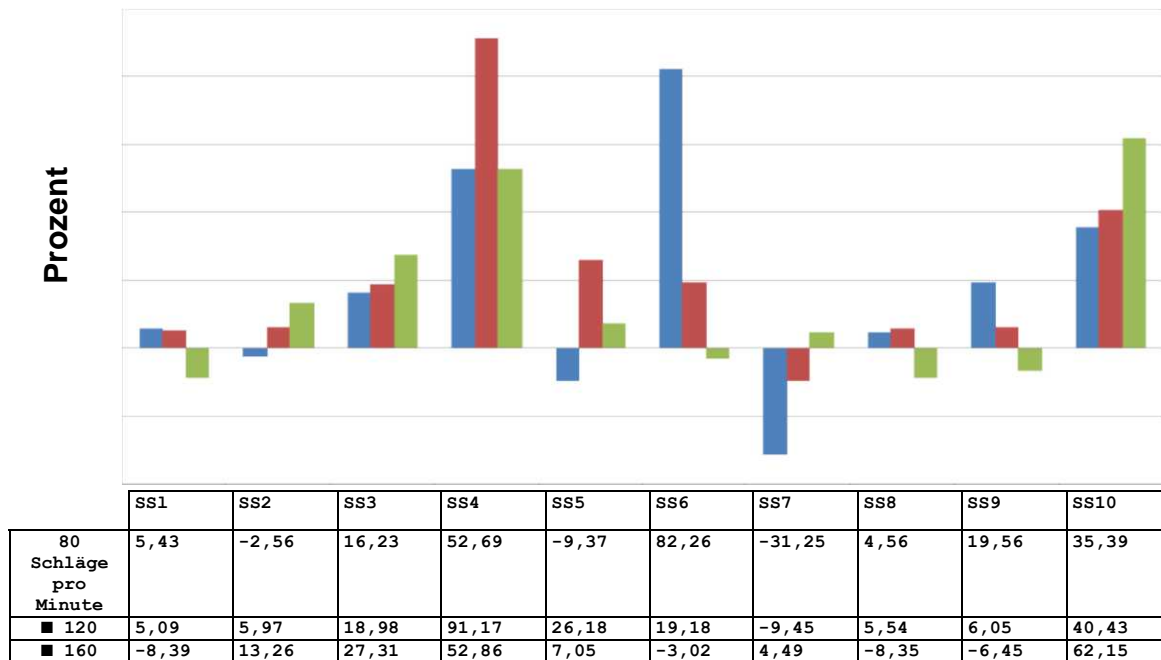
Anhänge

Dieser Anhang enthält die EMG-Daten, die in tabellarischer und graphischer Form dargestellt werden. Wie im Abschnitt der Datenanalyse beschrieben, wurde die durchschnittliche Muskelaktivität über einen Zeitrahmen von 20 Sekunden herangezogen. Dies wird in der Tabelle abgebildet. Die prozentuale Abweichung der Werte wird in der Graphik dargestellt.

Tabelle 1: durchschnittliche EMG-Messergebnisse des *M. biceps brachii* bei drei verschiedenen Geschwindigkeitsstufen.

M. biceps brachii Aktivität	80 Schläge pro Minute		120 Schläge pro Minute		160 Schläge pro Minute	
	Hantel	XCO	Hantel	XCO	Hantel	XCO
Studiensubjekt 1	0,043	0,046	0,064	0,067	0,115	0,105
Studiensubjekt 2	0,074	0,072	0,093	0,099	0,121	0,137
Studiensubjekt 3	0,037	0,042	0,053	0,063	0,074	0,095
Studiensubjekt 4	0,085	0,130	0,102	0,195	0,169	0,258
Studiensubjekt 5	0,100	0,091	0,119	0,150	0,157	0,168
Studiensubjekt 6	0,045	0,083	0,079	0,094	0,129	0,125
Studiensubjekt 7	0,030	0,021	0,055	0,050	0,070	0,073
Studiensubjekt 8	0,043	0,045	0,064	0,068	0,115	0,105
Studiensubjekt 9	0,032	0,039	0,048	0,050	0,079	0,074
Studiensubjekt 10	0,032	0,044	0,050	0,070	0,065	0,105

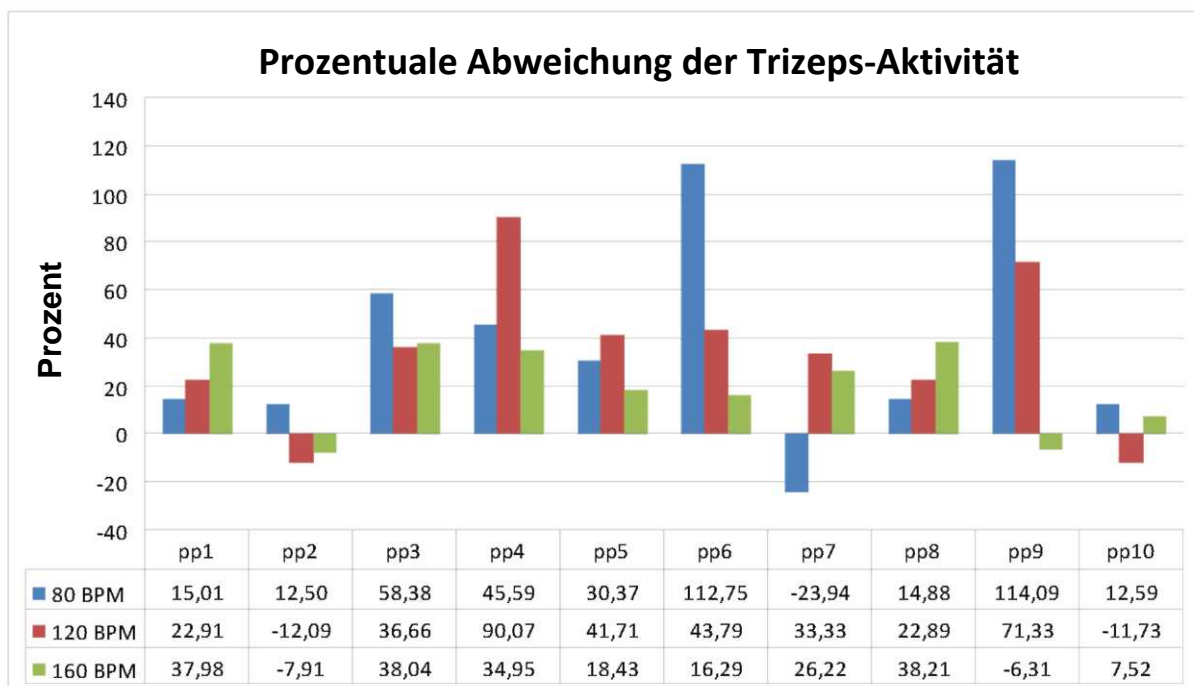
Prozentuale Abweichung der Bizeps-Aktivität



Grafik 1: Prozentuale Abweichung der Aktivität des *M. biceps brachii* von zehn Studiensubjekten (SS) bei drei unterschiedlichen Geschwindigkeitsstufen.

Tabelle 2: durchschnittliche EMG-Messergebnisse für den *M. triceps brachii* bei drei unterschiedlichen Geschwindigkeitsstufen.

M. triceps brachii Aktivität	80 Schläge pro Minute		120 Schläge pro Minute		160 Schläge pro Minute	
	Hantel	XCO	Hantel	XCO	Hantel	XCO
Studiensubjekt 1	0,033	0,038	0,058	0,071	0,100	0,137
Studiensubjekt 2	0,046	0,052	0,090	0,079	0,116	0,107
Studiensubjekt 3	0,057	0,090	0,096	0,131	0,175	0,241
Studiensubjekt 4	0,074	0,108	0,099	0,189	0,163	0,220
Studiensubjekt 5	0,086	0,113	0,131	0,186	0,206	0,244
Studiensubjekt 6	0,063	0,135	0,123	0,177	0,241	0,280
Studiensubjekt 7	0,065	0,049	0,101	0,153	0,170	0,215
Studiensubjekt 8	0,033	0,038	0,058	0,071	0,100	0,138
Studiensubjekt 9	0,041	0,087	0,112	0,191	0,279	0,262
Studiensubjekt 10	0,048	0,054	0,079	0,070	0,139	0,149



Grafik 2: Prozentuale Abweichung der Aktivität des *M. triceps brachii* von zehn Studiensubjekten (SS) bei drei unterschiedlichen Geschwindigkeitsstufen.