

Referent/in

Langer, Sarah (Wien AT)
FH Technikum Wien - Life Science Engineering

Titel

Vergleich des decompositionierten und des überlagerten Elektromyogramms zur Analyse der Muskelermüdung

Coauthors

Nemec I, Kollmitzer J, Scherer M, Martinek J, Karl Landsteiner Institut für ambulante Reha-Forschung

Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war das überlagerte Elektromyogramm (ueEMG) und das decompositionierte (dEMG) auf deren Reliabilität und Aussagekraft zu überprüfen. Hierfür vollzogen zehn gesunde männliche Probanden zu drei Testzeitpunkten isometrische Ermüdungsmessungen.

Hintergrund

Bei der Messung des ueEMG werden die Motor Units Aktionspotentiale (MUAPS) elektrisch überlagert. Physiologische Muskelermüdung zeigt sich hier unter anderem in der Veränderung des Frequenzspektrums und der Signalamplitude. Letzteres steigt bei Ermüdung an [1,2], wohingegen die mediane Frequenz (MF) sinkt [3,4]. Eine weitere Möglichkeit die Muskelermüdung mittels Oberflächen-EMG zu ermitteln ist die Anwendung des dEMGs. Dieses ermöglicht mithilfe einer Mustererkennungssoftware einzelne MUAPS zu erkennen. Studien zeigten [5,6], dass aktive Motor Units (MU) bei wiederholten oder anhaltenden submaximalen Kontraktionen als Muskelermüdung ihre Feuerungsrate erhöhen und neue MU rekrutiert werden.

Bisher wurden diese Methoden jeweils einzeln betrachtet. Um sicherzustellen welcher Ansatz für klinische Daten geeigneter ist, wurden Datensätze zu beiden Methoden gleichzeitig generiert und hinsichtlich ihrer Aussagekraft und Wiederholbarkeit mit statistischen Mitteln verglichen.

Material Methode; Durchführung/ Prozess

Es wurden zehn männliche gesunde Probanden, zwischen 20 und 40 Jahren, herangezogen welche einen Body-Mass-Index im altersabhängigen Normalgewicht hatten. Diese vollzogen

bei 80% ihrer Maximalkraft (MVC) isometrische Ermüdungsmessungen an drei verschiedenen Muskeln.

- M. Longissimus (LG)
- M. Vastus lateralis (VL)
- M. First dorsal interosseus (FDI)

Diese Messungen wurden nach zwei Stunden und einer Woche wiederholt und hinsichtlich gängiger EMG-Parameter (Tabelle 2) analysiert.

Die Decomposition der Daten wurde über die Software Neuromap (1.1.0, Delsys GmbH, Natick, USA) durchgeführt. Die Reliabilität wurde über den Intraklassen-Korrelations Koeffizienten berechnet und in Prozent angegeben:

- 80-100% = ausgezeichnet
- 60-80% = gut
- <60% = schlecht

Die für die verschiedenen Intervalle berechnete Varianz wurde durch Chi-Quadrat Tests verglichen ($p < 0,05$). Die Analyse der Aussagekraft wurde über eine qualitative Beschreibung der Ergebnisse durchgeführt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Reliabilität zeigten im LG eine ausgezeichnete bis gute Wiederholbarkeit mit einer signifikant niedrigen Fehlerwahrscheinlichkeit, sowohl bei den Parametern des ueEMG als auch bei jenen des dEMG.

Die Wiederholbarkeit des VL rechts und des FDI hingegen wiesen eine äußerst schlechte Reliabilität auf. Nur der VL der linken Seite zeigte sich mit einer ausgezeichneten bis guten Wiederholbarkeit bei den Parametern des dEMGs. Jene des ueEMGs zeigten sich hingegen mit einer schlechten Reliabilität.

Auch bei der Gegenüberstellung des LG mit den erwarteten Ergebnissen der Literatur [8] zeigten sich bei diesem Muskel die vergleichbarsten Ergebnisse. Diese besagen, dass bei isometrischer Muskelermüdung bei steigender Signalamplitude die MF abnimmt und die Feuerungsrate steigt. Die Resultate des VL zeigen sich bei grober Betrachtung wie in der Literatur beschrieben [2,6]. Anzumerken ist, dass eine große Anzahl an Ausreißern zu allen

Testzeitpunkten und bei jedem Muskel, abgesehen vom FDI, gefunden wurden. Dieser weist allerdings eine große Streuung in den Ergebnissen auf und verhält sich nicht wie in der Literatur angeführt [7]. Es zeigte sich sogar bei der Steigung der MUAPS (dEMG) ein Abfall der Feuerungsrate (Abbildung 1).

Diskussion/ Schlussfolgerung; Fazit für die Praxis

Die Ergebnisse zeigen, dass der LG die beste Reliabilität aufweist (Tabelle 2). Was einerseits durch den großen Anteil an ausdauernden Typ I Muskelfasern und andererseits am Messaufbau liegen kann, der eine Kontrolle der Rückenhaltung durch ein optisches Feedback ermöglichte.

Der VL hingegen weist eher schnell ermüdende Typ IIA und Typ IIX Fasern auf. Neben dem fehlenden optischen Feedback, könnte dies eine Erklärung für die schlechte Wiederholbarkeit im ueEMG beidseitig und beim dEMG auf der rechten Seite sein (Tabelle 4). Ebenfalls ist der FDI nicht für ausdauernde Leistung gedacht. Hier sei anzumerken, dass mehr als die Hälfte der Probanden die vorgegebenen Werte (80% MVC) nicht erreichen oder halten konnten. Dies könnte ein Beweis dafür sein, dass der FDI hauptsächlich für schnellkräftige Bewegungen konzipiert ist und somit eine schlechte Wiederholbarkeit verursachte (Tabelle 3). Auch wäre hier die Erklärung für das gegenteilige Verhalten des FDI zu finden.

Literaturreferenzen

- [1] J. L. Dideriksen et al. „Influence of fatigue on the simulated relation between the amplitude of the surface electromyogram and muscle force,” *Philos. R. Soc. A*, vol. 368, 2010
- [2] S. Karlsson and B. Gerdle, “Mean frequency and signal amplitude of the surface EMG of the quadriceps muscles increase with increasing torque — a study using the continuous wavelet transform,” *J. Electromyogr. Kinesiol.*, vol. 11, 2001
- [3] A. Georgakis et al. “Fatigue Analysis of the Surface EMG Signal in Isometric Constant Force Contractions Using the Averaged Instantaneous Frequency,” *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 50, 2003
- [4] B. Gerdle and S. Karlsson, “The mean frequency of the EMG of the knee extensors is torque dependent both in the unfatigued and the fatigued states,” *Clin. Physiol.*, vol. 14

- [5] L. Mcmanus et al., "Changes in motor unit behavior following isometric fatigue of the first dorsal interosseous muscle Changes in motor unit behavior following isometric fatigue of the first dorsal
- [6] P. Contessa et al., "The compensatory interaction between motor unit firing behavior and muscle force during fatigue," J. Neurophysiol., vol. 116, no. 4
- [7] J. A. Mettler and L. Griffin, "Muscular endurance training and motor unit firing patterns during fatigue," Exp. Brain Res., vol. 234, no. 1, 2016
- [8] M. F. Silva et al., "Determination of the motor unit behavior of lumbar erector spinae muscles through surface EMG decomposition technology in healthy female subjects," Muscle and Nerve, vol. 55

Image: Tabelle1_Parameter_146.JPG

Tabelle 1: Ausgewählte Parameter um die verschiedenen Methoden der Elektromyographie (EMG) auf ihre Reliabilität und Aussagekraft zu überprüfen.

Überlagertes EMG	Decompositioniertes EMG
<ul style="list-style-type: none"> Steigung der Medianfrequenz Steigung des Root Mean Square 	<ul style="list-style-type: none"> Steigung der Feuerungsraten der Motor Unit Aktionspotenziale Anzahl der gefundenen Motor Unit Aktionspotenziale

Image: Tabelle2_Results_LG_147.JPG

Tabelle 2: Ergebnisse des Intraklassen-Korrelation Koeffizient (ICC) des M. Longissimus. Dargestellt sind die Steigung der Medianfrequenz (MF), des Root-Mean Square (RMS) beim überlagerten Elektromyogramm, sowie die Steigung der Feuerungsraten der Motor Unit Aktionspotenziale (MUAPS) und deren Anzahl im decompositionierten Signal.

M. Longissimus				
	Rechts		Links	
	ICC [%]	p	ICC [%]	p
Steigung (MF)	77,09	0,003	77,43	0,003
Steigung (RMS)	78,75	0,001	89,57	0,000
Steigung MUAPS	83,43	0,000	89,58	0,000
Anzahl MUAPS	84,91	0,000	68,29	0,016

Image: Tabelle3_Results_FDI_148.JPG

Tabelle 3: Ergebnisse des Intraklassen-Korrelation Koeffizient (ICC) des M. First dorsal interosseus. Dargestellt sind die Steigung der Medianfrequenz (MF), des Root-Mean Square (RMS) beim überlagerten Elektromyogramm, sowie die Steigung der Feuerungsraten der Motor Unit Aktionspotenziale (MUAPS) und deren Anzahl im decompoditionierten Signal.

M. First dorsal interosseus		
	Rechts	
	ICC [%]	p
Steigung (MF)	42,53	0,145
Steigung (RMS)	65,19	0,023
Steigung MUAPS	46,43	0,118
Anzahl MUAPS	76,89	0,003

Image: Tabelle4_Results_VL_149.JPG

Tabelle 4: Ergebnisse des Intraklassen-Korrelation Koeffizient (ICC) des M. Vastus lateralis. Dargestellt sind die Steigung der Medianfrequenz (MF), des Root-Mean Square (RMS) beim überlagerten Elektromyogramm, sowie die Steigung der Feuerungsraten der Motor Unit Aktionspotenziale (MUAPS) und deren Anzahl im decompoditionierten Signal.

M. Vastus lateralis				
	Rechts		Links	
	ICC [%]	p	ICC [%]	p
Steigung (MF)	7,29	0,419	3,65	0,496
Steigung (RMS)	16,07	0,573	48,93	0,101
Steigung MUAPS	12,35	0,381	66,83	0,019
Anzahl MUAPS	0,43	0,468	81,69	0,001

Image: Abbildung1_Ergebnisse S1_150.jpg

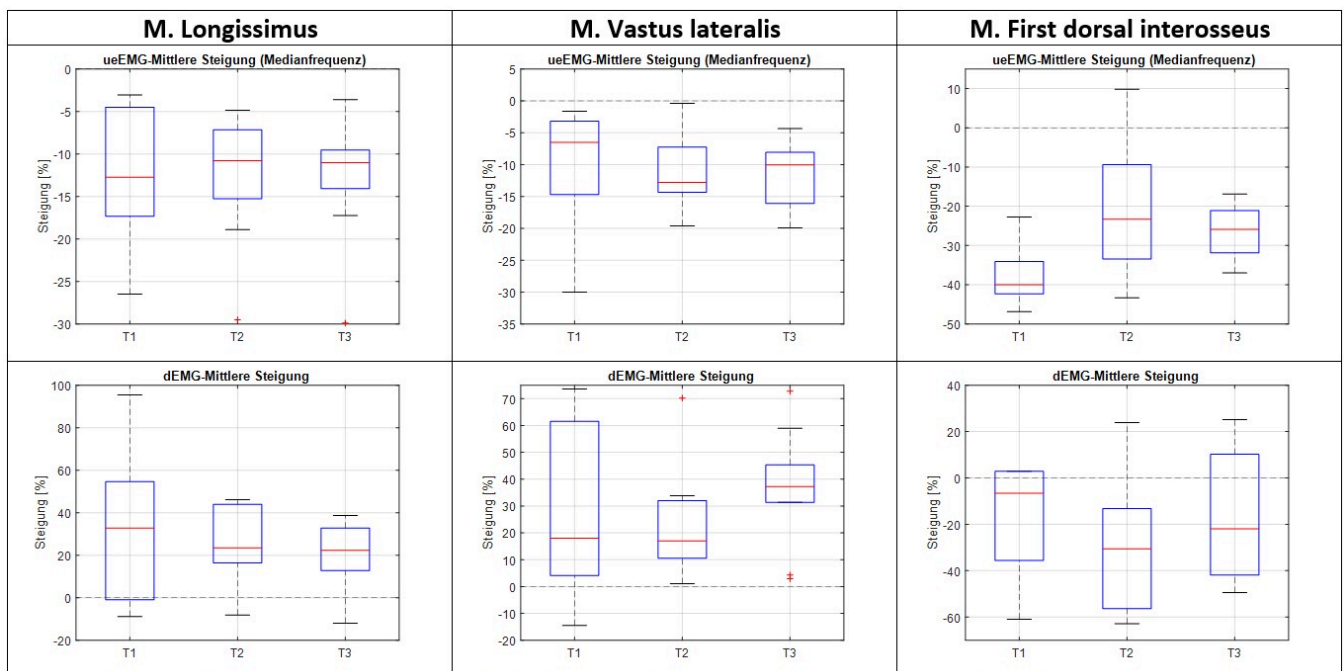


Abbildung 1: Ergebnisse der Steigung der Medianfrequenz (oben) und der Feuerungsraten der Motor Unit Aktionspotenziale (unten). Dargestellt sind die Messungen am M. Longissimus, M. Vastus lateralis und M. First dorsal interosseus zu den drei Testzeitpunkten (T1, T2, T3).

