
Optimierung des isokinetischen Krafttrainings in Kraftausdauersportarten mittels Elektromyostimulation am Beispiel Rudern

Andreas Hohmann (Projektleiter) & Ulrich Fehr

Universität Bayreuth, Institut für Sportwissenschaft

Einleitung

Der Forschungsstand zum Nutzen der Elektromyostimulation (EMS) in der *medizinischen Rehabilitation* zur Verhinderung bzw. zumindest Verzögerung von Inaktivitätsatrophien sowie im Muskelaufbautraining nach Operationen ist weitgehend unbestritten (Morrissey, 1988; Mucha, 2004; Snyder-Mackler et al., 1995 und weitere), ebenso der Einsatz als Funktionale Elektrostimulation (FES) bei Paraplegikern (z. B. Glinsky et al., 2007; Ragnarsson, 2008). Die Übertragbarkeit dieser und zahlreicher weiterer Anwendungsfelder der Elektromyostimulation auf das (hoch-)leistungssportliche Training ist u. a. aufgrund des stark differierenden Leistungsniveaus jedoch problematisch. Aufgrund widersprüchlicher Studienresultate forderten Dudley und Stevenson unlängst weitergehende Untersuchungen zum Thema Elektromyostimulation im Sport – insbesondere „... to examine the effect of EMS that is applied during dynamic muscle actions.“ (Dudley & Stevenson, 2005, S. 433) fordern.

Forschungsstand: EMS-Training und Kraftausdauerleistung

Ikai und Yabe fanden bereits 1969 eine um 13 % größere Steigerung der Kraftausdauer bei einem EMS-Training im Vergleich zu reinen Willkürkontraktionen, ebenso fand (Gorodnicev, 1979) einen höheren Anstieg der Ausdauer des zusätzlich mit 50 Hz-Impulsen stimulierten m. tibialis anterior als bei Übungsausführung ohne EMS. (Bogomolov et al., 1985) stimulierte die Rückenmuskulatur von Kanuten und sah die EMS als geeignet an, um die spezielle Ausdauer und das technische Fertigniveau zu verbessern. Ein großes Manko bei der zusammenfassenden Beurteilung der zahlreich vorliegenden Treatmentstudien ist deren geringe Standardisierung aufgrund der Vielfalt der zu variierenden Stimulationsparameter, unterschiedlichen Muskelgruppen und Trainingsprogramme. Nichts desto trotz indizieren zahlreiche positive Befunde beim Einsatz der EMS im Sport eine erfolgversprechende Methode zur Steigerung von Kraftparametern. Eine Reihe gegenteiliger Studienergebnisse (z. B. Martin et al., 1994; Poumarat et al., 1992) lassen jedoch zum jetzigen Zeitpunkt keine generelle Empfehlung der EMS zu und legen weitere, strukturierte und standardisierte Untersuchungen nahe.

Forschungsstand: EMS während aktiver Bewegung

Die muskuläre Elektrostimulation bei bislang durchgeführten Studien wurde fast ausschließlich unter isometrischen Bedingungen appliziert, was jedoch aufgrund der eingeschränkten Koordination als nur bedingt relevant für die Entwicklung der antriebswirksamen Muskulatur angesehen werden kann (Andrianowa et al., 1974). Allein aus diesem Grund erscheint – ungeachtet der ebenfalls unklaren Erkenntnislage im physiologischen Detail – die Untersuchung des sportartspezifischen, dynamischen Einsatzes der Elektrostimulation als lohnendes Ziel einer trainingswissenschaftlichen Untersuchung mit direktem Nutzungspotential für die Sportpraxis (Willoughby & Simpson, 1996; 1998). Bei einer umfassenden Literatursichtung konnten über 150 Interventionsstudien gefunden werden. Lediglich fünf davon untersuchten allerdings die Wirkung einer Stimulation während dynamischer Bewegungen, die übrigen Untersuchungen beschränken sich auf eine isometrische Anwendung. Zudem vergleicht lediglich die Studie von Willoughby und Simpson (1998) die EMS-Effekte mit denen durch herkömmliche Krafttrainingsmethoden zu erzielende.

Methodik

Zur Überprüfung der aufgestellten Hypothese, dass eine bewegungsbegleitend durchgeführte Elektromyostimulation im Kraftausdauertraining auf dem Ruderergometer zu einer signifikant höheren Leistungssteigerung als bei identischem Training ohne EMS führt, wurde ein Experiment in Form eines *zweifaktoriellen Randomisierungsplans*, d. h. mit einem erweiterten Prä-Posttest-Design mit zweigestuften Treatmentgruppen durchgeführt.

Personen- und Merkmalsstichprobe

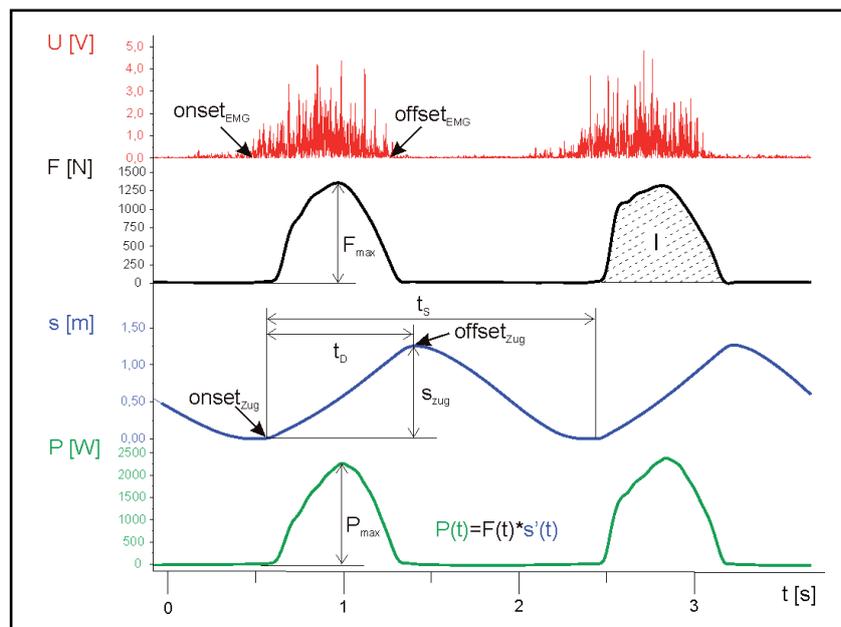


Abb. 1: Grafische Darstellung der erhobenen Parameter

30 männliche Probanden (Alter $24,6 \pm 3,1$ Jahre; Körpergröße $183,8 \pm 7,2$ cm; Körpergewicht $79,8 \pm 8,7$ kg) absolvierten als Eingangstest fünf maximale Ruderschläge sowie einen Maximaltest über 500 m ($t_{500} = 95,3 \pm 7,3$ s) auf einem Concept II Ruderergometer. Sowohl Zugkraft als auch Griffposition wurden während der Tests gemeinsam mit dem Elektromyogramm (EMG) von zehn ruderrelevanten Muskeln erfasst und so u. a. die in Abb. 1 dokumentierten Parameter erhoben.

Treatment

Nach *Randomisierung* in Form einer Parallelisierung (matched samples) in Treatmentgruppe 1 mit herkömmlichem Training und Treatmentgruppe 2 mit zusätzlicher Elektromyostimulation erfolgte zunächst in *Treatmentphase I* ein vierwöchiges Trainingsprogramm nach der Dauermethode mit wöchentlich drei Einheiten á 30 min mit 20er Schlag bei einer Intensität von 71 % der im 500 m Tests erzielten Zeit. In einer anschließenden *Treatmentphase II* wurde mit gleichem Umfang ein Intervalltraining mit fünf Intervallen von 2:20 min Dauer bei 26er Schlagfrequenz und 2:00 min aktiver Pause, in der mit 20er Schlagfrequenz weitergerudert wurde, absolviert. Das Training beider Treatmentgruppen unterschied sich lediglich durch die zusätzliche *EMS-Applikation* (MotionStim8, Fa. Krauth + Timmermann, Hamburg) mit biphasischen Rechteckimpulsen (Frequenz 50 Hz, Impulsdauer 300 μ s) in den Aktivitätsphasen der Muskeln triceps surae, quadriceps femoris und biceps brachii wobei die Stimulationsintensität jeweils auf die individuell maximal tolerierte Stromstärke eingestellt wurde.

In der Treatmentphase I erfolgte die Stimulation in der Zugphase in sechs Phasen von vier Minuten Dauer, gefolgt von einer Minute ohne Stimulation. In Treatmentphase II erfolgte die Stimulation komplett während der ersten drei Intervalle, während das vierte und letzte Intervall der Trainingseinheit ohne Stimulation gerudert wurde. Dadurch ist analog zur Treatmentphase I ein Vergleich kinematischer, dynamischer und elektromyographischer Merkmale mit und ohne EMS möglich.

Ergebnisse

Die Entwicklung des Außenkriteriums 500-m-Zeit der beiden alternativen Treatmentgruppen zeigt Tab. 1.

Tab. 1: *Deskriptive Statistik der 500-m-Zeiten im Eingangs- und Ausgangstest*

	Gruppe	Mittelwert	Standardabweichung	N
Zeit 500 m Eingangstest	Treatmentgruppe 1	94,29	5,43	11 ¹
	Treatmentgruppe 2 (EMS)	94,99	7,27	15
	Gesamt	94,69	6,44	26
Zeit 500 m Ausgangstest	Treatmentgruppe 1	89,69	3,87	11
	Treatmentgruppe 2 (EMS)	91,55	6,01	15
	Gesamt	90,77	5,21	26

¹ Zwei Probanden der Kontrollgruppe mussten die Studie aus gesundheitlichen bzw. beruflichen Gründen vorzeitig beenden, bei zwei weiteren mussten die Daten des Eingangstests von der Auswertung ausgeschlossen werden.

Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung weist die Verbesserung der 500-m-Zeiten für die Gesamtgruppe als hochsignifikant ($p < 0,001$; $F = 45,35$; $\eta^2 = 0,65$) aus, jedoch kann kein Gruppeneffekt nachgewiesen werden ($p = 0,338$, $F = 0,96$, $\eta^2 = 0,04$).

Trotz des nicht signifikant rund 0,7 s schlechteren Ausgangsniveaus der EMS-Gruppe zeigt sich bei dieser mit 3,4 s zu 4,6 s eine um über eine Sekunde geringere Steigerung als bei der Treatmentgruppe mit herkömmlichen Trainingsprogramm.

Mittels einfaktorieller Varianzanalyse konnten weder bei dem nach jeder Trainingseinheit ($p = 0,381$) und nach den 500-m-Tests ($p = 0,829$ und $p = 0,375$) abgefragten subjektiven Belastungsempfinden, noch bei der Anzahl der tatsächlich absolvierten Trainingseinheiten ($p = 0,779$) und bezüglich der sportlichen Betätigung außerhalb der Studie ($p = 0,586$) signifikante Unterschiede zwischen den beiden Treatmentgruppen festgestellt werden. Gleiches gilt für die im Kapitel „Personen- und Merkmalsstichprobe“ genannten Merkmale der Probanden ($p > 0,246$) und bezüglich der tatsächlich realisierten Trainingsintensität ($p = 0,418$), so dass diese als Störvariablen ausgeschlossen werden können. Bei keinem der über die 500-m-Endzeit hinaus erhobenen kinematischen, dynamischen und elektromyographischen Parameter im Maximaltest mit fünf Schlägen bzw. im Test über 500 m konnten signifikante Gruppenunterschiede festgestellt werden, in der Tendenz zeigten sich überwiegend geringere Verbesserungen in der EMS-Gruppe.

Bezüglich der von den Probanden tolerierten Stromstärken zeigte sich konform zum im Forschungsstand bekannten Gewöhnungseffekt ein signifikanter Anstieg sowohl innerhalb einer Trainingseinheit, als auch über die gesamte Treatmentdauer hinweg (Abb. 2).

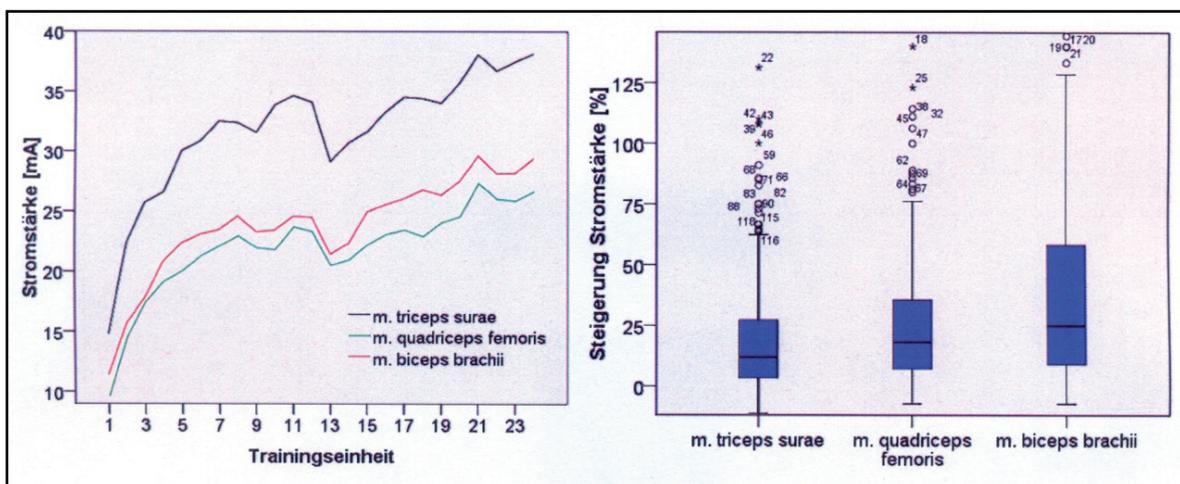


Abb. 2: Entwicklung der mittleren Stimulationsstromstärke über die einzelnen Trainingseinheiten hinweg (links) und prozentuale Steigerung innerhalb einer Trainingseinheit (rechts)

Diskussion und Schlussfolgerungen im Bezug auf den Praxistransfer

Die bewegungsbegleitend durchgeführte Elektromyostimulation im Kraftausdauertraining auf dem Ruderergometer führte zu einem nicht signifikant *geringerem Leistungsanstieg* als bei der Treatmentgruppe mit identischem Training ohne Elektromyostimulation. Da bei keinem der erfassten Einflussparameter der komplexen Wettkampfleistung ein positiver Effekt durch die Elektromyostimulation zu beobachten war und auch beim hier nicht näher erläuterten Retentionstest keine Leistungssteigerung in Relation zur Treatmentgruppe festzustellen war, muss die aufgestellte Hypothese klar verworfen werden und die hier angewendete Form der Elektromyostimulation als wirkungslos betrachtet werden.

Literatur

- Andrianowa, G.G., Koz, J.M., Martjanow, W.A. & Chwilon, W.A. (1974). Die Anwendung der Elektrostimulation für das Training der Muskelkraft. *Leistungssport*, 4 (2), 138–142.
- Bogomolov, A.N., Merkin, E.N. & Spirin, E.I. (1985). Korrekcija tehniki i povyšenije rabotosposobnosti v greble na bajdarkach i kanoe metodom iskusstvenoj aktivizacii nervno - mysecnych struktur sportsmenov [Korrektur der Technik und Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Kanu-Kajak durch künstliche Aktivierung der Nerven-Muskel-Strukturen der Sportler]. *Grebnoj Sport*, 37–43.
- Dudley, G.A. & Stevenson, S.W. (2005). Use of electrical stimulation and power training. In P.V. Komi (Hrsg.). *Strength and power in sport* (An IOC Medical Commission publication, 2. Aufl., S. 426–435). Oxford: Blackwell Science.
- Glinsky, J., Harvey, L. & van Es, P. (2007). Efficacy of electrical stimulation to increase muscle strength in people with neurological conditions: a systematic review. *Physiotherapy research international*, 12 (3), 175–194.
- Gorodnicev, R.M. (1979). O vozmoznostjach razvitija mysecnoj vynoslivosti metodom funkcional'noj elektrostimuljacii [Möglichkeiten zur Entwicklung der Muskelausdauer mit der Methode der Funktionellen Elektrostimulation]. *Teorija i praktika fiziceskoj kul'tury*, (11), 20–21.
- Ikai, M. & Yabe, K. (1969). Training effect of muscular endurance by means of voluntary and electrical stimulation. *European journal of applied physiology*, 28 (1), 55–60.
- Martin, L., Cometti, G., Pousson, M. & Morlon, B. (1994). The influence of electrostimulation on mechanical and morphological characteristics of the triceps surae. *Journal of sports sciences*, 12 (4), 377–381.
- Morrissey, M.C. (1988). Electromyostimulation from a clinical perspective. A Review. *Sports medicine*, 6 (1), 29–41.
- Mucha, C. (2004). Effekte der funktionellen Elektrostimulation (FES) auf die postoperative Atrophie des Musculus quadriceps femoris bei vorderer Kreuzbandrekonstruktion. *Physikalische Medizin - Rehabilitationsmedizin - Kurortmedizin*, 14 (5), 249–253.

- Poumarat, G., Squire, P. & Lawani, M. (1992). Effect of electrical stimulation superimposed with isokinetic contractions. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32 (3), 227–233.
- Ragnarsson, K.T. (2008). Functional electrical stimulation after spinal cord injury: current use, therapeutic effects and future directions. *Spinal Cord*, 46 (4), 255–274.
- Snyder-Mackler, L., Delitto, A., Bailey, S. L. & Stralka, S.W. (1995). Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 77 (8), 1166–1173.
- Willoughby, D.S. & Simpson, S. (1998). Supplemental EMS and dynamic weight training: effects on knee extensor strength and vertical jump of female college track & field athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 12 (3), 131–137.
- Willoughby, D.S. & Simpson, S. (1996). The effects of combined electromyostimulation and dynamic muscular contractions on the strength of college basketball players. *Journal of strength and conditioning research*, 10 (1), 40–44.